2026 contecc
CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA

PADRÕES RECORRENTES DE DESASTRES ASSOCIADOS A MOVIMENTOS DE MASSA EM PETRÓPOLIS (RJ): ANÁLISE HISTÓRICA COMPARATIVA

LUIZ EMÍLIO SILVEIRA VIANNA[1]
[1]Engenheiro Civil, Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói-RJ, lemilio@id.uff.br

RESUMO: Este trabalho analisa padrões recorrentes de desastres associados a movimentos de massa em Petrópolis (RJ), entre 1988 e 2022. Adotou-se abordagem quanti-qualitativa, descritiva e exploratória, com pesquisa bibliográfica e documental e análise comparativa de indicadores físicos, ambientais e humanos. Foram analisados cinco recortes históricos — 1988, 2001, 2011, 2013 e 2022, este último abrangendo os episódios de 15 de fevereiro e 20 de março. Os resultados indicam que precipitações intensas são importantes agentes deflagradores, mas a magnitude dos impactos também depende da exposição populacional, da vulnerabilidade e da suscetibilidade territorial. Observou-se recorrência espacial em setores historicamente afetados, embora eventos de grande abrangência possam ampliar ou deslocar os impactos. Conclui-se que a redução dos riscos requer a integração entre planejamento urbano, gestão territorial, monitoramento, drenagem, estabilização de encostas e ações permanentes de proteção e defesa civil.
PALAVRAS-CHAVE: Movimentos de Massa; Desastres; Petrópolis; Vulnerabilidade Territorial.

RECURRENT PATTERNS OF DISASTERS ASSOCIATED WITH MASS MOVEMENTS IN PETRÓPOLIS (RJ): A COMPARATIVE HISTORICAL ANALYSIS

ABSTRACT: This study analyzes recurring patterns of disasters associated with mass movements in Petrópolis (RJ), Brazil, between 1988 and 2022. A quantitative-qualitative, descriptive, and exploratory approach was adopted, based on bibliographic and documentary research and a comparative analysis of physical, environmental, and human indicators. Five historical periods were analyzed—1988, 2001, 2011, 2013, and 2022, the latter encompassing the events of February 15 and March 20. The results indicate that intense rainfall constitutes an important triggering factor, but the magnitude of impacts also depends on population exposure, vulnerability, and territorial susceptibility. Spatial recurrence was observed in historically affected areas, although large-scale events may expand or shift impacts. It is concluded that risk reduction requires the integration of urban planning, territorial management, monitoring, drainage, slope stabilization, and ongoing civil protection and disaster response actions.

KEYWORDS: Mass Movements; Disasters; Petrópolis; Territorial Vulnerability.

INTRODUÇÃO

O município de Petrópolis, localizado na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, apresenta histórico recorrente de desastres associados a chuvas intensas, inundações e movimentos gravitacionais de massa. A configuração geomorfológica montanhosa, as encostas de elevada declividade e a concentração sazonal das precipitações contribuem para a suscetibilidade do território. Somam-se a essas condições a ocupação urbana em áreas suscetíveis, intervenções em encostas e limitações de infraestrutura e drenagem, que podem ampliar a exposição e a vulnerabilidade da população. A pesquisa estabeleceu como recorte espacial os limites municipais e distritais de Petrópolis e como recorte temporal o período de 1988 a 2022. Foram considerados indicadores relacionados aos impactos humanos e materiais, características pluviométricas, áreas atingidas e fatores físicos e antrópicos associados aos movimentos de massa. A análise histórica permite observar a recorrência dos desastres, a repetição de áreas atingidas e a permanência de condicionantes relacionados à instabilidade.

Ressalta-se, contudo, que a disponibilidade e a qualidade dos registros variam conforme o período. Em 1988, há poucos registros sistematizados e divergências entre fontes, enquanto os eventos mais recentes apresentam maior disponibilidade de dados institucionais, monitoramento e documentos técnicos. Essa diferença exige cautela na comparação dos indicadores e reforça a interpretação dos resultados como síntese das informações disponíveis.

Nesse contexto, a análise integrada dos eventos permite identificar permanências e diferenças ao longo do tempo, ultrapassando a descrição isolada dos desastres. A comparação entre 1988, 2001, 2011, 2013 e 2022 reúne episódios com diferentes magnitudes de perdas humanas e materiais, condições de exposição e áreas atingidas, possibilitando discutir a relação entre perigo, exposição e vulnerabilidade territorial.

O objetivo deste trabalho é identificar e analisar padrões recorrentes na distribuição temporal e espacial dos impactos associados a movimentos de massa em Petrópolis, considerando fatores físicos e antrópicos e suas implicações para a Engenharia, o planejamento urbano e a gestão integrada do risco de desastres.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, descritiva e exploratória, com abordagem quanti-qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e levantamento documental. Foram sistematizados e comparados dados históricos de desastres associados a movimentos de massa em Petrópolis, entre 1988 e 2022, utilizando fontes institucionais e científicas, como EM-DAT, IPT, Atlas Digital de Desastres no Brasil, FIDE/SINPDEC, INEA, CEMADEN, INMET, CPRM, Plano Municipal de Redução de Riscos de Petrópolis e literatura especializada.

Foram selecionados cinco recortes históricos — 1988, 2001, 2011, 2013 e 2022 — considerando a existência de registros de mortalidade associados a movimentos de massa e documentação suficiente para comparação. O estudo não contempla a totalidade das ocorrências do período, mas os episódios selecionados para análise. Em 2022, os eventos de 15 de fevereiro e 20 de março foram considerados separadamente, totalizando seis episódios. Para cada episódio, foram analisados, conforme a disponibilidade e consistência dos registros, indicadores de precipitação, mortalidade, população afetada, danos materiais, distribuição espacial, tipificação dos eventos, características dos movimentos de massa e fatores associados. Os dados foram mantidos vinculados às respectivas fontes, considerando diferenças de cobertura, definição e nível de detalhamento. A análise buscou identificar padrões de recorrência temporal e espacial, considerando como áreas atingidas os bairros ou setores explicitamente identificados nas fontes.

A interpretação distinguiu, quando possível, os agentes deflagradores, os condicionantes físico-ambientais e os fatores relacionados à exposição e vulnerabilidade. Dessa forma, foi analisada a interação entre precipitação, relevo, solo, ocupação territorial e demais condições associadas à suscetibilidade e aos impactos registrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COMPARAÇÃO HISTÓRICA DOS EVENTOS ANALISADOS

A sistematização dos dados evidencia diferenças expressivas entre os episódios analisados. Considerando os eventos de 1988, 2001, 2011, 2013 e 2022, foram registradas, respectivamente, 134, 50, 74, 34 e 241 mortes, conforme apresentado na Tabela 1. Os episódios também apresentaram diferenças significativas quanto ao número de feridos, desalojados, desabrigados e pessoas afetadas, destacando-se 2013 e 2022 pelo elevado número de afetados.

A comparação demonstra que não há relação linear simples entre a intensidade da precipitação e o número de vítimas. Em 2013, apesar da precipitação excepcional de 459,5 mm acumulados em 24 horas na estação Quitandinha, o número de mortes foi inferior ao observado em 2011 e 2022. Esse resultado pode estar relacionado, entre outros fatores, à localização de parte dos impactos em áreas rurais e à menor densidade demográfica. Em contrapartida, os episódios de 2022 concentraram perdas humanas significativamente maiores, associados a eventos de grande intensidade que atingiram áreas urbanizadas e produziram impactos simultâneos por movimentos de massa, inundações e interrupções de infraestrutura.

Em 2011, o Vale do Cuiabá, em Itaipava, no Terceiro Distrito, concentrou parte significativa dos impactos, evidenciando que episódios de grande abrangência podem atingir setores distintos daqueles mais frequentemente identificados nos registros históricos do Primeiro Distrito. Essa diferença é relevante para a interpretação da recorrência espacial, pois a repetição de áreas historicamente afetadas não significa que os grandes desastres se restrinjam aos mesmos bairros. Determinadas condições territoriais permanecem suscetíveis, enquanto eventos extremos de maior escala podem ampliar ou deslocar espacialmente os impactos.

Tabela 1 – Síntese dos principais indicadores dos eventos analisados

Recorte	Precipitação de referência	Mortes	Feridos	Pessoas afetadas	Observação
1988	Não apontada	134	600	—	Registros históricos disponíveis de forma limitada
2001	190 mm/12 h	50	196	5.363	5.187 registrados na base como desalojados/desabrigados
2011	130 mm/24 h	74	25	7.269	Impactos relevantes no Vale do Cuiabá, em Itaipava
2013	459,5 mm/24 h	34	49	152.277	Precipitação extrema e impactos em diferentes setores
2022	548 mm/24 h	241	40	193.458	Dois episódios distintos: 15 de fevereiro e 20 de março

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026

PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS E AGENTES DEFLAGRADORES

A análise histórica confirma a forte sazonalidade dos movimentos de massa em Petrópolis. Conforme o PMRR (2017) e o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), as ocorrências se concentram no período chuvoso, especialmente entre os meses de novembro e abril, com maior intensidade durante o verão. A chuva constitui, portanto, importante agente deflagrador dos movimentos de massa analisados.

Os eventos apresentam características pluviométricas distintas. Em 2001 foram registrados 190 mm em 12 horas; em 2011, 130 mm em 24 horas; em 2013, 459,5 mm em 24 horas na estação Quitandinha; e, para 2022, a síntese dos documentos consultados registra 548 mm em 24 horas. Esses registros demonstram que diferentes combinações de intensidade e duração da chuva podem deflagrar processos de instabilidade.

O caso de 2013 é particularmente relevante para essa discussão. Apesar da precipitação extrema, o período antecedente apresentava acumulados abaixo da média, e parte dos impactos ocorreu em área rural com menor densidade demográfica. O resultado reforça que a ocorrência de precipitação extrema não determina, isoladamente, a magnitude dos danos humanos.

CONDICIONANTES FÍSICO-AMBIENTAIS E FATORES ASSOCIADOS À VULNERABILIDADE

Os documentos analisados indicam que a suscetibilidade de Petrópolis resulta da interação entre características naturais e transformações decorrentes da ocupação humana. Inserido em ambiente montanhoso associado à Serra do Mar, o município apresenta relevo acidentado, encostas de elevada declividade e solos suscetíveis à perda de resistência quando submetidos à saturação. Entre os principais condicionantes físico-ambientais destacam-se a declividade, as características geológicas e pedológicas, a configuração das encostas e a sazonalidade das chuvas, que contribuem para diferentes níveis de suscetibilidade, sem, contudo, determinar isoladamente a ocorrência de desastres.

Entre os fatores antrópicos destacam-se a ocupação de encostas e margens de rios, o desmatamento, intervenções inadequadas em taludes, deficiências de drenagem e alterações no escoamento superficial. Em 2001, Oliveira associou os movimentos de massa ao desmatamento, à ocupação de áreas sem infraestrutura de saneamento e a declividades superiores a 45°. Em 2013, registros técnicos apontaram escorregamentos em diferentes setores do município após precipitações intensas.

A análise integrada evidencia que a chuva atua como agente deflagrador, enquanto as características físicas e as condições de ocupação determinam diferentes níveis de suscetibilidade, exposição e vulnerabilidade. Assim, a recorrência dos desastres deve ser compreendida pela interação entre os eventos pluviométricos e as condições territoriais existentes no momento de sua ocorrência.

RECORRÊNCIA ESPACIAL DOS IMPACTOS

A análise espacial evidencia a recorrência de impactos em determinados setores de Petrópolis, especialmente no Primeiro Distrito, embora eventos de maior abrangência também tenham atingido outros distritos. Entre as localidades identificadas em diferentes registros destacam-se Quitandinha, Morin, Alto da Serra, Chácara Flora e Independência. Em 2001, foram registradas mortes em 12 bairros, com destaque para Quitandinha, que concentrou 23 óbitos. Em 2011, o Vale do Cuiabá, em Itaipava, concentrou parcela expressiva dos impactos, enquanto, em 2013, as ocorrências se distribuíram por diferentes bairros dos quatro distritos.

A distribuição observada indica que a recorrência espacial está associada à permanência de condições de suscetibilidade, exposição e vulnerabilidade em determinados setores. Entretanto, a repetição de localidades não significa que os desastres estejam restritos a esses espaços, pois eventos de maior magnitude podem ampliar ou deslocar a área dos impactos, como demonstrado em 2011 no Vale do Cuiabá.

Devido às diferenças de cobertura e detalhamento dos registros históricos, a recorrência é interpretada qualitativamente, com base na identificação documental das localidades atingidas, e não como medida absoluta da frequência de movimentos de massa. Assim, a análise espacial indica a persistência de áreas potencialmente suscetíveis e deve ser articulada à avaliação das condições físicas, da ocupação territorial e da população exposta.

PERIGO, EXPOSIÇÃO E VULNERABILIDADE: INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A interpretação do recorte de 1988 deve ser realizada com cautela, devido à menor disponibilidade e sistematização dos registros históricos, o que limita a comparabilidade com os episódios mais recentes. A análise dos cinco recortes históricos, correspondentes a seis episódios quando os eventos de 2022 são considerados separadamente, evidencia que a magnitude dos impactos não acompanha necessariamente a intensidade da precipitação. Assim, chuvas intensas e movimentos de massa não explicam isoladamente a dimensão dos desastres, que resulta da interação entre perigo, exposição, vulnerabilidade e suscetibilidade territorial.

A comparação entre 2011, 2013 e 2022 reforça essa relação. Em 2013, apesar da precipitação excepcional, o número de mortes foi inferior ao observado em 2011 e 2022, possivelmente em razão da localização de parte dos impactos em áreas rurais e de menor densidade demográfica. Em 2022, eventos extremos atingiram áreas urbanizadas e densamente ocupadas, resultando em elevada mortalidade e grande número de pessoas afetadas. Em 2011, a concentração dos impactos no Vale do Cuiabá demonstra que eventos de grande abrangência também podem atingir setores distintos daqueles historicamente mais recorrentes no Primeiro Distrito.

Os resultados indicam, portanto, que a recorrência dos desastres não decorre apenas da repetição de chuvas intensas, mas também da permanência de condições territoriais que condicionam a distribuição e a magnitude dos impactos. Para a Engenharia e a gestão de riscos, essa constatação reforça a necessidade de integrar medidas estruturais e não estruturais, considerando a população exposta, as características das encostas, as condições de drenagem, o padrão de ocupação territorial e a capacidade local de preparação e resposta.

IMPLICAÇÕES PARA A ENGENHARIA E A GESTÃO DO RISCO

Sob a perspectiva da Engenharia Geotécnica, os resultados reforçam a importância de integrar avaliações de suscetibilidade e estabilidade de encostas às ações de drenagem, monitoramento e planejamento territorial, priorizando setores onde a exposição e a vulnerabilidade permanecem elevadas.

Os resultados apresentam aplicabilidade direta para a Engenharia, o planejamento urbano e a Proteção e Defesa Civil. A identificação das áreas recorrentes nos registros históricos pode subsidiar a priorização de ações de drenagem, estabilização de encostas, monitoramento e alerta. Entretanto, a recorrência histórica não deve constituir o único critério de priorização, uma vez que o evento de 2011 demonstrou que episódios de grande abrangência podem produzir impactos significativos em áreas distintas das historicamente afetadas. A gestão do risco deve, portanto, integrar o histórico de ocorrências à avaliação da suscetibilidade física, da exposição populacional, da vulnerabilidade social e das características dos eventos extremos. Essa abordagem permite orientar medidas estruturais e não estruturais de forma mais abrangente, evitando que ações preventivas sejam concentradas exclusivamente nos locais historicamente atingidos.

Sob a perspectiva da Engenharia, os resultados reforçam a importância de integrar intervenções de drenagem, estabilização e contenção de encostas com medidas de ordenamento territorial e manutenção da

infraestrutura. Para a Proteção e Defesa Civil, a análise histórica pode apoiar o aprimoramento de planos de contingência, monitoramento e sistemas de alerta. No planejamento urbano, os resultados reforçam a necessidade de articular políticas habitacionais, gestão ambiental e controle da ocupação em áreas suscetíveis, considerando que a redução do risco depende da diminuição da exposição e da vulnerabilidade, e não apenas da resposta posterior aos eventos.

CONCLUSÕES

A análise comparativa dos principais eventos associados a movimentos de massa ocorridos em Petrópolis entre 1988 e 2022 permitiu identificar padrões recorrentes e diferenças relevantes entre os episódios. A precipitação intensa constitui importante agente deflagrador, porém inserida em um contexto de elevada suscetibilidade geomorfológica e ocupação territorial que amplia a exposição e a vulnerabilidade.

Os resultados não indicam aumento gradual da magnitude dos desastres ao longo do período, mas a recorrência de eventos extremos e a permanência de condições territoriais favoráveis à ocorrência de movimentos de massa. A intensidade da precipitação, embora fundamental para a deflagração dos processos, não explica isoladamente a dimensão dos impactos, que também depende da distribuição da população exposta, das características do território e das condições de vulnerabilidade.

A recorrência de registros em áreas como Quitandinha, Morin e Alto da Serra evidencia a persistência de setores historicamente atingidos, mas não representa exclusividade territorial. O evento de 2011, com impactos significativos no Vale do Cuiabá, demonstra que episódios de grande abrangência podem atingir diferentes setores do município. Dessa forma, a análise histórica deve associar a identificação de áreas recorrentes à avaliação contínua das condições de suscetibilidade e exposição em todo o território.

A principal contribuição do estudo consiste em demonstrar que a recorrência e a magnitude dos desastres resultam da interação entre perigo, exposição, vulnerabilidade e características territoriais. Nesse sentido, a redução do risco em Petrópolis requer ações integradas e permanentes de planejamento territorial, políticas habitacionais, drenagem, estabilização de encostas, monitoramento hidrometeorológico e fortalecimento da Proteção e Defesa Civil.

Por fim, o aprimoramento e a padronização das bases de dados sobre desastres são fundamentais para ampliar a comparabilidade histórica e subsidiar decisões futuras. A análise dos eventos constitui, portanto, importante instrumento para orientar estratégias de prevenção, preparação e redução de riscos, especialmente quando articulada à avaliação contínua da suscetibilidade, exposição e vulnerabilidade territorial.

REFERÊNCIAS

Atlas Brasileiro de Desastres Naturais de 1991 a 2012, Volume Brasil, **CEPED UFSC**, Florianópolis, 2013.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (Org.). Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais. Brasília, DF: **Ministério das Cidades/Cities Alliance**, 2006.

FREITAS, C. M. de; CARVALHO, M. L.; XIMENES, E. F.; ARRAES, E. F.; GOMES, J. O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na região serrana, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1577-1586, 2012.

GUERRA, A. J. T.; GONÇALVES, L. F. H.; LOPES, P. B. M. Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 1, p. 35-43, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

PETRÓPOLIS (Município). Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR. Petrópolis, RJ: **Prefeitura Municipal de Petrópolis, 2017**.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – DRM-RJ. Relatórios técnicos sobre os eventos de movimentos de massa e chuvas intensas em Petrópolis. Rio de Janeiro: **DRM-RJ, 2013**; 2022.

TOMINAGA, L. K. (Org.). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo**: Instituto Geológico, 2007**.

VIANNA, L. E. S. Análise comparativa dos principais desastres ocorridos nos anos de 1988 a 2022 relacionados a movimentos de massa no município de Petrópolis no Rio de Janeiro, considerando aspectos humanos, físicos e ambientais. 2024. Dissertação (Mestrado em Proteção e Defesa Civil) – **Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2024**.