

17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

Desastre do Morro da Oficina, Petrópolis (fevereiro de 2022): Causas, mecanismo de ruptura e ações emergenciais

Ingrid Ferreira Lima ¹; Ana Caroline Duarte Dutra ^{2,3}; Marcela Strongylis ⁴

Resumo – O artigo apresenta a caracterização do acidente geológico associado a movimento de massa no Morro da Oficina, Petrópolis, Rio de Janeiro, sintetizando o resultado da ação emergencial da Defesa Civil Municipal de Petrópolis e parceiros. Além disso, foi também pesquisado o tipo do processo destrutivo, a sua gravidade, as suas condicionantes, a distribuição de moradias em risco de serem atingidas por novos deslizamentos.

Abstract – The paper presents the characterization of the geological accident associated with landslide in Morro da Oficina, Petrópolis, Rio de Janeiro, summarizing the result of the emergency action of the Municipal Civil Defense of Petrópolis and partners. In addition, the type of destructive process, its severity, the distribution of houses at risk of being affected by new landslides were also researched.

Palavras-Chave – Deslizamento, Desastre, Medidas Emergenciais, Morro da Oficina, Petrópolis.

1 Tokyo University of Agriculture and Technology (東京農工大学), lima.ingridf@gmail.com
2 Universidade do Estado do Rio de Janeiro, geoanacaroline@gmail.com
3 Secretaria Municipal de Defesa Civil de Petrópolis
4 Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, marcela.strongylis@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Um movimento de massa do tipo deslizamento de rocha e solo, às 16:30 h da tarde do dia 15 de fevereiro de 2022, destruiu aproximadamente 80 casas e causou a morte de 94 pessoas no Morro da Oficina, bairro Alto da Serra, município de Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. O deslizamento do Morro da Oficina não foi um desastre isolado. Baseado nos registros de entrada de ocorrência da Defesa Civil de Petrópolis, relacionadas ao desastre, mais de 600 movimentos de massa de pequeno a grande porte afetaram todo o primeiro distrito de Petrópolis, principalmente nos bairros Alto da Serra e Chácara Flora, provocando um alto número de desabrigados (em torno de 2000 segundo dados da Secretaria de Assistência Social do Município de Petrópolis) e 234 mortes (dados oficiais do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro). No mesmo dia do acidente geológico, o estado de calamidade pública foi acionado pela Prefeitura de Petrópolis e o Gabinete de Crise foi instaurado. A área técnica ficou sob a coordenação do Setor de Geologia da Secretaria Municipal de Defesa Civil de Petrópolis e parceiros. A atuação no período de emergência do corpo técnico é elaborar cartas de riscos remanescentes, e na realização de vistorias para análise e interdição das casas atingidas ou sob risco iminente. Este artigo apresenta a descrição e as causas do movimento de massa no Morro da Oficina e as ações desenvolvidas pelo setor de Geologia da Defesa Civil de Petrópolis para redução do risco remanescente.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Localização da área de interesse

O Morro da Oficina (ou Morro dos Ferroviários) está situado no bairro Alto da Serra, podendo ser acessado através da rua do Ferroviários, Hercília Moretti e Oswero Vilaça, no primeiro distrito de Petrópolis (Figura 1A). Tem origem em um terreno de propriedade da Rede Ferroviária Federal, daí o nome de Morro dos Ferroviários. O referido terreno foi invadido e a ocupação se ampliou para os terrenos vizinhos até o limite do sopé da escarpa rochosa. O acesso às moradias é feito por meio de escadarias e servidões que se desenvolvem de forma errática ao longo da encosta. O padrão das residências acompanha a tendência das outras ocupações em encostas de Petrópolis. Ou seja, próximo ao sopé há moradias de bom padrão de construção, entretanto, e à medida que avançam encosta acima tornam-se precárias e, portanto, mais vulneráveis. O domínio do escoamento das águas pluviais é totalmente indisciplinado, foram realizadas algumas obras de captação e condução das águas e esgotos em sistema misto, com recursos do BIRD (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento) na década de 90 (Programa Reconstruir Rio), (Oliveira, 2004; Varanda, 2006).

2.2. Causas e Mecanismos de Ruptura do Movimento de Massa

O deslizamento do Morro da Oficina ocorreu devido à combinação de fatores predisponentes e deflagradores (Figura 1B). Trata-se de uma região situada originalmente em encostas de grande amplitude, apresentando declividade acentuada (Figura 2) e cobertura vegetal densa. O Morro da Oficina exhibe afloramentos desenvolvidos sobre rochas granítico-gnáissicas com sets de fraturas tectônicas persistentes e fraturas de alívio de pressão. Os perfis de solo local se iniciam com 0 a 2.5 m de tálus/colúvio arenoso, com a presença de blocos de variados tamanhos, transicionando para solo residual predominantemente argiloso entre 2.5 e 4.5 m. A rocha sã ou saprólito é alcançada entre 4.5 e 5 m de profundidade. Tal perfil é característico em meia encosta, onde se encontra a maioria das construções, tornando-se delgado no seu topo.



Figura 1. Vista área mostrando o Morro da Oficina (A) no ano 2013 e (B) após o desastre de 15 de fevereiro de 2022. Fonte: DRM-RJ (A) e Defesa Civil de Petrópolis (B).

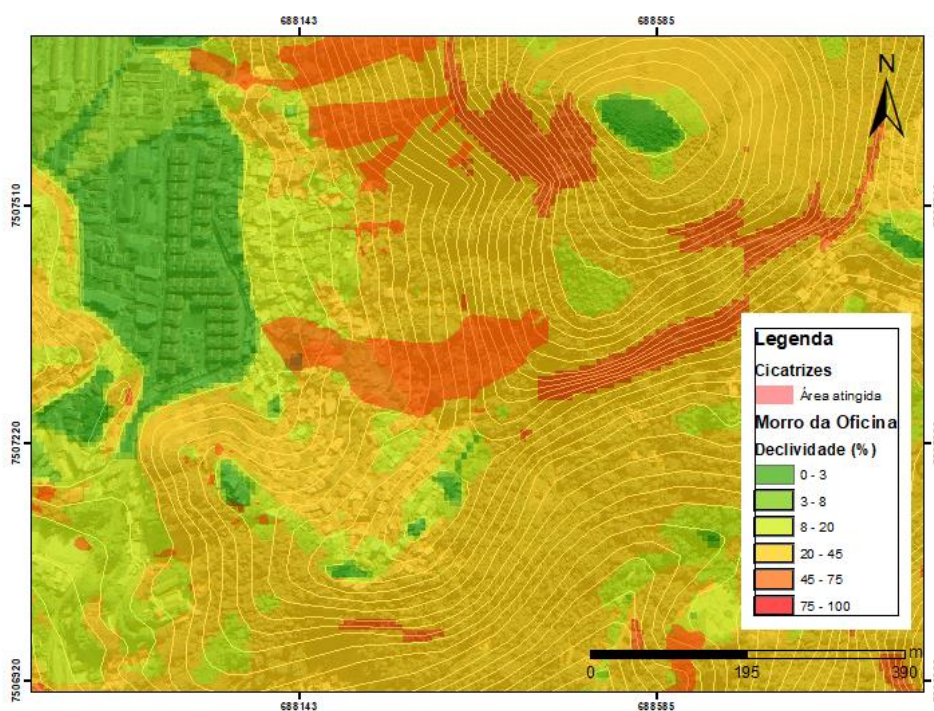


Figura 2. Mapa de declividade em porcentagem mostrando a área do Morro da Oficina e arredores.

O deslizamento tem seu início na transição solo/rocha no topo superior da escarpa rochosa fraturada (Figura 3A), onde mobiliza blocos rochosos de pequenos diâmetros e lascas rochosas de alívio. Durante o movimento deste material pela encosta, ocorre ganho de energia, devido à incorporação do solo e blocos rochosos presentes na encosta mediana, gerando um movimento de massa secundário que empurra as lascas menores para as cotas mais baixas. O processo de exumação se deu de forma bastante acentuada, chegando à interface solo-rocha (Figura 3B). As casas situadas no terço médio da encosta foram diretamente atingidas e incorporadas ao movimento de massa (Figura 3B), que se estendeu, por aproximadamente 200 m, até a rua dos Ferroviários próximo ao Conjunto Habitacional do Alto da Serra (Figura 3D).



Figura 3. Panorama do deslizamento do Morro da Oficina. (A) Área total de atingimento; (B) Escarpa rochosa com a cicatriz do deslizamento. Logo a jusante, detalhe para a linha de drenagem esculpida na interface solo-rocha; (C) Extensão final do movimento, atrás do BNH Alto da Serra; e (D) Exumação de blocos na meia encosta.

De acordo com dados coletados pela estação pluviométrica São Sebastião (CEMADEN/2022) - estação mais próxima do CEMADEN Nacional em funcionamento no dia 15/02/2022 – foram registrados 259.6 mm de chuva concentrados em 3 horas e 30 minutos (Figura 4).

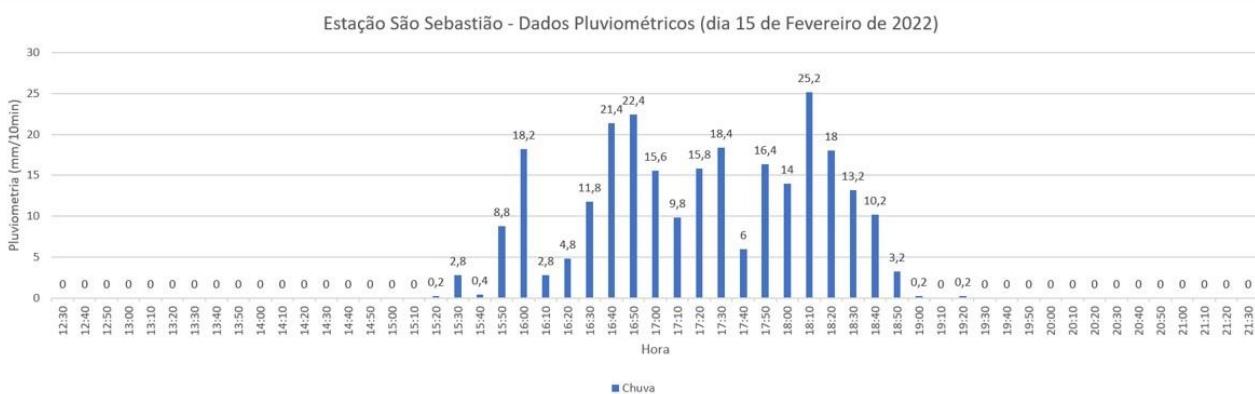


Figura 4: Gráfico com dados de chuva da coletados da Estação São Sebastião. Fonte CEMADEN

Já o gráfico apresentado na Figura 5 apresenta valores de intensidade de chuva registrados ao longo do evento chuvoso. É possível observar intensidades elevadas em todo o período de estudo. Em seis momentos a intensidade ultrapassou os 100 mm/h, alcançando impressionantes 151.2 mm/h às 18:10 h.



Figura 5: Gráfico com valores de intensidade de chuva e seu acumulado ao longo do evento do dia 15/02/2022, coletados da Estação São Sebastião. Fonte CEMADEN

Uma possível explicação para a série de escorregamentos ocorridos no dia 15/02/2022 se deve a um longo período chuvoso na cidade, que teve pequenos intervalos sem chuva incapazes de permitir a evaporação da água localizada na região mais superficial do solo e o fluxo das águas subterrâneas mais profundas do perfil. Levando em consideração que o evento chuvoso ocorrido apresentou intensidades altíssimas em um curto intervalo de tempo – dados do INMET divulgados pelo jornal “O Globo” afirmam que desde 1932, quando os registros pluviométricos se iniciaram na cidade, não ocorria uma chuva tão volumosa em 24 horas (O Globo, 2022) – o solo (já bastante saturado) alcançou um nível de saturação elevado o suficiente para que a sucção fosse perdida, permitindo inclusive o surgimento de poro-pressões positivas em sistemas de fraturas existentes no substrato rochoso. Esse conjunto de fenômenos pode ser considerado como o possível mecanismo de ruptura para o grande deslizamento ocorrido no Morro da Oficina e nos diversos outros pontos da cidade.

3. HISTÓRICO DE INSTRUMENTOS TÉCNICOS VOLTADOS À GESTÃO DE RISCOS ASSOCIADOS A MOVIMENTOS DE MASSA EM PETRÓPOLIS

3.1. Planejamento Urbano e Movimentos de Massa

Há informações de que a primeira enchente da cidade de Petrópolis ocorreu em 1834, antes mesmo do decreto de fundação do município (Memorial Petrópolis, 2022). Em 16 de março de 1843, a Vila Imperial de Petrópolis foi fundada e, em 1846, o Major Koeler apresentou o primeiro plano urbanístico para a povoação com o pioneiro esboço de integração entre urbanização e paisagem natural. Esse plano ficou conhecido como "Povoação-Palácio de Verão" ou Plano Koeler. O arrendatário, Júlio Koeler, estava obrigado a levantar a planta futura de Petrópolis (Planta Koeler - Planta de Petrópolis), do palácio do Imperador e seus anexos, fazendo a divisão das terras imperiais em lotes ou prazos numerados para o aforamento (BUARQUE, 1940).

Em 1900, foi elaborado o Código de Posturas Municipais, regulamentando as crescentes atividades industriais e dedicando oito artigos à proteção das matas, mananciais e cursos d'água, conforme destacado por Lino et al. (1984) o avanço do processo de ocupação de Petrópolis:

Novos Códigos de Obras foram aprovados em 1931 e 1960, complementados por adendos diversos em 1938, 1941, 1970 e 1976, versando sobre o zoneamento municipal, a disposição de atividades industriais e do sistema e as condições de edificação. Em 1978, uma polêmica proposta de tombamento da cidade levou à implantação do Projeto Petrópolis, cuja primeira fase foi concluída em 1982, é fruto de um convênio entre a Prefeitura, a Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (FUNDREM) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano (CNDU), representando a tentativa de atualização dos regulamentos de uso do solo no Município.

Deve-se observar que poucas destas proposições tiveram aplicação prática, face às dificuldades encontradas pelas sucessivas administrações em concretizá-las (FUNDREM, 1982; Lino et al., 1984).

Dos movimentos de massa mais catastróficos registrados em Petrópolis, os ocorridos durante o desastre de fevereiro de 1988, provocaram a elaboração da primeira Carta Geotécnica do município confeccionada por metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT (IPT, 1992). Segundo o Banco de Dados sobre movimentos de massa em Petrópolis do IPT, no período de 1960 até 1989 morreram 372 pessoas em desastres (IPT, 1992).

A década de 90 apresentou o menor número de eventos catastróficos. Foi caracterizada pelas inúmeras invasões e ocupações informais em quase todos os distritos, onde o poder público não tomou qualquer atitude direta para reverter essa situação (Guerra et al., 2007). Em 25 de maio de 1998 foi instituída a Lei Nº 5.393 que dispõe os parâmetros para a organização da cidade, delimitando os tipos de atividades e padrão de construções em cada bairro dos cinco distritos do município de Petrópolis, denominada Lei de Uso Parcelamento e Ocupação de Solo (LUPOS).

O município voltou a ser afetado por uma catástrofe em 23 e 24 de dezembro de 2001, chuvas que atingiram 190 mm em 12 horas, causando vários movimentos de massa e 50 mortes (Oliveira et al., 2001). Em 11 e 12 de janeiro de 2011, o Vale do Cuiabá no distrito de Itaipava foi afetado por deslizamentos rasos e fluxos de detritos com alcance de mais de 4 km durante o Megadesastre da Região Serrana causado 71 vítimas fatais (Melo et al., 2011; Dourado et al., 2012; Lima, 2022). Mais recentemente, no dia 17 de março de 2013, mais de 100 movimentos de massa ocorreram nas encostas de Petrópolis provocando 33 mortes (DRM-RJ, 2013). Por fim, em 2018, ocorre a revisão pelo município da legislação que estabelece a LUPOS.

3.2. Conhecimento de mapeamentos geológico-geotécnicos no Morro da Oficina

O Morro da Oficina é caracterizado como de risco iminente a movimentos de massa desde 2007 pelo Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) que visa a Prevenção de Riscos:

Encosta rochosa localizada à montante das moradias que se encontram implantadas em solo do tipo tálus-colúvio. Ocupação consolidada, porém, com moradias muito precárias, principalmente no sopé do maciço rochoso. Expansão para área de perigo em cotas muito elevadas agravando a segurança das moradias a jusante.

Em dezembro de 2011, o Morro da Oficina foi afetado por uma queda de blocos do talude rochoso da servidão Frei Leão bloqueando a via, sem danificar as residências (DRM-RJ, 2012). Em março de 2013, o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) realizou vistorias emergenciais no Morro da Oficina e atualizou a Carta de Risco Iminente indicando 503 casas sob risco a movimentos de massa:

Risco iminente a escorregamentos planares, em geral, condicionados pela superfície de contato entre solo raso e rocha subafiorante, pela acentuada inclinação das encostas e induzidos pela densa e desordenada ocupação. Um dos fatores que torna o Alto da Serra um bairro crítico ao risco geológico é a amplitude das encostas naturais, onde há blocos e lascas em balanço.

Em 2015, o DRM-RJ apresentou a Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização com informações de áreas inaptas para urbanização (Figura 6). Em 2017, a atualização do PMRR indicava, pelo menos, 15.240 casas no 1º distrito de Petrópolis em áreas de risco alto e muito alto para movimentos de massa. Cabe destacar que a Secretaria Municipal de Defesa Civil de Petrópolis implementou o Sistema de Gestão de Defesa Civil no ano de 2013; e para o desastre de fevereiro de 2022, o Sistema registrou 427 ocorrências de movimentos de massa para o Morro da Oficina no período de 15/02 a 19/03/2022.

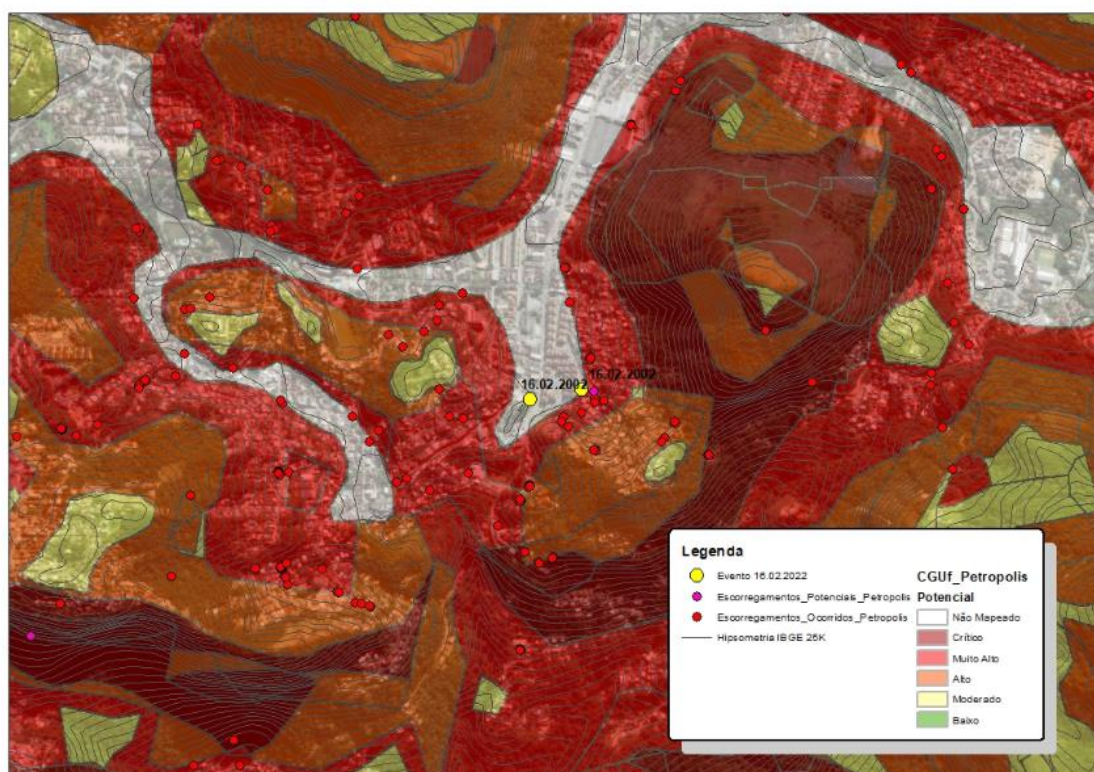


Figura 6: Carta Geotécnica de Aptidão Urbana do Morro da Oficina. Fonte DRM-RJ.

4. AÇÕES EMERGENCIAIS PARA REDUÇÃO DO RISCO REMANESCENTE

Os setores de risco remanescente são considerados aqueles extremamente críticos, recém afetados por movimentos de massa, correspondendo a setores de encosta onde os moradores devem ser evacuados imediatamente, sem que haja a demolição das casas destruídas ou parcialmente destruídas, uma vez que estas ainda protegem aquelas que não foram atingidas. (DRM-RJ, 2013). A preparação de uma Carta de Risco Remanescente se impõe na etapa de Resposta ao Desastre, quando é necessário o provimento de informação para tomar decisões sobre a necessidade de evacuação imediata dos moradores pelo Sistema de Defesa Civil. Assim, quando são identificadas cicatrizes de escorregamentos recentes e se prevê que as chuvas que os deflagraram terão continuidade, e, portanto, há muito alta probabilidade de recorrência dos escorregamentos e destruição de moradias, com mortes, num prazo de 01 dia, estabelece-se, sobre fotos aéreas oblíquas tomadas de helicópteros, as Cartas de Risco Remanescente, com indicação clara de quem deve sair e quem pode ficar (DRM-RJ, 2014).

Assim, coube ao Comitê Técnico da Prefeitura de Petrópolis a preparação das Cartas de Risco Remanescentes nas áreas afetadas por movimentos de massa que geraram vítimas fatais. Para a delimitação dos polígonos das moradias sob risco remanescente, além da interpretação das fotos de helicóptero e imagens autorretificadas de DRONES, foram fundamentais a análise das fotos de campo e as avaliações *in situ*.

O procedimento para a construção da Carta de Risco Remanescente do Morro da Oficina (figura 7), seguiu o seguinte protocolo:

1. visita a área atingida para avaliação do alcance do movimento de massa;
2. estabelecimento do número de moradias afetadas e danos associados;
3. definição de áreas instáveis nas imediações do movimento de massa e moradias em risco;
4. delimitação da área de risco remanescente.

A produção da carta teve duração de 72 horas. A partir da carta elaborada, todas as casas localizadas dentro dos limites da área de risco remanescente foram automaticamente interditadas. Esse processo foi respaldado pela avaliação *in loco*, realizada no pós-desastre, em caráter regional devido ao estado de calamidade pública. Desta forma, o uso da carta de risco remanescente como instrumento de resposta ao desastre, além de dar celeridade à produção dos laudos técnicos dos imóveis nas áreas de risco, contribuiu diretamente para o rápido suporte às vítimas, uma vez que, essa é uma das condições básicas para a obtenção do benefício emergencial às vítimas do desastre. O procedimento seguinte se deu com a evacuação dos imóveis mediante laudo técnico informativo, e encaminhamento para a Secretaria de Assistência Social, para início dos trâmites relacionados ao aluguel social.

Instituições de geologia, representadas por CPRM, DRM-RJ, PUC-RIO, SBG (Núcleo RJ/ES), UERJ e UFRJ, enviaram geólogos e engenheiros geotécnicos para auxiliar o trabalho da Defesa Civil de Petrópolis. Além disso, a Defesa Civil Nacional, Estadual e defesas civis de diferentes municípios também prestaram apoio técnico (ortomosaico de imagens de DRONE, confecção de relatório, e organização de banco de dados) e operacional (suporte às vítimas). As defesas civis municipais que auxiliaram no período de emergência foram Blumenau, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Macaé, Maricá, Niterói, Nova Friburgo, Rio de Janeiro e São João de Meriti.

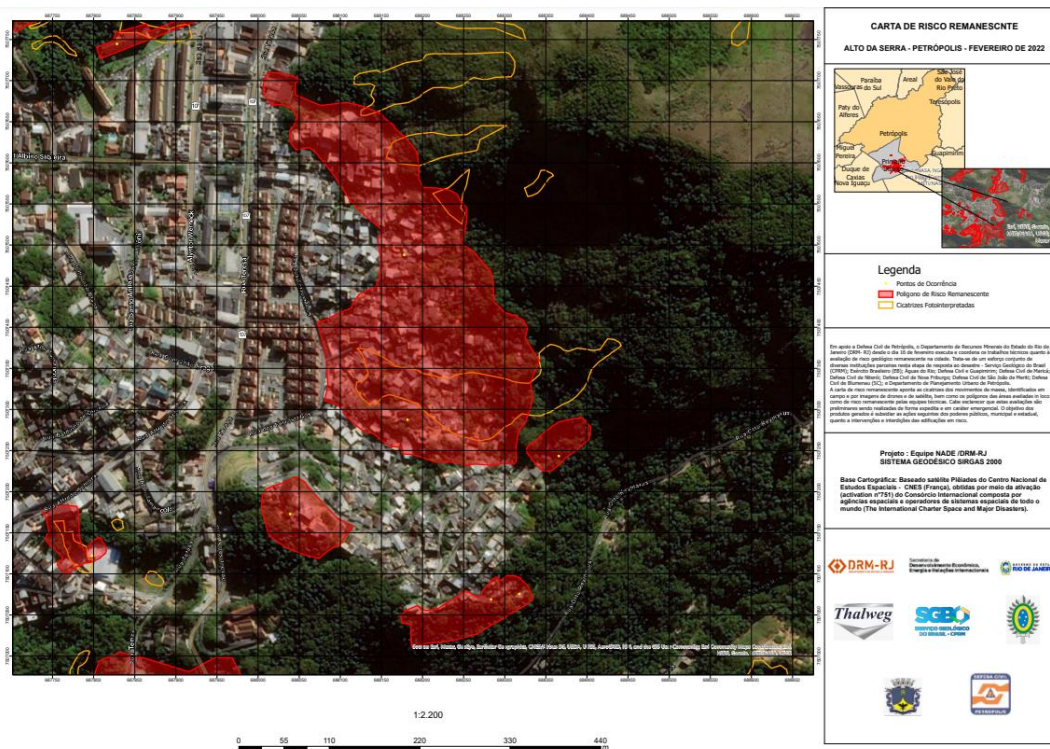


Figura 7: Carta de Risco Remanescente Alto da Serra Petrópolis Fevereiro de 2022. Fonte: Secretaria Municipal de Defesa Civil de Petrópolis

5. DISCUSSÃO

O quadro de risco a movimentos de massa na cidade de Petrópolis há muito ultrapassara o grau de inaceitável. Os avanços obtidos com arcabouço jurídico de gestão de risco geológico que dá suporte às ações de gestão de risco de desastres, seja por meio da Lei 12.608/2012, que institui a Política, o Sistema e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil; seja em relação ao Art. 1º da Lei Estadual 6.442/2012 – permitir que os municípios incorporem nos seus Planos Diretores os mapeamentos realizados ou por ele validados – ainda estão aquém do que realmente é necessário para proteger vidas, infraestruturas e bens contra movimentos de massa em encostas.

É urgente a construção da consciência cidadã e da resiliência comunitária aliados ao planejamento urbano e ordenamento para o fortalecimento da sustentabilidade ambiental e da educação para redução de riscos de desastres nas comunidades petropolitanas.

Há sim mapeamentos geológico-geotécnicos em diferentes escalas, preparados por diferentes metodologias, e que eles estão aptos a atender, apesar das suas limitações, a algumas das necessidades da gestão atual de risco a movimentos de massa em Petrópolis. Na tabela 01 são sumarizados os mapeamentos de risco a movimentos de massa que foram obtidos por meio de consulta às Universidades e às defesas civis do Governo Federal, Estadual e Municipal.

É fundamental que a revisão da LUPOS contemple as orientações dos mapeamentos geológico-geotécnicos nas distintas escalas de planejamento territorial urbano (escalas do Município a Interurbana) já existentes na cidade. A Tabela 1 também apresenta uma proposta de correlação do uso de mapeamentos geológico-geotécnicos existentes nas peças de planejamento urbano na cidade de Petrópolis:

Tabela 1. Instrumentos de gestão de riscos a movimentos de massa no município de Petrópolis elaborados por diferentes atores

INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO URBANO	MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO		
	Escala	Produtos	Referência
Ordenamento do território municipal (Plano Diretor)	1:50.000 < Escala > 1:25.000	Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Inundação	CPRM (2013)
Áreas Urbanas Zoneamento e Parcelamento do Solo Urbano	1:25.000 < Escala > 1:10.000	Carta Geotécnica	IPT (1992)
		Carta de Risco Iminente	DRM-RJ (2013)
		Carta Geotécnica de Aptidão a Urbanização	DRM-RJ (2015)
Projeto Urbanístico	>1:2.500	Plano Municipal de Risco que visa a Prevenção de Riscos (PMRR) em assentamentos precários para o 1º Distrito de Petrópolis	THEOPRATIQUE (2007)
		Carta de Risco Remanescente	DRM-RJ (2011;2013)
		Plano Municipal de Redução de Risco PMRR – 1º(revisão), 2º, 3º, 4º e 5º Distritos - Petrópolis, RJ	THEOPRATIQUE (2017)
		Carta de Risco Remanescente	Defesa Civil de Petrópolis e parceiros (2022)

6. CONCLUSÃO

O recente acidente geológico em Petrópolis provoca a reflexão sobre o grave problema da ocupação desordenada das encostas com uso habitacional. O Morro da Oficina integra, junto com os bairros Chácara Flora, Vila Filipe, Quitandinha, Independência, São Sebastião, Caxambu, Morin, uma das principais áreas de risco a movimentos de massa de Petrópolis. A área praticamente todos os anos, ou mais de uma vez por ano, é afetada por desastres associados a movimentos de massa significativos, que comprovam a sua caracterização como de risco iminente.

Vale destacar que dados mais específicos referentes às essas áreas críticas, como perfis geotécnicos, tipo de solo, volume de água que infiltra e que escoar em eventos chuvosos, assim como variação de umidade e de sucção nessas encostas apenas são obtidos através de ensaios de campo e de laboratório, instalação de equipamentos específicos em campo e realização de análises e simulações numéricas. Nesse contexto, o estímulo à pesquisa e a integração com instituições de ensino são fundamentais para o melhor conhecimento dessas áreas de risco e, conseqüentemente, para a redução de vítimas no futuro.

A carta de risco remanescente a movimentos de massa foi o instrumento de grande relevância na resposta ao desastre. Este estudo, elaborado em caráter emergencial, auxiliou na caracterização do risco e na resposta rápida aos moradores nas áreas adjacentes à cicatriz principal do Morro da Oficina. Espera-se, que este produto seja utilizado para subsidiar a atualização dos cenários de risco no futuro.

Este artigo confirma a importância dos estudos geológico-geotécnicos para o Planejamento Urbano e Ordenamento Territorial, contribuindo para uma abordagem do Risco Sistêmico (mudança de Gestão de Desastres para Gestão de Risco de Desastres).

Portanto, hoje, as Políticas de Redução de Riscos de Desastres aplicados ao Planejamento Urbano e Ordenamento Territorial em Petrópolis estão ameaçadas por:

- Políticas Públicas são descontinuadas e descumpridas;
- Sucateamento das Instituições Públicas de Geociências;
- Cortes de orçamentos e investimentos;
- Redução de equipes técnicas na administração pública;
- Ausência de padronização das propostas metodológicas da Cartografia Geotécnica;
- Ausência de regulamentação das leis federais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Secretaria Municipal de Defesa Civil de Petrópolis, ao CEMADEN e à Sociedade Brasileira de Geologia pelo apoio e suporte oferecido às pesquisas realizadas.

REFERÊNCIAS

BUARQUE, P.A. 1940. História e Historiographos da Cidade de Petrópolis. Rio de Janeiro: O Livro Vermelho dos Telefones.

CEMADEN- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais / Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. 2018. Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (Projeto GIDES). Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimento de Massa, 162 p.

DOURADO, F; ARRAES, T.C.; SILVA, M.F. 2012. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição

- Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 35 – 2, p.43-54
- DRM-RJ - Departamento de Recursos Minerais-Serviço Geológico do Estado de Rio de Janeiro. 2014. Conceitos e terminologia das Cartas de Risco que se impuseram na gestão do risco a escorregamentos no estado do Rio de Janeiro. In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia, 1p.
- DRM-RJ - Departamento de Recursos Minerais-Serviço Geológico do Estado de Rio de Janeiro. 2013. Desastre março/13 de escorregamentos em Petrópolis. Relatório Técnico, 24p.
- DRM-RJ - Departamento de Recursos Minerais-Serviço Geológico do Estado de Rio de Janeiro. 2012. Lâmina do Setor de Risco – Município de Petrópolis Setor: Rua Frei Leão - Ferroviários Coord. E: 0688142 Coord. N: 7507297 WGS84/23k. Laudo Técnico, 1p.
- FUNDREM - Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. 1982. Projeto Petrópolis: planejamento e preservação. Rio de Janeiro, 156p.
- GUERRA, A.J.T.; GONÇALVES, L.F.H.; LOPES, P.B.M. 2007. Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1 , 35-43p.
- IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.1992. Carta Geotécnica de Petrópolis. São Paulo, 1992. (IPT. Relatório, 30 399).
- LIMA, I.F. 2022. Controles morfométricos de bacias afetadas por fluxos de detritos: um ensaio na região serrana do estado do rio de janeiro [Rio de Janeiro] Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências Programa de Pós-graduação em Geologia, 229 p.
- LINO, G.L.S.; BARROSO, J.A.; CABRAL, S. 1984. Subsídios Geológico-Geotécnicos para a ordenação da ocupação do município de Petrópolis-RJ. 4ºCongresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 279-290p.
- MELO, R. C.; DOURADO, F.; VAREJÃO, L. C.; SILVA, A. F. 2011. A Corrida de Massa do Vale do Cuiabá, em Itaipava/Petrópolis - Análise dos Condicionantes Geológicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 12, 2011, Nova Friburgo. Anais...Nova Friburgo: SBG: 2011. p. 11
- MEMÓRIA PETRÓPOLIS. 2022. Linha do tempo das chuvas em Petrópolis. <<https://www.memorialpetropolis.app/>> Acesso em 20 mai 2022.
- O GLOBO. 2022. Há 90 anos não chovia tanto em Petrópolis no período de 24 horas. <<https://oglobo.globo.com/rio/ha-90-anos-nao-chovia-tanto-em-petropolis-no-periodo-de-24-horas-1-25397323>>. Acesso em 20 mai 2022.
- OLIVEIRA, A.C.; GUERRA, A.J.T.; GONÇALVES, L.F.H; OLIVEIRA, F.L. 2001. Rainstorms, environmental and anthropogenic features on landslides triggering in Petropolis City, in December 2001. Landslides: evaluation and stabilization, 915-917p.
- OLIVEIRA, L. C. D. 2004. Análise Quantitativa de Risco emprego de Movimentos de Massa com Estatística Bayesiana [Rio de Janeiro] Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 496 p.
- VARANDA, E. 2006. Mapeamento Quantitativo de Risco de Escorregamentos para o 1º Distrito de Petrópolis/RJ utilizando Sistema de Informações Geográficas [Rio de Janeiro] Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 137p.