

## ***O impacto ambiental ocasionado pelo movimento de massa nos taludes naturais e construídos***

Apesar da percepção acerca da recorrência dos movimentos gravitacionais de massa na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, as pesquisas relacionadas aos fatores responsáveis pela instabilidade de taludes nesta localidade ainda são incipientes no que concerne ao embasamento para a proposição de medidas preventivas nas áreas de risco e desenvolvimento de políticas públicas, sobretudo em relação ao conhecimento do comportamento dos solos serranos. Tendo isso em vista, o presente trabalho buscou compilar os principais resultados referentes a duas pesquisas desenvolvidas na região, destinadas ao diagnóstico estrutural e coleta de amostras dos perfis de solo em taludes de corte nas rodovias que ligam as cidades de Carmo, Sumidouro e Teresópolis (RJ) (Setor 1), e análise ambiental dos taludes naturais de 11 bairros de Teresópolis (Setor 2), de forma a apresentar um diagnóstico dessas áreas para apresentar ao Ministério Público local para tomada de decisão, bem como fornecer subsídios técnicos para as audiências públicas relacionadas ao impacto ambiental advindo do movimento de massa dos taludes naturais e construídos que compõem o relevo dos municípios investigados. Por meio da técnica de diagnose empregada, foi possível determinar as características geológicas e do solo quanto à sua estrutura e pouca profundidade que favorecem a susceptibilidade dessas vertentes da área de estudo e ao deslocamento de material, quando em período chuvoso. Além disso, tais áreas encontram-se com adensamento urbano, seja este precário ou não, potencializando o movimento de massa natural dessas encostas.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental; Movimento de massa; Diagnóstico estrutural; Região serrana.

## ***The environmental impact caused by mass movement in natural and constructed taludes***

Despite the perception about the recurrence of gravitational mass movements in the mountainous region of the State of Rio de Janeiro, research related to the factors responsible for the instability of slings in this locality is still incipient with regard to the basis for the purpose of preventive measures in the areas of risk and development of public policies, especially in relation to the knowledge of the behavior of mountain soils. In view of this, the present work sought to compile the main results related to two studies developed in the region, aimed at the structural diagnosis and collection of samples of soil profiles in cutting lines on the highways that connect the cities of Carmo, Sumidouro and Teresópolis (RJ) (Sector 1), and environmental analysis of the natural areas of 11 neighborhoods of Teresópolis (Sector 2), in order to present a diagnosis of these areas to present to the local public prosecutor for decision making, as well as to provide technical subsidies for public hearings related to the environmental impact resulting from the mass movement of natural and constructed areas that make up the relief of the municipalities investigated. Using the diagnostic technique employed, it was possible to determine the geological and soil characteristics regarding their structure and little depth that favor the susceptibility of these aspects of the study area and the displacement of material, when in rainy season. In addition, such areas are urbanly dense, whether precarious or not, potentiating the movement of natural mass of these slopes.

**Keywords:** Environmental impact; Movement; Structural diagnosis; Mountainous region.

Topic: **Ciências do Solo**

Received: **05/03/2022**

Approved: **23/03/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Cátia Araujo Farias   
Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7118826005431208>  
<https://orcid.org/0000-0002-7319-848X>  
[farias.catia@gmail.com](mailto:farias.catia@gmail.com)

Celso Maran de Oliveira   
Universidade Federal de São Carlos, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9911833172043700>  
<https://orcid.org/0000-0002-6442-3614>  
[celmaran@gmail.com](mailto:celmaran@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0001

### **Referencing this:**

FARIAS, C. A.; OLIVEIRA, C. M.. O impacto ambiental ocasionado pelo movimento de massa nos taludes naturais e construídos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.3, p.1-20, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0001>

## INTRODUÇÃO

Embora consista em uma problemática ambiental cujos efeitos são cada vez mais frequentes e intensos ao redor do globo, os desastres naturais representam ainda um tema ambiental muito negligenciado no Brasil; país onde a logística humanitária é muito mais associada às fases de resposta aos eventos, do que às de prevenção às catástrofes. Uma das justificativas mais prováveis para ainda se encontrar atrasado nessa questão, quando comparado a outras nações, está o fato de que seu território não se encontra tão em evidência no cenário mundial em termos de variedade e intensidade de desastres climáticos e antrópicos, juntamente com motivos político-econômicos que muitas vezes são responsáveis pela falta de esforços por parte de instituições e Poder Público em criar uma demanda para tal demanda ambiental. De fato, o interesse nacional para pesquisas relativas a esse assunto parece ter sido impulsionado apenas após a devastação promovida pela passagem do inesperado furacão Catarina, em 2004, pela região sul de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, ganhando, contudo, maior notoriedade após o Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, responsável por uma grande quantidade de perdas materiais e óbitos em função, principalmente, dos inúmeros movimentos gravitacionais de massa deflagrados (NOGUEIRA et al., 2009) e, recentemente, o que ocorreu em Petrópolis-RJ, no fim da tarde e na noite de 15 de fevereiro de 2022. Embora a combinação de eventos climáticos que originaram a chamada Tragédia possa ser considerada um fenômeno atípico, destacou um fator que há muito já era apontado por alguns pesquisadores da área: a susceptibilidade da região à tais movimentos em função de seus solos, em geral, pouco espessos e bastante lixiviados, em conjunto a um relevo íngreme, elevada pluviometria e características geológicas, que proporcionaram a localidade um histórico ligado a esse tipo de desastre natural. Nesse contexto, o crescimento desordenado das cidades tem, ainda, potencializado a sua deflagração, seja pela construção inadequada de moradias em Áreas de Preservação Permanente (APP), como pelo aumento da densidade populacional em áreas consideradas de risco iminente.

Tendo esses aspectos em vista, é notória a necessidade do estabelecimento de uma política ambiental que mobilize todos os seguimentos sociais no que se relaciona a busca por soluções que venham minimizar os impactos negativos relacionados ao uso e ocupação do solo e que estejam descomprometidas com o ordenamento jurídico ambiental brasileiro, de tal forma a garantir a segurança da população em um território onde vários são os agentes naturais que contribuem para a instabilização de taludes. Nesse sentido, destaca-se a importância do entendimento acerca do comportamento dos solos nas áreas urbanas e rurais dos municípios serranos do Rio de Janeiro, no que tange a realização de análises da sua matriz por engenheiros e técnicos, como uma forma de inferir sobre os locais mais apropriados às construções civis, sob a ótica estrutural e de segurança, e minimizar custos com a propositura de obras de reparo relacionadas às encostas e áreas de deposição.

Tendo em vista a problemática referente ao aumento da incidência de desastres naturais, sobretudo relacionados à movimentação gravitacional de massa, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, em virtude do aumento da ocupação antrópica em áreas e risco já propensas ao seu desencadeamento, o

objetivo central do presente trabalho foi de compilar os principais resultados alcançados por duas pesquisas voltadas para a análise e diagnóstico estrutural de taludes naturais e de corte nas cidades de Carmo, Sumidouro e Teresópolis, no Estado do Rio de Janeiro, de maneira a fomentar discussões acerca da necessidade de diagnosticar e classificar os solos serranos quanto ao impacto ambiental decorrente da estrutura e susceptibilidade ao fenômeno de movimentação de massa em encostas, de maneira a fornecer subsídios para análise e adoção de políticas públicas de gerenciamento de risco, bem como promover pesquisa científicas na região sobre a temática.

## REVISÃO TEÓRICA

### Problemática Ambiental Na Região de Estudo

Sendo, grosso modo, o conjunto de um ou mais fenômenos naturais responsáveis pela ocorrência de danos em áreas ou regiões habitadas por populações humanas, os desastres naturais estão entre os assuntos que mais despertam preocupação em âmbito mundial atualmente. Esse fato decorre não somente da ampla gama de impactos que tais eventos podem causar, mas, também, devido ao aumento acelerado da urbanização verificado nas últimas décadas em áreas inadequadas à habitação, que resulta em um mau gerenciamento das bacias hidrográficas, além da ameaça associada aos efeitos do aquecimento global, de tal forma a visualizar-se, ao longo dos anos uma tendência ao aumento da incidência de tais fenômenos (KOBAYAMA et al., 2006; TOMINAGA et al., 2009; UNISDR, 2016)

De acordo com o The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) e o Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), somente no que concerne ao número de desastres naturais relacionados aos aspectos meteorológicos e climáticos houve um incremento significativo em apenas 40 anos, passando de 3.017 eventos entre 1976-1995 à 6.392 no período entre 1996-2015 (UNISDR et al., 2016). Além disso, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU)<sup>1</sup> apresentados no relatório intitulado "O Futuro que Queremos" para a RIO+20, apenas entre 1970 e 2010, a proporção da população mundial residente em bacias hidrográficas sujeitas a inundações aumentou 114%, ao passo que nas áreas costeiras propensas aos impactos de ciclones, o aumento foi de 192% no mesmo período<sup>1</sup>. Nesse contexto, além da elevação do número de pessoas atingidas e vítimas fatais ao redor do globo, tem-se ainda, perdas anuais crescentes devido à falta, de modo geral, de medidas preventivas que visem mitigar os impactos provenientes da ocorrência de tais fenômenos em áreas urbanas e ações emergenciais de resposta aos desastres, principalmente em países subdesenvolvidos. Como resultado, o risco de perda de riquezas em razão da ocorrência de desastres está superando a própria capacidade de criação destas, elevando-se mais rapidamente do que o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*. Para exemplificar, somente entre os anos 2000 e 2012, os custos relacionados a tais fenômenos ultrapassaram 1,4 trilhão de dólares, com perdas anuais elevando-se para mais de 200 bilhões de dólares, reafirmando a necessidade econômica de adotarem-se planos destinados à redução do risco nas suas áreas de propensão.

---

<sup>1</sup> <http://www.onu.org.br/rio20/desastres.pdf>

Para o Brasil, país onde a existência de medidas mitigatórias e a logística humanitária pós-evento ainda são considerados assuntos pouco desenvolvidos, a percepção de que estes fenômenos estão a se agravar representa uma grande preocupação, justamente pelo fato de que os desastres que mais assolam seu território tendem a estar associados a fenômenos climáticos potencializados pela ação antrópica (BRASIL, 2007a). Nesse sentido, de acordo com as características naturais associadas à porção da crosta em que o país situa-se e a forma como ocorreu historicamente a ocupação do seu espaço urbano e rural, dentre os desastres naturais mais frequentes em solo nacional estão as enchentes, inundações e movimentos gravitacionais de massa resultantes da instabilidade de taludes naturais e de corte, responsáveis por elevado número de perdas materiais, prejuízos à saúde e óbitos todos os anos (BRASIL, 2007a; TOMINAGA et al., 2009; MONTEIRO et al., 2010; RIO DE JANEIRO, 2013).

De acordo com o estabelecido por Wolle (1972), Brasil (2007b), e Campos (2011), o conceito de talude relaciona-se à inclinação do solo em uma superfície, sendo mais empregado na proximidade a obras lineares, de tal forma a possuir um caráter mais geotécnico e associado a áreas restritas, podendo ser classificado como natural, de corte ou de aterro. Mais conhecidos simplesmente como encostas, os taludes naturais são, tal como o nome sugere, aqueles originados por agentes naturais, sendo constituídos por maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo/e ou rocha, enquanto os de corte, são aqueles provenientes da escavação promovida pelo ser humano para a implantação de rodovias e estradas, por exemplo (LIMA, 2002; BRASIL, 2007b; CAMPOS, 2011). Conforme salientam Lima (2002), Brasil (2007b) e Campos (2011), os taludes de aterro, por sua vez, estão relacionados às declividades geradas pelo aporte de materiais, tais como solo, rochas, rejeitos industriais ou de mineração. Embora possam ser diferenciados quanto a sua origem para fins de análise e criação de planos e projetos relacionados, todos os tipos de taludes podem ser expostos a fatores que afetem sua estabilidade, resultando no fenômeno natural de movimentação gravitacional de massa, isto é, do deslocamento de material consolidado e/ou inconsolidado ao longo de uma vertente em razão da força gravitacional que, como já mencionado, está entre os tipos de desastres naturais de maior incidência em território brasileiro (DIAS et al., 2002; TOMINAGA et al., 2009).

Estando diretamente relacionados à evolução da dinâmica paisagística e contribuindo fortemente para a remobilização do solo e/ou da rocha das encostas para as planícies em função da magnitude com que tendem a ocorrer, tais processos de movimentação de material podem, à princípio, apresentar alguma similaridade com os de erosão superficial em razão da sua natureza (DIAS et al., 2002; TOMINAGA et al., 2009; ARAUJO et al., 2013). No entanto, deve-se atentar para os fatores-chaves que caracterizam e diferenciam cada fenômeno, a fim de evitar equívocos em diagnósticos da área onde ocorreram e medidas preventivas inapropriadas e/ou ineficazes. Para Martini et al. (2006) e Araujo et al. (2013), nos processos erosivos a precipitação, um dos seus fatores desencadeantes, por exemplo, age de maneira direta, de tal forma a promover a remoção e arraste de partículas individuais do terreno em taxas variáveis, moldando-o de forma contínua e com efeitos duradouros sobre a paisagem, modificando assim, o relevo dos continentes ao longo de eras geológicas além de, quando atinge taxas de transporte muito acentuadas em um curto período, resultar na formação de grandes depressões, tais como as voçorocas. Isso por sua vez não é

verificado nos movimentos de massa, onde a precipitação tende a agir apenas indiretamente na sua deflagração, por influenciar o regime hídrico subterrâneo da área, salvo os casos onde os aspectos geológicos locais permitem um grau de influência maior na estabilidade da encosta. Porém, mesmo nesses casos, o fenômeno caracteriza-se pelo deslocamento de quantidades significativas de material em um mesmo evento, conforme elucida Araujo et al. (2013).

Pelos motivos anteriormente citados, juntamente com o fato do momento exato da deflagração de tais movimentos ser imprevisível, a possibilidade da ocorrência desses fenômenos em áreas urbanas costuma ser motivo de demasiada apreensão pelos grandes prejuízos econômicos e elevado número de vítimas fatais que promove (ARAUJO et al., 2013). É possível, no entanto, prever a possibilidade de desencadeamento de um evento desse tipo em um dado terreno por meio da identificação e monitoramento dos fatores que promovem ou potencializam a desestabilização de um dado talude, seja ele natural ou originado pela ação antrópica, de tal forma a desenvolver mecanismos ou planos de ação para gerir as áreas de risco (BRASIL, 2007a).

Conforme elucidam Brasil (2006) e Bessa (2015) vários são os processos do meio físico capazes de causar situações de perigo de deslocamento de material vertente abaixo, podendo a ocorrência de tais fenômenos estar associada às influências naturais e/ou de cunho antrópico. No caso dos naturais, Brasil (2007b) e Campos (2011) separam os condicionantes em dois grandes grupos: o dos agentes predisponentes e o dos agentes efetivos, estando o primeiro relacionado ao conjunto de características intrínsecas pertencentes à região analisada e, o segundo, aos elementos diretamente responsáveis pela sua deflagração. Tais grupos podem, ainda, ser subdivididos com a finalidade de melhorar a compreensão acerca da temática e para um melhor direcionamento no que concerne à estudos e análises relacionados aos fatores condicionantes em uma dada região de risco. De tal forma, conforme o salientado por Brasil (2007b) e Campos (2011), pode-se dividir o grupo dos agentes predisponentes em: complexo geológico-geomorfológico, que engloba as características geológicas e geomorfológicas da área de interesse, tais como a natureza e composição das rochas que compõe os maciços locais, inclinação, forma e amplitude natural das encostas ou taludes, além do perfil e espessura do solo em decorrência de processos intempéricos, por exemplo; complexo hidrológico-climático, compreendendo características relacionadas à hidrologia e ao clima regionais, como o nível d'água de corpos hídricos e lençóis freáticos, por exemplo, estando relacionado ao intemperismo físico-químico e químico. Ainda conforme os autores, como também fazem parte do meio físico natural, a força gravitacional e o grau de vegetação da área também podem ser inclusos neste grupo.

Já no que tange ao grupo dos agentes efetivos, essa divisão é feita considerando os fatores responsáveis por preparar o terreno para o desencadeamento dos movimentos de massa e os que os deflagram em um curto período ou de forma súbita em razão da intensidade com que ocorrem. De tal modo, podem ser classificados, de acordo com Brasil (2007b) e Campos (2011) em: agentes preparatórios: como os eventos pluviométricos, a erosão, degelo, variações na temperatura e umidade, por exemplo; agentes imediatos: como precipitações intensas e/ou fora do comum, vibrações e terremotos; ondas e fortes ventos, entre outros. Em relação aos condicionantes antrópicos, isto é, relacionados às ações humanas capazes de

promover modificações significativas no meio físico, pode-se incluir o lançamento/vazamento de fossas sanitárias, de águas pluviais e águas servidas, vazamentos no sistema de abastecimento d'água, execução incorreta de aterros ou cortes em taludes, descarte inadequado de resíduos sólidos excessivamente, desmate da vegetação nativa (BRASIL, 2007b).

Em razão do próprio conceito do fenômeno de movimentação de massa, é natural supor-se que, quanto mais íngreme for o terreno, menor sua estabilidade e, assim, maior a probabilidade de desencadeamento de deslocamentos de material pela vertente em razão da força gravitacional atuante (WICANDER et al., 2009). No entanto, é preciso destacar a importância que o intemperismo e o grau de fragmentação do material que a compõe exercem no que concerne à probabilidade de deslocamentos. Em geral, dentre os materiais que compõem uma encosta, areia e silte inconsolidados tendem a ser os menos estáveis em função do menor ângulo de inclinação que formam, isto é, da maior declividade que o terreno pode suportar sem que entre em colapso e desabe (PRESS et al., 2008; WICANDER et al., 2009). Essa menor estabilidade provém do ângulo de inclinação dos grãos de areia e silte ser menor ou igual ao de repouso, em decorrência da existência de forças de atrito entre eles. Entretanto, como se espera, conforme são acrescentados mais grãos ao terreno, mais inclinado este se torna, de tal modo que esta força não é suficiente para evitar um possível deslocamento (PRESS et al., 2008). Conforme discorre Press et al. (2008), apesar de menores para estes materiais se comparado a outros tipos, os ângulos de repouso podem variar de acordo com fatores como o tamanho e formato das partículas, uma vez que partículas maiores, mais achatadas ou angulosas tendem ter uma estabilidade maior, permitindo assim, uma maior inclinação, além do grau de umidade presente no solo, que pode promover uma ligação dos grãos e resultar em uma resistência maior ao movimento. Por sua vez, os materiais consolidados, tais como rochas, sedimentos compactados e solos vegetados, tendem a alcançar um maior ângulo de inclinação. No entanto, como salientam os autores, alguns fatores como quantidade de matéria orgânica, rigidez das rochas associadas ao talude e a presença de argilominerais no solo, podem interferir na capacidade dos materiais em formar planos em ângulos distintos.

Em relação ao conteúdo hídrico do material, a água contida no solo ou no interior de maciços tende a ser um dos agentes que mais contribuem no que concerne à deflagração de movimentos de massa. Isso ocorre em função da redução do atrito interno do material sólido quando em ocasiões de sua saturação, promovendo uma lubrificação dele, que permite, assim, uma movimentação facilitada de partículas, blocos ou planos de acamamento. Além disso, o peso adicional que o líquido acrescenta ao talude pode ser o suficiente causa desestabilizá-lo (PRESS et al., 2008; WICANDER et al., 2009; GERSCOVICH, 2012). De acordo com o exposto por Wicander et al. (2009), essa redução do atrito tende a ocorrer mais frequentemente em materiais de natureza argilosa, dada a grande capacidade retentiva de água e posterior compactação, o que faz com que as camadas associadas a tal material sejam, geralmente, as mais escorregadias. Porém, deve-se ressaltar que o conteúdo hídrico presente no terreno é um fator que frequentemente encontra-se combinado a outros, responsáveis pela maior ou menor instabilização do talude, em razão das fases e caminhos percorridos pela água dentro do seu sistema de circulação no meio ambiente. Nesse sentido, a existência e a densidade da cobertura vegetal local, além da declividade e natureza dos materiais são alguns

exemplos, dada a influência que exercem no ciclo hidrológico (BRAGA, 2005; TUCCI et al., 2006; PRESS et al., 2008; GERSCOVICH, 2012).

Outro fator, o uso e ocupação do solo, conforme salientam Highland et al. (2008) e Camargo (2015), a apropriação do relevo pelo ser humano e o avanço das várias formas de uso e ocupação do solo faz com que o fenômeno da movimentação de massa não somente seja acelerado, como potencializado em áreas já naturalmente susceptíveis, da mesma forma que pode promover uma desestabilização de taludes outrora estáveis. O histórico de ocupação e urbanização do Brasil mostra que, ao longo das décadas, inúmeras cidades consolidaram-se a partir de pequenos núcleos situados em locais caracterizados por uma geomorfologia favorável à deflagração de tais desastres, tais como áreas de elevada declividade e as faixas marginais de proteção de cursos d'água. A maioria dos municípios inseridos ao longo da Serra do Mar e de seus contrafortes, assim como aqueles localizados em outras regiões serranas do país exemplificam esse fato (WIGGERS, 2013).

De acordo com Farah (2003), essa tendência à urbanização em encostas já podia ser observada desde os tempos do Brasil colonial, após a chegada dos portugueses, que traziam consigo a tradição vinda da Idade Média de escolher sítios de grande elevação para fins militares de defesa do território.

Embora o hábito, em partes, tenha se mantido em algumas regiões da Europa ao longo dos séculos em razão da sua funcionalidade por diferentes motivos, gerou, para o Brasil, grandes problemas socioambientais e econômicos que se alastraram durante o desenvolvimento das cidades, em razão das diferenças geológicas e pedológicas relacionadas às encostas brasileiras (FARAH, 2013).

Seja como for, é notório que as ações antrópicas vêm, a um ritmo crescente, alterando as condições naturais das encostas em razão do crescimento demasiado da população e a falta de zoneamento adequado, culminando assim na modificação das condições de equilíbrio existentes diretamente relacionadas ao talude, tanto pela realização de cortes para construções residenciais e abertura de estradas, quanto pela alteração na geometria e acréscimo de carga nos mesmos (BRASIL, 2007a).

### **Movimentos de Massa no Brasil e na Região Serrana**

Como já salientado, um dos tipos de desastres naturais de maior incidência no Brasil são os movimentos gravitacionais de massa, em decorrência, principalmente, da urbanização e intervenção em áreas de fragilidade ambiental. De acordo com a Pesquisa de Informações Básicas Municipais do IBGE - Munic 2013, somente nos cinco anteriores a data de referência do trabalho, 895 municípios foram atingidos por movimentos de massa de solos, rochas ou detritos localizados em morros, taludes e encostas. Destes, aqueles com áreas de taludes sujeitas ao deslocamento de material e com ocupações irregulares concentraram 48% dos eventos desta natureza. Em tais movimentos de massa, as principais causas detectadas no que se relaciona ao seu desencadeamento consistiram na infiltração da água das chuvas em conjunto com alterações das características naturais do relevo, tais como cortes para construção de habitações e rodovias, o que justifica o fato de que, considerando-se o universo amostral do trabalho, aquelas com maior número de habitantes foram as mais atingidas. Nesse contexto, destaca-se o sudeste do país,

onde há registro de, pelo menos, 361 municípios com área de taludes instáveis afetados por desastres, sendo considerada a região de maior incidência do fenômeno de movimentação de massa, incorporando 69,01%, 91,89% e 84,62% da totalização de eventos desse tipo nos anos de 2011, 2012 e 2013, respectivamente, de acordo com dados do Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (RIO DE JANEIRO, 2013; BRASIL, 2012a, 2012b, 2014).

Conforme Nery et al.<sup>2</sup> e Brasil (2014), dentre as causas dos principais desastres naturais que acometem o sudeste brasileiro estão a alta densidade demográfica dos estados que a compõe (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo), com significativa parcela populacional habitando áreas de risco, tais como encostas e zonas de inundação de corpos hídricos, e a elevada precipitação no verão, potencializadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul. Nesse cenário um dos estados que mais sofre com a problemática dos desastres naturais decorrentes de eventos climáticos extremos é o Rio de Janeiro, não somente pela grande aglomeração urbana, mais pelas características naturais do território, especialmente aquelas ligadas à Região Serrana, uma das oito regiões administrativas do estado fluminense conforme classificação feita por Rio de Janeiro (2014). Tal área compreende os municípios de Bom Jardim; Cantagalo; Carmo; Cordeiro; Duas Barras; Macuco; Nova Friburgo; Petrópolis; Santa Maria Madalena; São José do Vale do Rio Preto; São Sebastião do Alto; Sumidouro; Teresópolis; e Trajano de Moraes, sendo representada na figura 1 (RIO de JANEIRO, 2014).

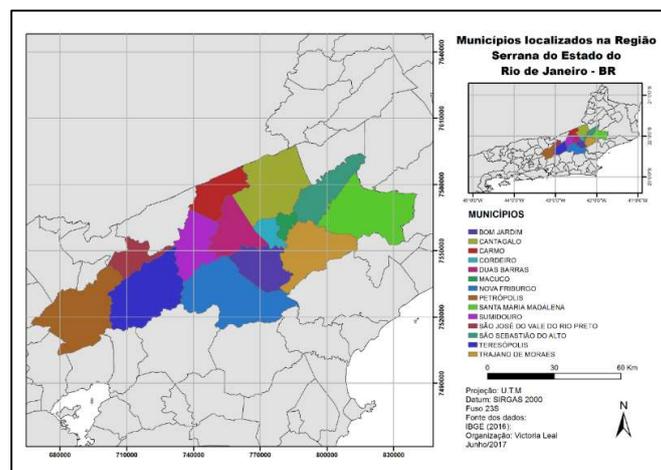
Como discorrem Busch<sup>3</sup> e Monteiro (2014), aspectos geológicos e topográficos do terreno, com vertentes de elevada inclinação formadas por rochas com fina camada de solo característicos da sua localização na Serra do Mar, juntamente com um regime de chuvas intensas, conferem a esta região um amplo histórico de desastres, intensificados pelo histórico ocupacional irregular das margens de corpos hídricos, que resultam no desmate da faixa marginal de proteção, e das encostas. De fato, somente ao considerar-se o período entre 1987 e 2011, por exemplo, há registro de oito enchentes de caráter significativo associadas ao fenômeno de movimentação de massa na região, nos anos 1987, 1988, 1999, 2000, 2003, 2007, 2008 e 2011, esta última sendo considerada por muitos, como sendo a maior tragédia climática ocorrida na história do país (MONTEIRO, 2014). Afetando diretamente 20 municípios e 90 mil pessoas, o evento popularmente conhecido como a "Tragédia" ou o "megadesastre da Região Serrana", resultou em óbito de mais de 900 pessoas, além de causar centenas de desaparecimentos e deixar mais de 30 mil cidadãos desabrigados (BANDEIRA et al., 2011; MONTEIRO, 2014). Conforme elucidado Canedo et al. (2011), tal devastação foi resultante da combinação de três eventos pluviométricos distintos: na época, a região da serra fluminense já estava passando por um período chuvoso, que foi responsável pelo encharcamento do solo por um período de oito a 10 dias, fato agravado pela incidência de chuvas pré-frontais de forte intensidade que perduraram sobre boa parte da região durante 32 horas, entre os dias 10 e 12 de janeiro e pela formação de uma *cumulus nimbus* retroalimentada por umidade proveniente da Amazônia, responsável por fortes precipitações nas áreas de cabeceiras de vales por 4,5 horas na noite de 11 para 12

<sup>2</sup> <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Climatologia/21.pdf>

<sup>3</sup> <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/328/2/A%20trag%C3%A9dia%20da%20regi%C3%A3o%20serrana%20do%20Rio%20de%20Janeiro%20em%202011%20procurando%20respostas.pdf>

de janeiro.

De acordo com Dourado et al. (2012), tal evento foi marcado pela grande quantidade e variedade de movimentos de massa deflagrados em todos os municípios da Região Serrana, concentrados, em sua maioria, nas partes mais altas das microbacias hidrográficas regionais. Diante dessa catástrofe hidrometeorológica, muitos foram os municípios que tiveram que decretar estado de calamidade pública (ECP) pela grande quantidade e variedade de movimentos de massa deflagrados, concentrados, em sua maioria, nas partes mais altas das microbacias hidrográficas regionais (BRASIL, 2012; DOURADO et al., 2012). Os mais atingidos, em função do número de vítimas geradas, foram: Nova Friburgo; Teresópolis; Petrópolis; Sumidouro; São José do Vale do Rio Preto; e Bom Jardim, na Região Serrana; além de Areal, na Região Centro-Sul do Estado. Afetados em menor escala, incluem-se ainda na lista: Santa Maria Madalena; Sapucaia; Paraíba do Sul; São Sebastião do Alto; Três Rios; Cordeiro; Carmo; Macuco; e Cantagalo (BANDEIRA et al., 2011; BRASIL, 2012).



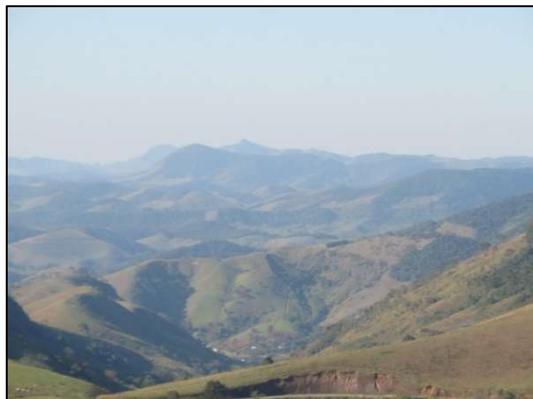
**Figura 1:** Municípios localizados na Região Serrana do Rio de Janeiro, conforme classificação da Fundação CEPERJ, 2014. **Fonte:** Rio de Janeiro (2016).

O evento que incidiu sobre a Serra foi tão violento que resultou no recobrimento de regiões inteiras por lama, no soterramento de inúmeras vítimas, destruição de centenas de estruturas residenciais e públicas, além de alteração no curso de diversos corpos hídricos, a exemplo da região do Campo Grande, em Teresópolis. Na área, 700 das 1000 casas existentes no aglomerado de risco foram danificadas ou destruídas pela corrida de detritos que incidiu sobre a microbacia hidrográfica do Córrego do Príncipe, que abrange a região<sup>3</sup> (SCHÄFFER et al., 2011). No que tange às características do relevo dos municípios que constituem área de estudo na presente pesquisa, representada no trecho Carmo-Sumidouro por meio da figura 2.

Percebe-se que todas as feições geomorfológicas continentais existentes contemplam a localidade. Mais ao sul, na cidade de Teresópolis, há predominância de serras escarpadas, classificação que diz respeito ao relevo com altitude superior a 400 metros, em função da sua proximidade da Serra dos Órgãos, relacionadas às serras isoladas e serras locais de transição, cuja faixa altitudinal varia entre 200 e 400 metros. Tais feições delimitam, nas porções sul e sudeste da cidade, a bacia hidrográfica do Piabanha, a separando da região hidrográfica da Baía de Guanabara.

As feições geomorfológicas relacionadas aos morros, cujas cotas variam de 100 a 200 metros, e colinas com altitude média entre 20 e 100 metros, podem ser vistas em maior concentração, por sua vez, na

região central, correspondendo à Sumidouro, e ao norte, no Carmo, este último apresentando ainda, maior expressão de planícies fluviais de até 20 metros à nordeste, em virtude da sua proximidade ao rio Paraíba do Sul. Tais planícies também se encontram próximas aos rios do território teresopolitano.



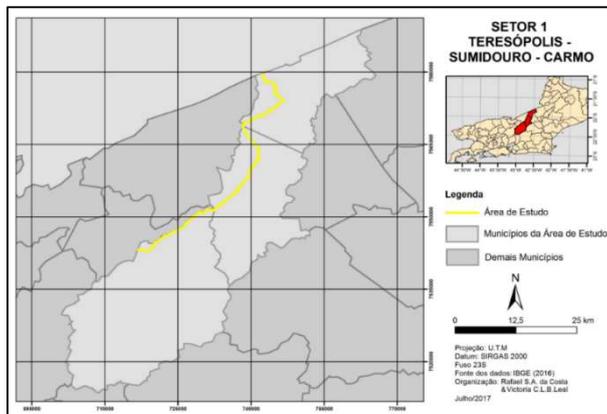
**Figura 2:** Características do relevo da área em estudo no trecho Carmo-Sumidouro, RJ. **Fonte:** Farias et al. (2013).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Análise da área de estudo e determinação dos pontos amostrais

No que concerne aos métodos empregados no estudo, primeiramente, buscou-se investigar os documentos elaborados pelo Departamento de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), e pesquisas realizadas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UERJ) e Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) em 2011, bem como o Relatório de Inspeção do Ministério do Meio Ambiente (MMA), disponibilizados para consulta em seus respectivos sites. A análise de tais estudos consistiu em parâmetro importante para a determinação dos postos-chaves no qual a vistoria e amostragem são mais relevantes em função da presença de fatores favoráveis a movimentação de massa e/ou pela ocorrência de eventos pretéritos. Desta forma, por meio da análise documental foi possível selecionar as áreas de interesse dentro do escopo das pesquisas compiladas, divididas, aqui, em Setor 1, (Figura 3), referente aos taludes de corte ao longo das vias de acesso aos municípios de Carmo, Sumidouro e Teresópolis, cuja análise foi realizada por meio do edital Forma Engenharia, e o Setor 2, (Figura 4) correspondente aos taludes naturais junto aos bairros do município de Teresópolis. Em ambos os setores buscou-se selecionar as áreas mais representativas para a coleta e estudo dos fatores estruturais do solo. No que se refere ao primeiro, foram escolhidos taludes de corte nas seguintes rodovias: RJ144 (Município de Carmo - RJ): considerada de pequena extensão, proporciona acesso intermunicipal e intramunicipal, uma vez que torna possível o acesso às áreas rurais e às pequenas localidades, desenvolvendo-se em proximidade a um curso d'água e apresentando ao longo do seu percurso, rampas e curvas acentuadas; RJ148 (Município de Sumidouro): apresenta-se com características similares a RJ144, no setor Carmo-RJ-sede do município. A partir disso, percorre terreno escarpado até o distrito de Pião; RJ156 e BR116 (Município de Teresópolis): a RJ156, com 15km, liga a localidade de Volta do Pião à sede do município de Sumidouro-RJ.

No que se refere ao Setor 2, foram selecionados taludes naturais em 11 bairros de Teresópolis dentro as áreas onde houve movimentação de massa nos períodos de intensa pluviosidade associados à Tragédia de janeiro de 2011 e, em acréscimo, as de abril de 2012, com o intuito de checar as referências sobre tal evento para, assim, realizar um reconhecimento das áreas atingidas, com a finalidade de obter documentação fotográfica. Os bairros escolhidos estão representados na figura 4.



**Figura 3:** Setor 1, correspondente as rodovias RJ144, RJ148, RJ156 e BR116 no trecho Carmo-Sumidouro-Teresópolis, RJ. **Fonte:** Adaptado de Rio de Janeiro (2016).

### Processo de Coleta e Armazenamento das Amostras

Após os procedimentos anteriores, procedeu-se uma investigação exploratória em campo para reconhecimento e determinação dos locais nos quais, posteriormente, se realizou a amostragem e a coleta de material, conforme Lemos et al. (1982, 1996). Nesta ocasião, realizou-se um levantamento fotográfico para identificação dos perfis do solo e aplicação de métodos de classificação *in situ* (BRASIL, 1988, 2006), assim como criação de acervo, de tal forma a permitir a análise de impactos ambientais relevantes<sup>4</sup>. A partir disso, foram coletadas amostras dos perfis identificados, em conformidade a metodologia da Brasil (2006). Esse procedimento foi realizado repetitivamente nas áreas de encostas de outras rodovias vicinais que compõem a malha viária na região de entorno à referida rodovia, onde há recorrência de desastres naturais no período das chuvas de 2011 e 2012, e dos bairros teresopolitanos selecionados.

As amostras obtidas foram dispostas em área coberta para secagem sob ventilação natural e peneiradas. Destas, uma parte foi, posteriormente, acondicionada em recipientes de vidro de forma representativa dos horizontes encontrados em cada local de coleta, e devidamente catalogadas. A outra parte das amostras, igualmente acondicionada e catalogada, está sendo encaminhada para análise granulométrica (BRASIL, 2006).

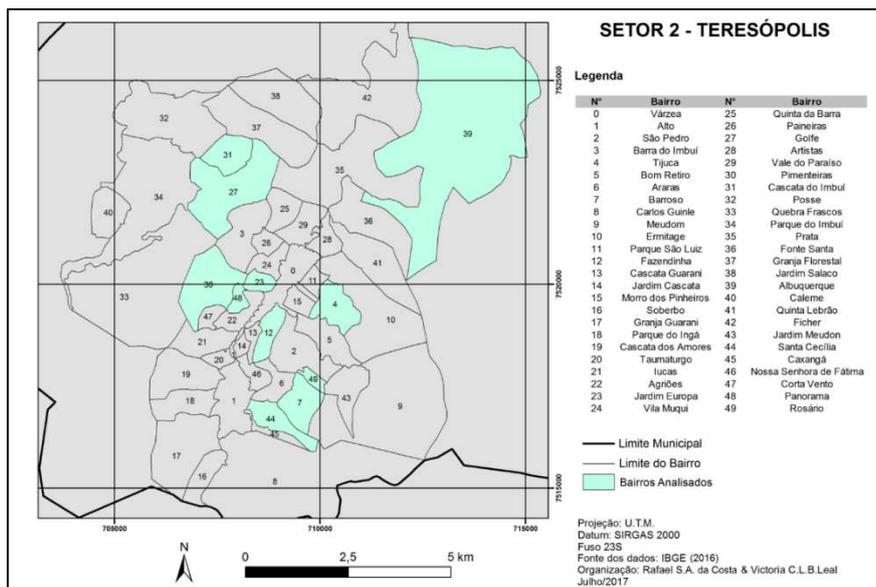
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Setor 1

Como a deflagração do fenômeno de movimentação de massa se dá, principalmente, em função da

<sup>4</sup> <https://munsell.com/color-products/color-communications-products/environmental-color-communication/munsell-soil-color-charts/>

natureza do material, da quantidade de água associada ao mesmo e da declividade da vertente, além das formas de uso e ocupação a ela associada, tais atributos foram previstos na região analisada.



**Figura 4:** Setor 2, correspondente aos bairros de Albuquerque, Barroso, Cascata do Imbuí, Fazendinha, Golfe, Jardim Europa, Panorama, Pimenteiras, Rosário, Santa Cecília e Tijuca, em Teresópolis, RJ. **Fonte:** Adaptado de Rio de Janeiro (2016).

Os impactos ambientais negativos identificados no meio físico e socioeconômico neste local foram amplamente divulgados nos estudos desenvolvidos anteriormente pelos pesquisadores do DRM-RJ, em que se indicou que, para tais áreas, em geral os solos se apresentam pouco espessos e bastante lixiviados, como Cambissolos associados à Latossolos Vermelho-Amarelo háplicos (BRASIL, 2013) (figura 5), sofrendo influência direta do clima, caracterizado por elevada umidade em decorrência da barreira física imposta ao avanço dos sistemas frontais<sup>5</sup>. Tais evidências foram confirmadas nas excursões a campo.

No que concerne ao diagnóstico realizado nos taludes de corte do trecho Carmo - Sumidouro - Teresópolis, que compõem o Setor 1, os resultados indicaram que já ocorreram movimentos de massa ao longo de algumas vertentes locais, em razão das características granulométricas das amostras de solos mostrarem-se diferenciadas, com camadas (horizontes diagnósticos) apresentando-se invertidas, além de material exposto constituído por mistura inconsolidada de areia, silte, solo e fragmentos de rocha.

Em relação a RJ144 (Carmo-RJ) especificamente, constatou-se que a rodovia corta, basicamente, o terço inferior das encostas, ou seja, em áreas de terraço a leito maior, onde, por ocasião das vazantes, o rio local que se encontra em suas proximidades, conforme mencionado anteriormente, chega a invadir. Por conta disso, há pouca movimentação de terra no local e, conseqüentemente, os taludes de cortes existentes estão, em média, em cotas entre sete a quatro metros, apesar de haver uma instabilidade natural do terreno devido às características dos solos locais.

Como é de se esperar em terrenos onde a água atua de forma direta, há evidências de processos erosivos nos taludes ao longo do trajeto rodoviário, devido à remoção da vegetação responsável pela redução

<sup>5</sup> <http://www.drm.rj.gov.br/>

do escoamento superficial e proteção do solo, e da falta de estruturas relacionadas à canalização das águas pluviais.



**Figura 5:** Taludes das áreas, características dos solos da área pesquisada. a) talude de corte entre horizonte A e B; b) talude de solo residual, encaixado na rocha matriz intemperizada; c) formação de *pipping*, na transição horizonte B e C; d) berma sobre horizonte C. **Fonte:** Farias et al. (2014).

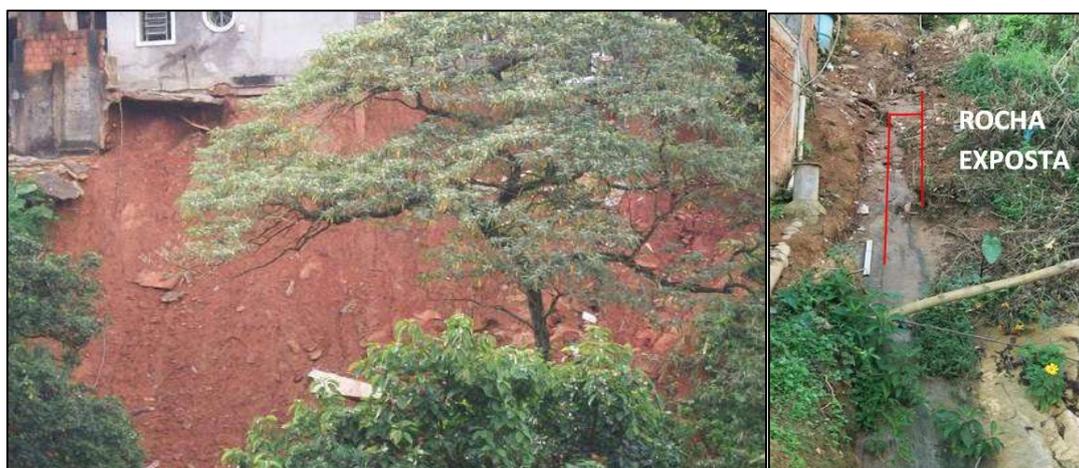
Situação semelhante é encontrada nos taludes ao longo da rodovia RJ148 (Município de Sumidouro). Neste trecho, a sinuosidade apresenta-se acentuada, com cortes, em média, entre cinco e 10 metros, tal como verificado ao longo da RJ156 e BR 116 e, os processos erosivos são pronunciados, dado que a rede de drenagem da rodovia é canalizada para áreas que, outrora, sofreram com os efeitos da erosão.

## Setor 2

Em relação aos taludes naturais dos bairros do município de Teresópolis, que constituem o Setor 2

do presente trabalho, foram verificados em algumas áreas, indícios de movimentação de massa pretéritos e/ou identificados condicionantes favoráveis ao desencadeamento de tal fenômeno em encostas com certo grau de instabilidade. Dentre os resultados mais relevantes do diagnóstico ambiental realizado, por bairro, estão:

Santa Cecília, onde foram observadas construções em área de risco iminente com grau de inclinação próximo aos 90°, sobre um solo classificado como Cambissolo Vermelho, de baixa densidade e compactação, além de instável, devido à presença de maciços rochosos e camada estreita de solo onde, em alguns pontos, a profundidade varia de 0,25 cm a 2,5 m (figura 6). Moradias nestas áreas são um indicativo da ausência de fiscalização pelo poder público local. Identificou-se ainda, construções sobre declive próximo a 45°, caracterizados por solos pouco profundos e extensa formação rochosa abaixo. Neste local há, também, afloramento de nascentes (figura 6).



**Figura 6:** Talude com grau de inclinação próximo aos 90°, à esquerda; Rocha exposta em terreno de declividade de, aproximadamente, 45°, à direita. **Fonte:** Farias et al. (2014).

Albuquerque em que se observou em meio a Rodovia Doutor Rogério de Moura Estevão, km 7,5 - BR 116 (Teresópolis-Nova Friburgo), afloramento de rocha-matriz, em estado rígido na base do talude, porém fortemente intemperizada nos primeiros metros de altura, dando origem a solos residuais de caráter arenoso (figura 7). No local, realizaram-se obras de reparo na rodovia objetivando a ampliação e posicionamento de área de acostamento, onde foram acrescentadas estruturas de canalização das águas pluviais, em função da existência de nascentes na referida via. Foi identificada, ainda, presença de vegetação secundária, assim como áreas destinadas à exploração agrícola e, pela topografia característica, remanescentes de Mata Atlântica. No que tange ao solo, constatou-se a presença de solo Argiloso Vermelho nos trechos de mata preservada, além de Vermelho-Amarelo nos locais de vegetação tipo "pastagem".

Rosário, conhecido como bairro por grande parte da população teresopolitana, mas consistindo, por classificação, de aglomerado subnormal situado em São Pedro, é local onde é possível encontrar taludes onde, outrora, ocorreram movimentos de massa, sobretudo com as precipitações ocorridas em 06 de abril de 2012, que promoveu o deslizamento de grande parte da camada constituinte de solo e exposição da rocha-matriz em certos pontos, tal como se visualiza na figura 7, em que o solo local é pouco profundo, por comparação da área de rocha matriz com a de cobertura vegetal intacta.



**Figura 7:** Afloramento da rocha-matriz e formação de solo residual em Albuquerque – Teresópolis, vista lateral. **Fonte:** Farias et al. (2014).

Barroso que, conforme amostra do perfil de solo encontrado em talude no bairro, próximo à via pública, onde já foram registrados deslizamentos, o solo exposto apresenta Horizonte A Antrópico, de acordo com o disposto pela Brasil (2006) e registrado na figura 8.



**Figura 7:** Afloramento da rocha-matriz e formação de solo residual em Albuquerque – Teresópolis, vista lateral. **Fonte:** Farias et al. (2014).

Bairro Golfe em que nos taludes foi verificada a presença de solo pouco profundo sobre rocha de natureza granítica, embora de aspecto poroso e desagregante ao contato, indicativos de fortes processos de intemperização no local e formação de solo residual. Presença de vegetação densa, provavelmente remanescente da Mata Atlântica (figura 9).

Cascata do Imbuí com a presença de talude formado a partir de escorregamento de extensa área de massa superficial, no qual foi possível identificar o solo com características de Cambissolo Vermelho-Amarelo, de aspecto arenoso e composto por pequenas quantidades de pedregulhos da formação rochosa, altamente intemperizada (solo residual).

Em Tijuca, foi analisado um talude que margeia uma das vias públicas locais, onde foi verificada a recorrência de movimentos de massa em área urbanizada. As ações intervenientes observadas consistem apenas da remoção do material carreado para a via, não havendo indícios de realização de obras voltadas a contenção da encosta (figura 10).



**Figura 9:** Solo pouco profundo sobre rocha granítica e vegetação densa, no Golfe. **Fonte:** Farias et al. (2014).

Em Fazendinha, o talude localizado na Rua Jaguaribe, onde foi observado solo vermelho-amarelo, sob vegetação predominantemente formada por eucaliptos e bambus, em terreno com inclinação correspondente a, aproximadamente, 45° e sem a presença de dreno pluvial adequado.



**Figura 10:** Talude próximo às vias públicas, onde há recorrência de movimentos de massa. **Fonte:** Farias et al. (2014).

Em Panorama, o talude localizado em tal bairro foi observado os três horizontes diferentes ao perfil do solo local. No entanto, ele está passando pelo processo de corte para dar lugar à construção residencial. Em função da presença de mata nativa abundante nos taludes das ruas Djalma Monteiro e Professora Carmem Gomes, nos bairros Jardim Europa e Pimenteiras, respectivamente, não foi possível determinar as características do solo quanto ao seu perfil, embora o diagnóstico ambiental realizado mostre que a susceptibilidade à movimentação de massa apontada durante a fase de levantamento das áreas de risco provavelmente está relacionada à sua estrutura e à da rocha, visto a ausência de cortes nas encostas e construções ao longo das vertentes.

De fato, como visualizado na maior parte dos taludes analisados, as características geológicas e do solo quanto a sua estrutura e profundidade constituem-se de fatores condicionantes a sua instabilizações, como pôde ser visualizado pelos remanescentes de Mata Atlântica que, mesmo constituindo-se de camada protetora aos efeitos pluviométricos, desfragmentam sob ação dos deslizamentos como se não possuíssem resistência basal e suporte vegetativo. Desta forma, embora haja algumas exceções, a antropização dessas áreas tende a potencializar o efeito desses agentes, de forma a tornar mais provável e recorrente a deflagração dos movimentos de massa nesses locais. Nesse sentido, similaridades foram observadas durante as idas a campo realizadas quanto à natureza dessa urbanização, tais como alta densidade demográfica em

áreas limitadas pela topografia e baixa renda econômica, associada a elevados índices de favelização.

Grande parte da população desses locais reside em zonas de APP, especialmente em topos de morro e encostas com declividade superior a 45°, além de áreas próximas a Faixa Marginal de Proteção (FMP), altamente susceptíveis a corridas de massa e queda de blocos, conforme a Carta de Risco<sup>3</sup>. Além disso, tais construções ocorrem sem qualquer tipo de parecer legal proporcionado por técnico capacitado e sem quaisquer intervenções por parte da administração pública local, seja para evitar a antropização dessas zonas consideradas de risco iminente, quanto para o remanejamento da população ali residente para locais seguros, salvo situações altamente catastróficas, como aquela proporcionada pela tragédia de 2011. Mesmo assim, tais ações, além de tardias pelo simples fato de que o evento em si já ocorreu, são demoradas e tendem a envolver apenas parte da população de determinado local, não eliminando o risco completamente.

Esse cenário, por si só, é motivo de grande preocupação, uma vez que este processo de antropização de locais impróprios para habitação vem se intensificando ao longo dos anos, pondo em risco um percentual elevado da população situada nestes locais. Obras de engenharia relacionadas à recuperação, contenção ou reparação dos taludes por parte do poder público onde outrora ocorrem movimentos de massa mostram-se incipientes, boa parte dá-se pelo esforço dos moradores remanescentes de tais áreas, em uma tentativa de preservar seu próprio patrimônio e garantir alguma segurança.

Por fim, destacam-se ainda os seguintes impactos ambientais verificados por meio do diagnóstico realizado:

a) impacto visual, quando do acúmulo de solo devido aos deslizamentos; b) depreciação da qualidade paisagística, decorrente dos movimentos gravitacionais de massa; c) afugentamento e conseqüente estresse da fauna terrestre silvestre, em virtude da geração de ruídos decorrentes da movimentação de humanos nas áreas onde outrora deflagraram-se esses desastres naturais; d) supressão das espécies vegetais nativas, não somente pelo desmatamento destinado a urbanização da área, como pela derrubada da flora terrestre quando da ocorrência de deslizamentos; e) desregularização da drenagem superficial das águas pluviais nos taludes, em função da exposição das rochas face aos movimentos de massa; f) possível redução da capacidade produtiva do sítio, pela falta de competição fitossociológica em decorrência da remoção dos solos pela ocorrência de deslocamento de material ao longo das vertentes; g) possível alteração nas atividades de decomposição da matéria orgânica do solo decorrentes da desregularização da drenagem superficial das águas pluviais; h) danos mecânicos ao banco de propágulos vegetais presentes no solo, em razão do processo de desregularização da drenagem superficial das águas pluviais nos taludes; i) aumento pontual da concentração das águas, pelo escoamento superficial a partir da desregularização da microdrenagem; j) redução da capacidade de sustentação da área, devido aos movimentos de massa e deposição de partículas carregadas; k) estreitamento da base genética das espécies vegetais nativas, pela diminuição da flora terrestre, com o processo de deslizamentos dos materiais nas encostas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os problemas associados à deflagração de movimentos de massa na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro tendem a ser recorrentes no que concerne ao histórico dos municípios localizados nessa área em

função de suas características naturais intrínsecas e da forma como se procedeu ao uso e ocupação do terreno. Porém, foi apenas a partir da devastação promovida pelas chuvas de 2011 que tal problemática foi evidenciada em âmbito nacional e internacional, mostrando a necessidade de medidas preventivas e mitigadoras do risco frente à ocorrência desses desastres. Para tanto, o estudo de tais elementos torna-se necessário para uma gestão socioambiental eficiente por parte do poder público. Por meio dos estudos realizados, pôde-se inferir que, no que concerne ao Setor 1, além da susceptibilidade a movimentação de massa apontada pelos vestígios de eventos pretéritos, há ainda, efeitos evidentes de processos erosivos sobre o solo, tais como a formação de sulcos, que evoluem em profundidade à medida que o tempo passa, em função da falta de medidas de controle, como o uso de drenos pluviais, por exemplo, fato verificado na maior parte dos taludes de corte.

No que concerne ao Setor 2, pelas vistorias realizadas, as características básicas do solo dos taludes do município teresopolitano estão associadas a uma baixa profundidade e afloramentos rochosos proeminentes, sobretudo por formação granítica. Nesse sentido, foram constatados indícios de associação de classes de solos Latossolos e Neossolos com Cambissolos nos bairros diagnosticados, juntamente com afloramentos de rocha, em alguns pontos, sofrendo forte intemperização, nas áreas de relevo fortemente ondulado e montanhoso. Tais aspectos, associados com elevada pluviosidade e declives acentuados, constituem-se de alguns dos fatores responsáveis pela ocorrência de movimentação de material pelas vertentes da cidade, intensificados pelas atividades antrópicas mal planejadas e executadas sob, principalmente, solos Saprolíticos e Lateríticos. No que concerne à temática, por sua vez, considerando-se os resultados alcançados para a análise do impacto ambiental, a técnica de diagnose dos solos dos taludes mostrou-se adequada, mediante certos cuidados na seleção dos mesmos, tendo em vista que muitos desses apresentavam reminiscências de deslizamentos anteriores, o que pode inviabilizar a classificação do solo local. No presente trabalho, buscou-se a identificação tátil-visual dos solos, que consiste em uma análise baseada no tato e na visão, sendo apenas uma verificação primária utilizada para eliminar os taludes com horizontes invertidos (movimento de massa pretérito).

Uma proposta de mapeamento dos perfis de solo das vertentes e sua classificação quanto à estrutura são necessárias para a setorização das áreas, principalmente, nas consideradas urbanizáveis pelos documentos de políticas públicas municipais.

Constantes acompanhamentos em campo para monitoramento desses taludes faz-se necessário nos municípios da região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Ao mesmo tempo que outras medidas são importantes para que não ocorra perdas de vida, como a elaboração de políticas públicas de análise do risco ambiental iminente das encostas, de maneira a avaliar outros fatores de influência no que concerne à temática, de forma a proteger tais áreas de práticas de assentamentos urbanos precários ou urbanizáveis, conforme ocorre ao longo da história dessas cidades pelo poder público local.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T.. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 9 ed. Rio de Janeiro:

Bertrand Brasil, 2013.

- BANDEIRA, R. A. M.; CAMPOS, V. B. G.; BANDEIRA, A. P. F.. Uma visão logística de atendimento à população atingida por desastre natural. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 25. **Anais**. Belo Horizonte, MG: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2011.
- BESSA, G.. **Análise da suscetibilidade de ocorrência de quedas de blocos e escorregamentos de solo no Morro da Mariquinha, SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- BRAGA, R. A. P.. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí (SP)**. Tese (Doutorado em Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- BRASIL. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1988.
- BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.
- BRASIL. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais**. Brasília: MC, 2006.
- BRASIL. **Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007a.
- BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007b.
- BRASIL. **Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro: janeiro de 2011**. Brasília: Banco Mundial, 2012.
- BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012**. Brasília: MIN, 2012a.
- BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2011**. Brasília: MIN, 2012b.
- BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013.
- BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013**. Brasília: MIN, 2014.
- CAMARGO, L. P.. **Análise integrada do meio físico dos ribeirões Braço Serafim e Máximo com ênfase nas áreas de fragilidade estrutural, Luís Alves (SC)**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- CAMPOS, L. C.. **Proposta de reanálise do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte - Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- CANEDO, P.; EHRLICH, M.; LACERDA, W. A.. **Chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro: Sugestões para ações de engenharia e planejamento**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2011.
- DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. P.. Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, v.21, n.1, p.91-104, 2002.
- DOURADO, F.; ARRAES, T. C.; SILVA, M. F. E.. 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**, v.35, p.43-54, 2012.
- FARAH, F.. **Habitação e encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.
- FARIAS, C. A.; SILVA, A. J. R.; DOMINGUES, T. A. S.; SOUZA, A. N.; ROSA, D. A. C.; RODRIGUES, K. M. L.; CURTY, T. A.. Diagnóstico estrutural dos solos nos taludes das rodovias da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. Trecho: Carmo - Sumidouro - Teresópolis. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL, 2. **Anais**. Rhode Island: University of Rhode Island, 2014.
- GERSCOVICH, D. M. S.. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P.. **O manual de deslizamento: Um guia para a compreensão de deslizamentos**. Reston: US Geological Survey, 2008.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V. GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M.. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D.. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2 ed. Campinas: SBCS, 1982.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D.. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.
- LIMA, A. F.. **Comportamento geomecânico e análise de estabilidade de uma encosta da formação barreiras na área urbana da cidade do Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.
- MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T.. Avaliação da susceptibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em Sistemas de Informações Geográficas. **Geologia USP**, v.6, n.1, p.41-52, 2006.
- MONTEIRO, J. M. G.. **Lições aprendidas sobre como enfrentar os efeitos de eventos hidrometeorológicos extremos em sistemas agrícolas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.
- MONTEIRO, J. B.; PINHEIRO, D. R. C.; MELLO, N. G. S.; ZANELLA, M. E.. Discussão dos desastres naturais: uma contribuição para a gestão de áreas de risco. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16. **Anais**. Porto Alegre: AGB, 2010.

NOGUEIRA, C. W.; GONÇALVES, M. B.. **A logística humanitária: apontamentos e a perspectiva da cadeia de assistência humanitária.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29. Salvador: ABEPRO, 2009.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H.. **Para entender a Terra.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

RIO DE JANEIRO. **Estado do Rio de Janeiro: Regiões de governo e municípios.** Rio de Janeiro: Fundação CEPERJ, 2014.

RIO DE JANEIRO. **Perfil dos municípios brasileiros 2013.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

RIO DE JANEIRO. **RJ Municípios.** Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

SCHÄFFER, W. B.; REIS, R. M.; AQUINO, L. C. S.. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco: O que uma coisa tem a ver com a outra?: Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro.** Brasília: MMA, 2011.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.. **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A.. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** Brasília: MMA, 2006.

UNISDR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Poverty & Death: disaster mortality 1996-2015.** Geneva: 2016.

WICANDER, R.; MONROE, J. S.. **Fundamentos de geologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2009.

WIGGERS, M. M.. **Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS).** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

WOLLE, C. M.. **Taludes Naturais: mecanismos de estabilização e critérios de segurança.** Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157785711615672321/>