

A segurança geológica como gargalo para a infraestrutura, transportes e habitação nas cidades diante das mudanças climáticas

Geological Security as a bottleneck for infrastructure, transport and housing in cities in the face of climate change

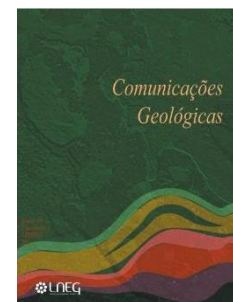
I. R. Rodrigues^{1*}, A. C. D. Dutra², A. C. Santos¹

DOI: <https://doi.org/10.34637/n0w4-km77>

Recebido em 24/06/2025 / Aceite em 26/01/2026

Publicado online em fevereiro de 2026

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original
Original article

Resumo: As mudanças climáticas têm ampliado a ocorrência de eventos extremos, como chuvas intensas, deslizamentos e inundações, afetando principalmente áreas urbanas e infraestruturas vulneráveis. Este artigo discute a segurança geológica como um dos principais gargalos na sustentabilidade das cidades brasileiras, impactando diretamente os setores de infraestrutura, transportes e habitação. A partir de uma abordagem analítico-interpretativa e revisão bibliográfica, analisam-se os entraves técnicos, institucionais e sociais que dificultam a prevenção de desastres. Os resultados indicam que a ausência de mapeamentos de risco atualizados, a falta de comunicação com as comunidades e a integração entre os setores dificultam a implementação de ações preventivas. Ressalta-se que, diante dos eventos extremos, é comum que as rotas de acesso e evacuação sejam obstruídas, comprometendo a resposta a emergências. Conclui-se que a integração entre conhecimento geocientífico, planejamento urbano e participação comunitária é fundamental para fortalecer a resiliência urbana.

Palavras-chave: Risco geológico, infraestrutura, mudanças climáticas, vulnerabilidade urbana, resiliência territorial.

Abstract: Climate change has increased the frequency of extreme events such as heavy rains, landslides, and floods, primarily affecting vulnerable urban areas. This paper discusses geological safety as one of the main bottlenecks in the sustainability of Brazilian cities, directly impacting infrastructure, transport, and housing sectors. Using an analytical-interpretative approach and literature review, this study analyzes the technical, institutional, and social barriers that hinder disaster prevention. Results indicate that the lack of updated risk maps, insufficient communication with communities, and disconnection between government sectors hinder the implementation of preventive actions. It is also highlighted that, during extreme events, access and evacuation routes are often blocked, making emergency responses difficult. The study concludes that the integration of geoscientific knowledge, urban planning, and community participation is essential to strengthen urban resilience.

Keywords: Geological risk, infrastructure, climate change, urban vulnerability, territorial resilience.

1. Introdução

As cidades brasileiras enfrentam um dilema estrutural: como crescer em um território marcado por instabilidades geológicas e desigualdades territoriais em meio ao agravamento das mudanças climáticas? O avanço da urbanização sobre áreas ambientalmente frágeis, como encostas e margens de rios, tem exposto milhões de pessoas a riscos cada vez mais frequentes e letais, como escorregamentos, enchentes e alagamentos (Marandola Jr. e Hogan, 2015; IPCC, 2022). A segurança geológica é a capacidade de prever, monitorar e mitigar riscos associados ao terreno e tornou-se um gargalo crítico para a infraestrutura, os transportes e a habitação urbana. Isso ocorre porque muitas obras públicas de médio e grande porte, como túneis, rodovias e viadutos, são instaladas em terrenos instáveis ou contribuem para sua instabilização ao modificar o meio físico (Fernandes *et al.*, 2004; Vieira e Amaral, 2020). Historicamente, a expansão urbana brasileira foi marcada pela ausência de políticas fundiárias integradas, fazendo com que populações vulneráveis ocupassem áreas de risco, gerando um modelo de urbanização excludente (Corrêa, 1995; Santos, 2002). Os riscos, portanto, não são apenas naturais, são socialmente produzidos e territorialmente concentrados.

As geociências contribuem com métodos técnicos para identificação e classificação de riscos. Duas abordagens se destacam: a técnica, baseada em modelos quantitativos e indicadores físicos, e a humanista, que considera o risco como uma construção social vinculada à percepção, à vulnerabilidade e à desigualdade (Wisner *et al.*, 2004; Medeiros, 2014).

No entanto, os produtos gerados, como mapas e laudos, muitas vezes têm pouca aplicabilidade para a gestão pública local. Há uma desconexão entre o conhecimento técnico e a realidade do território, o que compromete a eficácia dos instrumentos de prevenção (Souza, 2022; Melo *et al.*, 2021).

Este artigo busca analisar a segurança geológica como uma barreira à sustentabilidade urbana no Brasil, à luz de casos concretos e das falhas institucionais que afetam os instrumentos de mapeamento e resposta ao risco.

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, Bloco F, 4º andar (Sala 4043), Maracanã, CEP 20550-013, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Rua Buarque de Macedo, 128, Morin, CEP 25625-073, Petrópolis, RJ, Brasil.

* Autor correspondente / Corresponding author: irgeologia@gmail.com

2. Desenvolvimento

A pesquisa adotou uma abordagem metodológica híbrida, combinando procedimentos técnico-científicos tradicionais das Geociências com instrumentos participativos e socioculturais voltados à compreensão ampliada do risco. Essa estrutura permitiu integrar dimensões físicas, sociais e culturais do território, alinhando-se ao entendimento contemporâneo de risco como fenômeno multidimensional (Wisner *et al.*, 2004; UNDRR, 2019).

2.1. Procedimentos técnicos

Os procedimentos técnico-geocientíficos concentraram-se na caracterização das condições físico-ambientais e na identificação de fatores condicionantes e desencadeantes de instabilidade em áreas adjacentes a rodovias. As etapas incluíram:

2.1.1. Levantamento de campo e mapeamento de feições de instabilidade

Foram realizadas inspeções sistemáticas ao longo de trechos selecionados da rodovia para identificação, caracterização e registro de feições indicativas de processos de instabilidade, tais como escorregamentos, trincas, blocos instáveis, erosão, intervenções antrópicas e deficiências de drenagem. Os dados foram registrados por meio de observação direta, georreferenciamento e documentação fotográfica, fornecendo insumos para o diagnóstico inicial.

2.1.2. Análise geológico-geotécnica do meio físico

A análise integrou informações referentes a litologia, características dos solos, declividade, cobertura vegetal e uso e ocupação do solo, articuladas à identificação de condicionantes naturais e antrópicos de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. Esse diagnóstico permitiu compreender interações entre as características físico-territoriais e a manifestação de processos de instabilidade.

2.1.3. Levantamento do histórico de eventos

Foi realizada revisão de registros de ocorrências anteriores de instabilidade e interrupções viárias, a partir de bases técnicas, relatórios institucionais, notícias e literatura científica. A sistematização histórica subsidiou a identificação de padrões recorrentes, gatilhos e áreas críticas, ampliando a compreensão sobre a dinâmica do risco ao longo do tempo.

2.1.4. Visitas técnicas com agentes institucionais

As atividades de campo foram complementadas por visitas acompanhadas por profissionais de órgãos responsáveis pela gestão de risco e infraestrutura viária, como equipes de Defesa Civil e/ou concessionárias. Essa etapa permitiu compreender protocolos, práticas de monitoramento, critérios técnicos de intervenção e barreiras operacionais enfrentadas na implementação de medidas preventivas.

2.2. Procedimentos Sociais Participativos

Reconhecendo o papel central das populações locais na construção da resiliência e na validação social das medidas preventivas, a metodologia incorporou técnicas qualitativas de aproximação comunitária.

2.2.1. Entrevistas abertas com moradores e usuários da rodovia

Foram realizadas 10 entrevistas abertas semiestruturadas com moradores e usuários frequentes do entorno da rodovia, selecionados a partir de critérios de permanência territorial, frequência de uso da via e exposição direta a áreas suscetíveis a instabilidades de encosta. As entrevistas ocorreram ao longo do trabalho de campo, em diferentes pontos do trecho analisado, buscando contemplar diversidade de perfis socioespaciais e experiências prévias com eventos adversos. Os entrevistados incluíram residentes locais (70%), trabalhadores que utilizam a rodovia diariamente (20%) e usuários eventuais (10%), com tempo médio de vínculo com a área de 19 anos, variando entre 18 e 75 anos. Essa predominância de moradores permanentes contribuiu para o acesso a narrativas fortemente ancoradas na memória territorial e na observação continuada das dinâmicas ambientais e infraestruturais da rodovia. As entrevistas foram conduzidas a partir de um roteiro-base flexível, estruturado em eixos temáticos previamente definidos, garantindo padronização analítica e comparabilidade dos dados, sem restringir a livre expressão dos entrevistados. Os principais eixos abordados foram:

- (i) percepção de risco associada às chuvas intensas e instabilidades de encosta;
- (ii) memória de eventos passados e impactos vivenciados;
- (iii) identificação de áreas consideradas seguras e rotas de fuga;
- (iv) estratégias empíricas de prevenção e resposta adotadas pela população;
- (v) relação entre moradores, usuários da rodovia e o poder público.

A análise das narrativas evidenciou que 80% dos entrevistados percebem, de alguma forma, a rodovia como área de risco elevado durante períodos chuvosos, associando principalmente a ocorrência de deslizamentos, quedas de barreira e interrupções do tráfego. A vivência direta ou memória de eventos críticos anteriores esteve presente em 90% das entrevistas, com relatos recorrentes de bloqueios prolongados da via, prejuízos materiais, dificuldades de mobilidade e sensação de vulnerabilidade durante episódios de chuva intensa.

No que se refere às estratégias empíricas de prevenção, 60% dos entrevistados relataram não saber quais medidas devem adotar durante a chuva. Apenas 10% declararam confiar plenamente em ações preventivas do poder público, enquanto 50% apontaram ausência ou insuficiência de comunicação institucional, especialmente no que diz respeito à emissão de alertas prévios, sinalização de risco e orientações claras em situações de emergência.

Esses resultados reforçam a centralidade do conhecimento local na interpretação do risco e na construção de práticas adaptativas cotidianas, alinhando-se à literatura sobre percepção cultural do risco, que destaca a influência das experiências vividas e dos contextos socioterritoriais na forma como os indivíduos avaliam ameaças e tomam decisões (Douglas e Wildavsky, 1982).

A elevada proporção de entrevistados com vivência direta de eventos anteriores evidencia que a percepção de risco observada é construída a partir de experiências concretas e recorrentes. A leitura estatística, na tabela 1, associada à análise qualitativa das narrativas, revela um descompasso entre o conhecimento empírico local e a efetividade percebida das ações institucionais, reforçando a necessidade de integrar sistematicamente as populações residentes aos processos de gestão do risco, comunicação preventiva e planejamento de medidas de resiliência em áreas rodoviárias suscetíveis a instabilidades geodinâmicas.

Tabela 1. Síntese estatística das respostas obtidas nas entrevistas (n = 10).

Table 1. Statistical summary of responses obtained in the interviews (n = 10).

Categoria analisada	Resposta predominante	Frequência (%)
Perfil dos entrevistados – residentes locais	Sim	70
Perfil dos entrevistados – trabalhadores da rodovia	Sim	20
Perfil dos entrevistados – usuários eventuais	Sim	10
Percepção de risco elevado na rodovia	Sim	80
Vivência ou memória de eventos anteriores	Sim	90
Identificação de rotas de fuga claras	Não	60
Adoção de estratégias empíricas de prevenção	Sim	60
Confiança nas ações do poder público	Baixa	50
Recebimento de alertas oficiais prévios	Não	70
Uso da rodovia durante chuvas intensas	Evita	60

2.2.2. Escuta ativa comunitária

A escuta ativa foi aplicada como instrumento de diálogo horizontal voltado à integração entre saber técnico e saber comunitário. Valorizou-se a escuta qualificada, com foco na compreensão das experiências, vulnerabilidades, práticas locais de enfrentamento e expectativas da população em relação às ações de prevenção.

2.2.3 Observação participante

Foram realizadas visitas ao território em diferentes momentos e contextos, buscando observar interações sociais, dinâmicas de circulação, uso do espaço e comportamentos associados à gestão cotidiana do risco. Essa técnica complementou a investigação ao captar dimensões simbólicas, culturais e práticas informais de segurança.

2.3. Eixo metodológico inovador: cultura e comunicação do risco

Como diferencial metodológico, foi incorporado à pesquisa um eixo específico voltado à cultura e à comunicação do risco, operacionalizado de forma transversal às demais etapas do trabalho de campo e análise. Esse eixo foi concebido como um instrumento analítico-aplicado, destinado a integrar os parâmetros sociais definidos no item 2.2 à abordagem metodológica, assegurando sua incorporação concreta e sistemática.

A operacionalização desse eixo ocorreu por meio de três procedimentos principais:

- (i) escuta qualificada das narrativas locais, realizada durante as entrevistas abertas, com registro de expressões simbólicas, metáforas recorrentes, memórias coletivas de eventos extremos e formas locais de nomear o risco;
- (ii) análise das práticas comunicacionais comunitárias, incluindo circulação de informações por redes informais, lideranças locais, grupos de mensagens instantâneas e outros meios de comunicação utilizados no cotidiano;
- (iii) observação participante em contextos de pós-desastre e reconstrução, permitindo identificar como valores culturais, identidade territorial e experiências compartilhadas influenciam a percepção, a aceitação e a resposta ao risco.

Os parâmetros sociais apresentados no item 2.2, referentes às dimensões sociocultural, socioespacial e relacional, foram

utilizados como categorias analíticas orientadoras para a interpretação dos dados coletados, funcionando como critérios de leitura das narrativas e práticas observadas. Dessa forma, aspectos como pertencimento territorial, confiança nas instituições, memória de eventos passados, redes de apoio e repertórios culturais foram incorporados à análise de risco de maneira estruturada e replicável.

A comunicação do risco foi, assim, tratada não apenas como difusão de informações técnicas, mas como um processo sociocultural situado, mediado por linguagens, símbolos e referências locais, cuja compreensão é fundamental para o fortalecimento da resiliência comunitária. Essa abordagem dialoga com a literatura sobre representações sociais e percepção do risco (Jovchelovitch, 2008; Slovic, 2000) e permite sua aplicação em outros contextos territoriais com características socioambientais semelhantes.

2.4. Síntese da abordagem metodológica

A articulação entre os métodos técnicos, participativos e culturais foi realizada de forma sequencial, complementar e iterativa, permitindo a construção progressiva do diagnóstico de risco geológico em áreas associadas a rodovias. Inicialmente, os métodos técnicos forneceram a base de caracterização físico-ambiental do território, por meio da análise geológica, geomorfológica, hidrológica e da identificação de setores suscetíveis a instabilidades, estabelecendo o quadro preliminar de perigo.

Na sequência, os métodos participativos foram incorporados para qualificar esse diagnóstico inicial, por meio da escuta ativa de moradores e usuários da rodovia, possibilitando a validação em campo das áreas mapeadas, a identificação de eventos não registrados em bases oficiais e o reconhecimento de rotas de fuga, pontos críticos e áreas percebidas como seguras. Esse procedimento permitiu ajustar e refinar a leitura técnica do território à luz das experiências locais.

Paralelamente, os métodos culturais e comunicacionais atuaram como eixo transversal, orientando a interpretação das narrativas, práticas e formas de organização comunitária observadas ao longo do trabalho de campo. Esses métodos permitiram compreender como o risco é socialmente representado, comunicado e incorporado ao cotidiano, influenciando comportamentos preventivos, respostas a eventos extremos e relações com a infraestrutura rodoviária.

A integração entre esses três conjuntos metodológicos ocorreu por meio da triangulação dos dados, na qual informações técnicas, relatos participativos e elementos culturais foram analisados de forma articulada, permitindo a construção de um diagnóstico que considera simultaneamente as dimensões física, social e simbólica do risco.

Essa estratégia resultou em análises mais robustas e socialmente aderentes, alinhadas às recomendações internacionais de abordagens interdisciplinares para a redução do risco de desastres (Lavell e Maskrey, 2014; UNDRR, 2019).

3. Resultados e discussões

A literatura científica tem evidenciado que o planejamento urbano brasileiro historicamente negligencia o componente geológico do território, traçando caminhos por relevos que antes eram morros. De acordo com Marandola Jr. e Hogan (2015), a vulnerabilidade urbana resulta não apenas da precariedade física, mas da combinação de fatores sociais, institucionais e ambientais que tornam certos grupos mais expostos aos riscos. Essa exposição é agravada pela ausência de políticas públicas integradas entre os setores de defesa civil, habitação, transporte e meio ambiente.

Segundo Cunha *et al.* (2018), a ocupação desordenada de áreas de encosta, aliada à ausência de mapeamentos de risco geológico atualizados nas cidades e periferias, amplia o potencial destrutivo dos eventos extremos, tornando-se verdadeiros desastres, seja pela perda de vidas ou prejuízos financeiros. Os autores alertam que, mesmo com a crescente produção de conhecimento técnico sobre risco, há um descompasso entre a ciência produzida e sua aplicação na formulação de políticas públicas. Essa lacuna resulta em medidas emergenciais em vez de ações preventivas e estruturais.

A Lei nº 14.750/2023 atualiza a Lei n.º 12.608/2012 e estabelece diretrizes para a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, destacando a importância da prevenção e da articulação intersetorial (BRASIL, 2023). Contudo, observa-se que sua aplicação ainda encontra entraves operacionais, como falta de recursos e baixa capacidade técnica dos municípios para implementar planos de contingência eficazes.

Durante eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, as rotas de acesso e evacuação frequentemente são bloqueadas por deslizamentos ou por alagamentos, o que compromete a chegada do socorro e a segurança, muitas vezes isolando uma população local (IPEA, 2021). A ausência de sistemas de monitoramento e de comunicação adaptados à realidade das periferias urbanas reforça esse cenário de vulnerabilidade crônica.

Valencio *et al.* (2019) destaca a importância da percepção de risco como elemento fundamental para a construção de estratégias eficazes, entendendo que o risco não deve ser naturalizado. Quando a população não se reconhece em situação de risco ou não compreende os sinais de alerta, as ações técnicas perdem sua efetividade. Nesse sentido, o engajamento comunitário torna-se peça-chave na elaboração de políticas de mitigação.

Com base na revisão teórica e documental, observa-se que a fragilidade da segurança geológica não decorre apenas da ausência de obras estruturais, mas da insuficiência de inteligência territorial aplicada ao planejamento urbano através de medidas não-estruturais. Essa deficiência afeta diretamente a resiliência dos sistemas de transporte, a segurança de moradias e a funcionalidade das cidades frente ao agravamento das mudanças climáticas.

3.1. A urbanização e o agravamento do risco geológico

O processo de urbanização no Brasil foi historicamente impulsionado por lógicas excludentes de produção do espaço, nas quais os territórios destinados à população de baixa renda passaram a se concentrar, em grande parte, sobre áreas geologicamente instáveis ou ambientalmente frágeis, como encostas íngremes, morros e planícies de inundação.

Cidades médias e grandes expandiram-se sobre esses espaços, muitas vezes sem avaliações prévias de risco, infraestrutura de contenção ou controle hidrológico adequado, tornando-se altamente vulneráveis a desastres associados a eventos naturais intensificados pelas mudanças climáticas (Santos, 2002; Marandola Jr. e Hogan, 2015; IPCC, 2022).

Essa forma de urbanização, desconectada do conhecimento geológico e da gestão do risco, contribuiu decisivamente para a multiplicação de áreas suscetíveis a escorregamentos, alagamentos e colapsos de infraestrutura. Tal dinâmica se expressa na ocupação de fundos de vale e margens de rios por loteamentos populares e sistemas viários, frequentemente desprovidos de mecanismos eficientes de drenagem e proteção ambiental.

A canalização de cursos d'água, o aterramento de várzeas e a construção de habitações em terrenos instáveis eliminaram zonas naturais de amortecimento, ampliando significativamente os impactos de eventos extremos (Corrêa, 1995; Cunha *et al.*, 2018; Ribeiro, 2014).

As infraestruturas de transporte, como rodovias, túneis e passarelas são diretamente afetadas por essa dinâmica territorial. Obras lineares frequentemente atravessam áreas de risco sem integração efetiva com planos de uso e ocupação do solo, contribuindo para a degradação ambiental local e para a intensificação de processos de instabilidade.

Em regiões periféricas, essas infraestruturas não representam apenas vias de circulação, mas conexões vitais para o acesso à saúde, educação, trabalho e abastecimento. Quando uma estrada colapsa ou uma ponte é destruída por um escorregamento, todo o sistema de vida das comunidades do entorno é severamente comprometido (Silva e Sousa, 2021; UNDRR, 2019).

Como evidenciado por Fernandes *et al.* (2004), a conversão de áreas naturalmente instáveis em territórios urbanizados sem estudos geotécnicos e avaliações hidrológicas aprofundadas constitui uma das principais causas dos desastres recorrentes observados em cidades brasileiras. Além disso, obras de infraestrutura como cortes em encostas, taludes rodoviários e sistemas de drenagem mal dimensionados frequentemente são executadas sem diálogo com o funcionamento natural do terreno, intensificando riscos preexistentes, desencadeando escorregamentos e comprometendo o regime hídrico local. Esse padrão territorial revela um paradoxo urbano: quanto mais se tenta "dominar" o território por meio de intervenções físicas mal planejadas, maior se torna a vulnerabilidade das populações. Os efeitos são especialmente perversos nas periferias urbanas, onde a ausência de investimentos em contenção, drenagem e mapeamento de risco se soma à invisibilidade institucional e à precariedade dos serviços públicos (Marandola Jr. e Hogan, 2015; Wisner *et al.*, 2004).

Reconhecer a segurança geológica, portanto, implica compreender não apenas a estabilidade de encostas, mas o direito à permanência segura das populações em territórios vulnerabilizados e a continuidade das infraestruturas que sustentam a vida urbana.

3.2. As abordagens técnico-científica e humanista

A avaliação do risco geológico pode seguir diferentes linhas de abordagem dentro das geociências, cada uma sustentada por fundamentos epistemológicos distintos e aplicações específicas. Tradicionalmente, o risco é representado por meio de uma abordagem técnico-científica, que o define como o produto entre a ameaça (ou perigo), a vulnerabilidade e a exposição. Essa formulação de que $Risco = Perigo \times Vulnerabilidade \times Exposição$, deriva da abordagem clássica sistematizada por Varnes (1984) e amplamente incorporada a normativas técnicas e políticas públicas de gestão de risco.

Essa abordagem quantitativa é fundamental para a elaboração de mapas de risco, modelagens numéricas, cenários de colapso e definição de intervenções estruturais. Permite padronizar critérios técnicos, comparar áreas suscetíveis e subsidiar decisões de engenharia e planejamento. Contudo, como observam Fernandes *et al.* (2004) e Vieira e Amaral (2020), os produtos gerados por esse paradigma apresentam limitações quando aplicados a territórios urbanos complexos, marcados por desigualdades socioespaciais, informalidade e múltiplos usos do solo.

Em contraposição, ou, mais precisamente, como complemento emergem abordagens de base humanista, oriundas da geografia crítica, da sociologia do risco e da justiça ambiental. Essa perspectiva compreende o risco não apenas como uma medida técnica, mas como um fenômeno socialmente construído, resultante de processos históricos de exclusão, desigualdade e relações de poder. Conforme argumentam Wisner *et al.* (2004), o desastre não é produto exclusivo do evento natural, mas da

interação entre esse evento e uma população socialmente vulnerável.

Nessa perspectiva, a percepção de risco, as experiências acumuladas com eventos extremos, as estratégias cotidianas de autoproteção e a memória social dos desastres passam a ser elementos centrais para a compreensão e a gestão do risco. Estudos sobre comunicação e percepção do risco demonstram que a eficácia das medidas técnicas depende, em grande medida, de sua aceitação social e de sua capacidade de dialogar com o repertório cultural das comunidades afetadas (Slovic, 2000; Jovchelovitch, 2008; Valencio *et al.*, 2019).

Portanto, mais do que abordagens opostas, as perspectivas técnico-científica e humanista devem ser compreendidas como complementares e interdependentes. Enquanto a primeira oferece rigor analítico, modelagem e critérios objetivos, a segunda amplia o olhar para os sujeitos do risco e para os contextos sociopolíticos em que ele se manifesta. A integração entre essas leituras constitui um elemento-chave para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, socialmente justas e territorialmente sensíveis, especialmente em cenários urbanos expostos à intensificação dos eventos extremos (UNDRR, 2019; IPCC, 2022).

3.3. Estudo de caso Monsuaba – Angra dos Reis

Em abril de 2022, fortes chuvas atingiram a região de Monsuaba, em Angra dos Reis (RJ), provocando um deslizamento de terra com vítimas fatais, incluindo crianças. O desastre ocorreu em uma encosta localizada próxima à BR-101, onde já havia registros de instabilidade geotécnica e ocupação precária, conforme mostram as Figuras 1 e 2.



Figura 1. Vista panorâmica de Monsuaba cortados pela BR-101 e por deslizamentos e erosão.

Figure 1. Panoramic view of Monsuaba crossed by BR-101 and affected by landslides and erosion.

3.3.1. Caracterização geológica da área

O bairro de Monsuaba integra a Costa Verde Fluminense, marcada por relevo íngreme, litologias contrastantes e encostas fortemente dissecadas. A região apresenta taludes verticais e áreas de contato solo-rocha com elevado grau de deformação estrutural. A instalação do Estaleiro Verolme (1961) e do Terminal T-Big nas décadas seguintes atraiu fluxos migratórios intensos, com alojamentos precários e expansão de moradias em áreas instáveis.

A construção da Rodovia BR-101 (Rio–Santos) consolidou esse processo, valorizando o território sob a ótica logística e turística, mas ampliando a pressão sobre áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa. Margens da rodovia foram ocupadas sem critérios técnicos, expondo populações a riscos permanentes. A urbanização acelerada ocorreu sem o devido

acompanhamento de infraestrutura urbana, drenagem ou saneamento básico, resultando em bolsões de vulnerabilidade que ainda hoje marcam o território (Machado, 1995; Ribeiro, 2014).

A figura 3 mostra a localização da área mostrando a suscetibilidade de deslizamentos da encosta atingida que resultou nos 11 óbitos na rua Francisco Cezareo Alvim.



Figura 2. Local do desastre após a ocorrência. Vista frontal.

Figure 2. Site of the disaster after the event. Frontal view.

3.3.2. Caracterização do desastre em Monsuaba

O deslizamento foi desencadeado após chuvas extremas, com volume acumulado superior a 600 mm em menos de 48 horas (CNN Brasil, 2022), contribuindo para a deflagração de uma ruptura planar em encosta íngreme. Imagens de drones mostram acúmulo de água próximo ao topo, aterros instáveis e presença de brita e asfalto incorporados ao solo. O movimento de massa destruiu casas na Rua Professor Francisco Cezário Alvim, resultando em 11 mortes (G1, 2022).



Figura 3. Localização da área de estudo, mostrando a cicatriz de deslizamento.

Figure 3. Location of the study area showing the landslide scar area.



Figura 5. Área com evidências do passivo ambiental. 1) Área com acúmulo de água no topo da encosta; 2) degrau de abatimento da antiga área de britagem; 3) presença de asfalto e brita junto ao solo; 4) instalações da antiga usina de britagem.

Figure 5. Area showing evidence of environmental liabilities. 1) Area with water accumulation at the top of the slope; 2) subsidence step of the former crushing area; 3) presence of asphalt and gravel mixed with the soil; 4) facilities of the former crushing plant.

A resposta emergencial foi dificultada pelo isolamento de Angra, já que tanto a BR-101 quanto a RJ-155 estavam interditadas. Relatos comunitários apontaram sinais prévios de instabilidade.



Figura 4. Imagem de drone da área afetada pelo deslizamento próximo a BR-101 no Km 468, onde mostra o lago formado próximo a crista de rompimento do talude.

Figure 4. Drone image of the area affected by the landslide near BR-101 at Km 468, showing the lake formed near the rupture crest of the slope.

O desastre evidenciou a convergência de fatores geológicos, poderiam estar associados a passivos ambientais antigos e vulnerabilidade social alta, conforme evidenciado nas figuras 4 e

5, intensificada pela ausência de comunicação acerca das informações técnicas coletadas imediatamente após o desastre e nos meses subsequentes.

Ao ampliar o conhecimento local sobre o meio e os riscos geohidrológicos presentes no território, a população tem a chance de se tornar mais resistente frente às incidências de fenômenos naturais extremos.

Após a investigação do meio físico, foram registradas camadas de brita e asfalto incorporadas ao solo, sugerindo intervenções realizadas durante a construção da rodovia federal, BR-101. Também é possível perceber nas imagens que o solo apresenta degraus de abatimento, característicos de áreas de britagem não-recuperadas. Além disso, nota-se acúmulo de água na superfície e a presença marcante de aterros e taludes instáveis próximos à rodovia.

Essas evidências confirmam a existência de um passivo ambiental, muito anterior à gestão atual da administração da via, negligenciado pela falta de integração dos conhecimentos técnicos locais, que ao longo de várias décadas e que acabou contribuindo para a deflagração do movimento de massa intenso e destrutivo que ocorreu no bairro de Monsuaba.

3.3.3. Histórico de deslizamentos na BR-101 (Angra dos Reis)

A tabela 2 relata, em ordem cronológica, os mais expressivos deslizamentos da história do local, demonstrando, inclusive, o impacto direto das ocorrências sobre a infraestrutura.

Tabela 2. Principais deslizamentos registrados em Angra dos Reis (RJ) e impactos associados à BR-101 (1985–2022).

Table 2. Main landslides recorded in Angra dos Reis (RJ) and associated impacts on BR-101 (1985–2022).

Ano	Características principais	Impacto direto	Fonte (link)
1985	Deslizamento de grandes proporções atinge instalações associadas à área da usina nuclear de Angra	Bloqueio da BR-101	https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/425891/noticia.htm?sequence=1&isAlloWed=y
1988	Tremores e instabilidade geológica em Monsuaba, com registros de rachaduras em moradias e preocupação com encostas	Restrição operacional e risco à BR-101	https://www.terra.com.br/noticias/brasil/sem-terremotos-encostas-e-rota-de-fuga-sao-os-perigos-em-angra.08390970847ea310VgnCLD200000bbcb0aRCRD.html
2002	Chuvvas intensas provocam deslizamentos generalizados em Angra dos Reis, com dezenas de mortes e milhares de desabrigados	Bloqueio da BR-101	https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1012200201.htm
2010	Chuvvas extremas e múltiplos deslizamentos em Angra dos Reis, com elevado número de vítimas fatais	Bloqueio da BR-101	https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/vitimas-de-deslizamentos-em-angra-dos-reis-ja-chegam-a-30-9seuwl6hx0njq61cy0jvm632/
2013	Chuvvas causam quedas de barreiras em Monsuaba (km 462), afetando a rodovia Rio-Santos	Interdição parcial da BR-101	https://m.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/01/1209439-chuvvas-causam-quedas-de-barreira-e-bloqueios-em-rodovias-do-rio.shtml
2019	Chuvvas provocam deslizamentos sucessivos em Monsuaba, agravando condições de trecho crítico da rodovia	Interdição da BR-101	https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/04/09/chuva-provoca-deslizamento-de-terra-e-piora-situacao-de-trecho-da-br-101-em-angra-dos-reis.ghtml
2022	Deslizamento em Monsuaba eleva o número de mortos e mobiliza operações de resgate	Interdição total da BR-101	https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/videos-rj1-tv-rio-sul/video/sobe-para-10-numero-de-mortos-em-deslizamento-de-terra-em-angra-dos-reis-10451689.ghtml

Fonte: Elaboração própria, a partir de reportagens da Folha de S.Paulo, Gazeta do Povo, CNN Brasil, G1, Terra, Memória Globo e Senado Federal (1985; 2002; 2010; 2013; 2019; 2022).

3.4. Implicações socioespaciais da infraestrutura rodoviária na gestão do risco geológico

Os achados desta pesquisa indicam que as rodovias analisadas exercem um papel que extrapola sua função tradicional de mobilidade e logística, configurando-se como infraestrutura social crítica para as comunidades diretamente dependentes desses eixos territoriais. Essa condição manifesta-se na estruturação do cotidiano local, no acesso a serviços essenciais como saúde, educação, abastecimento, trabalho e turismo. Tais resultados dialogam com estudos que reconhecem a infraestrutura viária como elemento central da segurança territorial e da redução de vulnerabilidades (Silva e Sousa, 2021; UNDRR, 2019).

Nesse sentido, a interrupção de trechos rodoviários em decorrência de movimentos de massa ou eventos hidrometeorológicos extremos produz impactos que vão além da circulação de veículos, resultando em isolamento territorial, ruptura de rotinas vitais e intensificação da vulnerabilidade social. Os dados levantados evidenciam que esses efeitos recaem de forma mais severa sobre populações periféricas, reforçando desigualdades pré-existentes e ampliando a exposição a riscos secundários, conforme apontado pela literatura recente sobre mudanças climáticas e riscos socioambientais (Marandola e Hogan, 2015; IPCC, 2022).

Adicionalmente, os resultados obtidos a partir da escuta ativa e da análise participativa demonstram que intervenções de gestão de risco que desconstruíram o conhecimento das comunidades locais apresentam menor eficácia e baixa aderência social. Os moradores detêm um repertório empírico consistente sobre a dinâmica das águas, pontos críticos do terreno, rotas de fuga e histórico de eventos, constituindo um saber territorial que complementa e qualifica o diagnóstico técnico (Douglas e Wildavsky, 1982; Wisner *et al.*, 2004; Lavell e Maskrey, 2014). A

negligência desse conhecimento tende a reproduzir modelos verticalizados de planejamento, baseados em decisões tecnocráticas pouco alinhadas à realidade local, comprometendo a legitimidade e a efetividade das ações de prevenção e resposta.

Dessa forma, os resultados reforçam que a integração entre dados técnico-geotécnicos e saberes territoriais, mediada por processos estruturados de escuta e comunicação do risco, constitui um vetor central para uma gestão mais eficaz e socialmente sensível. Essa abordagem permite reinterpretar o papel da infraestrutura rodoviária sob uma perspectiva socioespacial, ampliando o escopo das análises tradicionais e incorporando as dimensões sociais e simbólicas que estruturam o risco no território.

Como síntese interpretativa dos resultados, destaca-se que a proteção da infraestrutura não se limita à engenharia das obras, mas depende da governança do território e do diálogo com os sujeitos que o habitam. Conforme sintetiza Souza (2022), “quando o risco não é territorializado e compartilhado, o planejamento se transforma em diagnóstico morto, tecnicamente preciso, mas politicamente inútil”. Assim, mapas e modelos, ainda que tecnicamente sofisticados, tendem à inoperância quando dissociados das práticas, percepções e condições concretas das populações localmente impactadas.

4. Considerações finais

A intensificação de eventos hidrometeorológicos extremos associada às mudanças climáticas tem ampliado a frequência e a severidade de processos de instabilidade de encostas em áreas urbanas e em corredores de transporte. Esse cenário reforça a necessidade de tratar a segurança geológica como variável estruturante do planejamento urbano e da gestão de infraestrutura, sobretudo em países com urbanização desigual e ocupação expressiva de áreas suscetíveis a movimentos de massa, como o Brasil.

Os resultados desta pesquisa, fundamentados na revisão teórica, na sistematização documental e no estudo de caso em Monsuaba (Angra dos Reis, 2022), indicam que o principal gargalo contemporâneo não reside apenas na disponibilidade de métodos técnicos para mapeamento e diagnóstico, mas na baixa capacidade institucional de integrar conhecimento geocientífico, planejamento urbano, gestão viária e comunicação pública.

Essa desconexão limita a transformação de mapas, laudos e relatórios em ações preventivas consistentes, favorecendo sobrestas emergências e reativas, como já discutido na literatura sobre risco, vulnerabilidade e governança territorial.

O estudo de caso analisado não é apresentado como generalização para todo o país, mas como evidência empírica de um padrão já amplamente identificado: a combinação entre suscetibilidade físico-ambiental, intervenções antrópicas acumuladas, ocupação precária e falhas de governança tende a produzir cenários recorrentes de desastre, especialmente em contextos periféricos.

Em Monsuaba, há uma convergência entre chuvas extremas, passivos ambientais e vulnerabilidade social, além da interrupção de acessos críticos, reproduz a lógica descrita por estudos que interpretam o desastre como resultante do encontro entre evento perigoso e vulnerabilidade socialmente construída.

Dessa forma, a principal contribuição do trabalho é reforçar que a prevenção efetiva depende de modelos integrados, capazes de articular: (i) diagnóstico técnico-geotécnico; (ii) inteligência territorial aplicada ao planejamento; e (iii) participação social por meio de processos estruturados de escuta e comunicação do risco.

Nesse ponto, cultura e comunicação deixam de operar como dimensões acessórias e passam a assumir função estratégica para ampliar aderência social, compreensão do risco e capacidade comunitária de resposta, especialmente em territórios onde a confiança institucional e a circulação de informação são fragilizadas.

Assim, os resultados sugerem que a redução do risco em contextos urbanos associados a encostas e corredores viários depende da combinação entre medidas estruturais e não estruturais, incluindo governança intersetorial, comunicação do risco e participação social, além de intervenções de engenharia.

Conclui-se que a segurança geológica constitui um gargalo para a sustentabilidade urbana porque condiciona simultaneamente a estabilidade de moradias, a resiliência de sistemas de transporte e a capacidade de resposta a emergências. O enfrentamento desse gargalo requer o fortalecimento de políticas públicas intersetoriais, a atualização sistemática de mapeamentos de risco e a institucionalização de práticas de comunicação e participação social como componentes permanentes da gestão do risco.

Ao evidenciar a aderência do estudo de caso a padrões amplamente descritos na literatura, o artigo reforça a urgência de abordagens transdisciplinares que considerem o risco como um fenômeno simultaneamente físico, social e cultural. Sob essa perspectiva, a leitura geocientífica do território, construída em diálogo com as comunidades que o habitam ou utilizam, constitui elemento central para a formulação de políticas públicas mais eficazes e socialmente legitimadas. Caso contrário, instrumentos tecnicamente robustos tendem a permanecer politicamente inoperantes no território, limitando sua capacidade de promover redução efetiva do risco, fortalecimento da resiliência urbana e proteção das populações vulneráveis.

Referências

Brasil, 2023. Lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023: Atualiza a Lei nº 12.608/2012 que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

- Diário Oficial da União*. Disponível em: <https://www.in.gov.br/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Brasil. Senado Federal, 1985. *Deslizamentos de encostas e riscos geológicos em áreas urbanas*. Biblioteca Digital do Senado Federal, Brasília. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/425891/noticia.htm?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 dez. 2025.
- CNN Brasil., 2022. Deslizamento em Angra dos Reis, no Rio, provoca mortes. *CNN Brasil*, 02 abr. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/deslizamento-em-angra-dos-reis-no-rio-provoca-mortes/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Corrêa, R. L., 1995. *O espaço urbano*. São Paulo, Ática.
- Cunha, L. H., Barbosa, R. J., Pereira, M. A., 2018., Urbanização e risco geológico: desafios para o planejamento urbano resiliente. *Revista Brasileira de Geografia*, 63(2): 45-62. <https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375>.
- Douglas, M., Wildavsky, A., 1982. *Risk and culture: an essay on the selection of technical and environmental dangers*. Berkeley: University of California Press.
- Fernandes, N. F., Amaral, C. P., Souza, A. P., 2004. Análise de suscetibilidade a escorregamentos em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 5(1), 23–36. <https://doi.org/10.20502/rbg.v5i1.62>.
- Folha de S.Paulo, 2002. Chuvas provocam mortes e destruição em Angra dos Reis. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 10 dez. 2002. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1012200201.htm>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Folha de S.Paulo, 2013. Chuvas causam quedas de barreira e bloqueios em rodovias do Rio. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 12 jan. 2013. Disponível em: <https://m.folha.uol.com.br/cotidiano/2013/01/1209439-chuvas-causam-quedas-de-barreira-e-bloqueios-em-rodovias-do-rio.shtml>. Acesso em 20 dez. 2025.
- G1, 2019. Chuva provoca deslizamento de terra e piora situação de trecho da BR-101 em Angra dos Reis. *G1 Sul do Rio e Costa Verde*, Angra dos Reis, 09 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2019/04/09/chuva-provoca-deslizamento-de-terra-e-piora-situacao-de-trecho-da-br-101-em-angra-dos-reis.ghtml>. Acesso em 20 dez. 2025.
- G1, 2022. Sob para 10 o número de mortos em deslizamento de terra em Angra dos Reis. *G1 Sul do Rio e Costa Verde*, Angra dos Reis. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/videos/rj-1-tv-rio-sul/video/sobe-para-10-numero-de-mortos-em-deslizamento-de-terra-em-angra-dos-reis-10451689.ghtml>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Gazeta do Povo, 2010. Vítimas de deslizamentos em Angra dos Reis já chegam a 30. *Gazeta do Povo*, Curitiba, 04 jan. 2010. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/vitimas-de-deslizamentos-em-angra-dos-reis-ja-chegam-a-30-9seuwl6hx0njg61cy0jvm632/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- IPCC, 2022. *Climate change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/arf6/wg2/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- IPEA, 2021. *Atlas da vulnerabilidade social e riscos climáticos no Brasil*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Jovchelovitch, S., 2008. *Os contextos do saber: representações, comunidade e cultura*. Petrópolis, Vozes.
- Lavell, A., Maskrey, A., 2014. *The future of disaster risk management: an outlook and guidance for policy design*. Geneva, United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- Machado, C. J. S., 1995. Industrialização, urbanização e meio ambiente em Angra dos Reis (RJ): o caso do Estaleiro Verolme. *Cadernos IPPUR*, 9(1): 97-116.
- Marandola Jr., E., Hogan, D. J., 2015. Vulnerabilidade, riscos e resiliência: uma abordagem humanista. In: Mendes, A. C.; Moura, R. G. (Orgs.). *Riscos e vulnerabilidades socioespaciais* (55–78). São Paulo, Contexto.
- Medeiros, R., 2014. *A construção social do risco no território urbano* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Melo, V. A., Rodrigues, D. M., Antunes, L. S., 2021. Produção científica e gestão do risco: o descompasso entre teoria e prática no planejamento urbano. *Revista de Gestão do Território*, 6(1): 89-104. <https://doi.org/10.1590/rgt.v6i1.211>.
- Ribeiro, M. G., 2014. Ocupação urbana e vulnerabilidade socioambiental na Costa Verde fluminense: desafios para a gestão do território.

- Cadernos Metrópole*, **16**(31): 203-225. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2014-3106>.
- Santos, M., 2002. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção* (4. ed.). São Paulo: Edusp.
- Silva Junior, G. C., 1991. *Condicionantes geológico-geotécnicas na estabilidade de taludes ao longo da rodovia BR-101 Sul – RJ, entre Itaguaí e Angra dos Reis* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Silva, J. M., Sousa, R. F., 2021. Rodovias como infraestrutura social: mobilidade, vulnerabilidade e acesso a serviços essenciais em territórios periféricos. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, **23**(3): 512-530. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2021v23n3p512>.
- Slovic, P., 2000. *The perception of risk*. London, Earthscan.
- Souza, A. L., 2022. Diagnósticos mortos: quando o planejamento urbano não chega ao território. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, **24**(2): 98-121. <https://doi.org/10.22296/2317-1529>.
- UNDRR, 2019. *Global assessment report on disaster risk reduction (GAR 2019)*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em: <https://www.undrr.org/>. Acesso em 20 dez. 2025.
- Valencio, N., Martins, J. Tavares, R., 2019. Percepção de risco e desastres: caminhos para uma cultura de prevenção. *Sociedade e Estado*, **34**(3): 621-642. <https://doi.org/10.1590/0102-69922019>.
- Varnes, D. J., 1984. *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Paris, UNESCO.
- Vieira, B. C., Amaral, C. P., 2020. Risco geológico e gestão territorial: desafios contemporâneos para cidades brasileiras. *Geociências*, **39**(1): 77-95. <https://doi.org/10.31413/geociencias.v39i1.2521>.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., 2004. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed.). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203428764>.