



MAPEAMENTO E ANÁLISE DE RISCOS EM ENCOSTAS: UMA FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM JACOBINA-BA

MAPPING AND RISK ANALYSIS IN SLOPES: A TOOL FOR URBAN PLANNING IN JACOBINA-BA

MAPEO Y ANÁLISIS DE RIESGOS EN LADERAS: UNA HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN URBANA EN JACOBINA-BA

Nilma Alves do Nascimento

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Mestranda Em Estudos Territoriais

nilma.geografia@gmail.com

Wesley Lopes da Silva

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Mestrando Em Estudos Territoriais

wesleylopez1914@gmail.com

José Alves de Jesus

Universidade do Estado da Bahia (UNEB)

Professor

jajesus@uneb.br

RESUMO:

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a suscetibilidade ambiental da área urbana de Jacobina, Bahia, a deslizamentos. Através da aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e de levantamentos de campo, foi possível identificar as zonas mais suscetíveis a esse tipo de evento. A análise dos dados revelou que fatores como declividade acentuada, predominância de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e a intensificação de atividades antrópicas, tais como retirada de vegetação e urbanização, contribuem significativamente para o aumento do risco a movimentos de massa. Diante dos resultados obtidos, torna-se evidente a necessidade de implementação de um plano de gestão de riscos abrangente, que contemple o planejamento territorial, a criação de sistemas de alerta precoce e a participação ativa da comunidade. As informações geradas por esta pesquisa constituem um subsídio fundamental para que gestores públicos e urbanistas possam desenvolver ações eficazes de mitigação de riscos, promovendo, assim, o desenvolvimento sustentável de Jacobina e de outras localidades com características geológicas e socioambientais semelhantes.

Palavras-Chave: Geoprocessamento. Vulnerabilidade. Encostas. Deslizamento. Risco.

Abstract:

The main objective of this study was to assess the environmental susceptibility of the urban area of Jacobina, Bahia, to landslides. Through the application of Geographic Information Systems (GIS) and field surveys, it was possible to identify the areas most susceptible to such events. The data analysis revealed that factors such as steep slopes, the predominance of Red-Yellow Argisol Eutrophic



soil, and the intensification of anthropogenic activities, such as vegetation removal and urbanization, significantly contribute to the increased risk of mass movements. Given the results obtained, it is evident that the implementation of a comprehensive risk management plan is necessary, including territorial planning, the creation of early warning systems, and active community participation. The information generated by this research serves as a fundamental support for public managers and urban planners to develop effective risk mitigation actions, thus promoting the sustainable development of Jacobina and other areas with similar geological and socio-environmental characteristics.

Keywords: Geoprocessing. Vulnerability. Slopes. Landslide. Risk.

INTRODUÇÃO

A gestão de riscos em áreas de encosta é um desafio multifacetado que requer a integração de diferentes disciplinas e técnicas. Além de considerar a suscetibilidade e vulnerabilidade das áreas, é crucial incluir a participação da comunidade local nos processos de planejamento e intervenção. Estratégias de comunicação e educação podem aumentar a conscientização sobre os riscos e capacitar os moradores a adotarem medidas preventivas.

O risco pode ser entendido como a relação entre a possibilidade de ocorrência de um fenômeno e a magnitude dos danos sociais ou econômicos que ele pode causar (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). Suscetibilidade refere-se à propensão natural para a deflagração de fenômenos como deslizamentos, enquanto vulnerabilidade envolve a capacidade de uma comunidade de responder a esses eventos (Bitar *et al.*, 2014; Marandola Junior, 2008). A análise desses elementos é essencial para a gestão de riscos em áreas de encosta, permitindo intervenções mais eficazes e a minimização de danos.

A ocupação de encostas em áreas urbanas brasileiras tem sido associada a um aumento significativo no risco de deslizamentos, eventos geomorfológicos resultantes da geodinâmica externa e de variações em fatores exógenos, como a pluviosidade e a temperatura (Lourenço, 2018). Além disso, a erosão do solo e a perda de infiltração também são fatores desencadeantes que contribuem para a instabilidade dessas áreas. A



interação entre esses elementos destaca a complexidade dos processos que levam à deflagração de deslizamentos e a necessidade de uma abordagem multidisciplinar.

Este estudo visa mapear e analisar a ocupação das áreas de risco em encostas na cidade de Jacobina, Bahia, utilizando uma metodologia que combina dados espaciais e observações de campo. A utilização de tecnologias avançadas, como sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, tem se mostrado eficaz na identificação e monitoramento de áreas de risco. Estas ferramentas permitem a criação de modelos preditivos que podem antecipar possíveis deslizamentos e orientar a alocação de recursos para áreas mais ambientalmente vulneráveis.

A combinação de dados topográficos detalhados com informações sobre uso do solo e padrões climáticos pode oferecer *insights* valiosos sobre as áreas mais propensas a deslizamentos. A análise temporal de imagens de satélite pode revelar mudanças na vegetação e no solo que sinalizam o aumento do risco de instabilidade.

Em última análise, a abordagem de gestão de riscos deve ser holística, combinando ciência, tecnologia e participação comunitária para criar soluções sustentáveis e resilientes. A integração dessas estratégias não só reduz os riscos de deslizamentos, mas também contribui para o desenvolvimento urbano sustentável, garantindo a segurança e o bem-estar das populações que habitam áreas de encosta.

ÁREAS DE RISCO EM ENCOSTAS

Marandola Junior e Hogan (2006) afirmam que viver na sociedade contemporânea implica estar em constante risco, tendo em vista a onipresença dos fenômenos passíveis de causar crises socioespaciais. Nesse sentido, Marandola Junior e Hogan (2004, p. 26) escrevem que a “[...] incerteza, a insegurança e o medo parecem ter invadido nossas vidas. Em todos os campos do dia-a-dia de nossa sociedade contemporânea nos sentimos indefesos e impotentes”.

Esta ótica corrobora com a perspectiva da “sociedade de risco” de Beck (2011, p. 40), quando este autor afirma que “a bomba relógio está armada”. Ou seja, os riscos na sociedade contemporânea são iminentes, resultando de características naturais e sociais



em suas múltiplas dimensões que possibilitam a deflagração de fenômenos capazes de gerar transtornos. Nesse limiar, é importante entender o aspecto futuro do risco, mas engendrado por ações passadas e presentes.

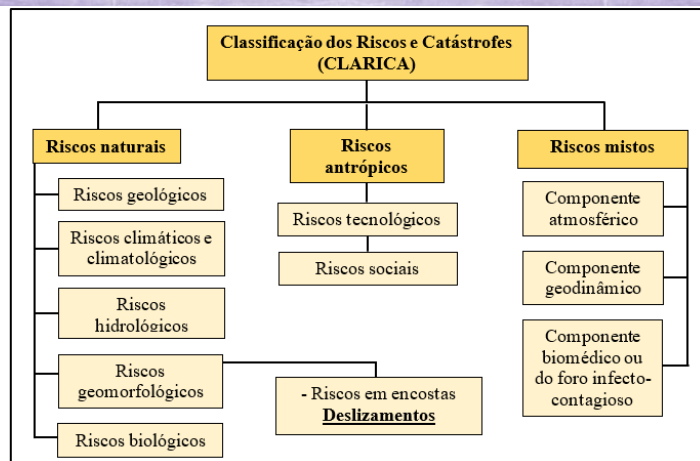
De acordo com Carvalho, Macedo e Ogura (2007, p. 26) o risco pode ser definido como a “relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco”. Ou seja, o risco resulta da relação entre suscetibilidade e vulnerabilidade (Nascimento; Silva, 2022).

Suscetibilidade é entendida como a propensão de deflagração de um fenômeno (Bitar *et al.*, 2014). Trata-se de características naturais, independentemente de uso e ocupação da terra para que exista a manifestação plena do perigo. Nesse sentido, ressalta-se eventos tais como: inundações, deslizamentos, secas, incêndios, entre outros.

Por sua vez, a vulnerabilidade é intrínseca à sociedade, visto que este fator agrega as características das produções objetivas e simbólicas dos arranjos sociais, bem como, envolve os ativos à disposição que podem ser utilizados no combate, ajustes e resposta à possibilidade de deflagração de fenômenos adversos aos seres humanos (Marandola Junior, 2008). A vulnerabilidade pode ser em maior ou menor medida em decorrência das características socioeconômicas, condicionando o potencial de perda (Cutter, 2011).

No contexto dos Estudos Cindínicos, Lourenço (2018) desenvolveu a Classificação dos Riscos e Catástrofes (CLARICA), a partir da ótica da proteção civil, em que agrupa os riscos baseados em sua gênese. Nesse sentido, Lourenço (2018) considera os riscos naturais, riscos antrópicos e riscos mistos (Figura 1).

Figura 1: Classificação de Riscos e Catástrofes (CLARICA).



Fonte: Adaptado de Lourenço (2018).

No que se refere aos riscos causados por eventos naturais, aponta-se que os diversos fenômenos compreendidos nesta modalidade podem ocorrer mesmo sem intervenções humanas. Todavia, é imperativo ressaltar que fatores resultantes das atuações antrópicas podem induzir e/ou intensificar a deflagração destes eventos possibilitadores de danos. No contexto de riscos em encostas (escopo deste trabalho), podemos pensá-los a partir da deflagração de deslizamentos – movimento de partículas (massa) pela força da gravidade.

Esses processos têm origem geomorfológica e resultam da geodinâmica externa, que é influenciada por variações em fatores exógenos, como pluviosidade e temperatura (Lourenço, 2018). É importante destacar que, embora os eventos possam ocorrer, o risco só se materializa quando há ocupação humana nas encostas. Isso porque o conceito de risco, por sua própria natureza, envolve a possibilidade de perda, seja ela de vidas humanas ou de bens materiais.

Encostas são estruturas naturais do relevo, modeladas continuamente por agentes externos e internos (Guerra, 2011). A ocupação de encostas é influenciada por uma complexa interação de fatores naturais e socioeconômicos. O uso e ocupação de encostas por meio de escavações e aterramentos de materiais de diversas granulometrias ocasionam em talude de corte e talude de aterro, respectivamente (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). Estas técnicas visam possibilitar construções em altas declividades nas



vertentes, entretanto, no contexto das cidades brasileiras, geralmente, são postas em prática desconsiderando as características do relevo, sem a supervisão de profissionais competentes e infringindo legislações de parcelamento do solo urbano (Costa; Ribeiro, 2020).

Conforme a lei nº 6.766/79 que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, não é permitido loteamento ou desmembramento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo detectada a inexistência de riscos por laudo geológico-geotécnico (Brasil, 1979). A declividade “representa o ângulo de inclinação em uma relação percentual entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal (L) da encosta (declividade = $H/L \times 100$)” (Brasil, 2007b, p. 30). A conversão entre as variáveis de inclinação e declividade não são necessariamente proporcionais (Figura 2).

Figura 2: Conversão entre declividade e inclinação.

DECLIVIDADE		INCLINAÇÃO
$D(\%) = (H/L) \times 100$		$\alpha = \text{ARCTAN } (H/L)$
100%	↔	45°
50%	↔	~ 27°
30%	↔	~ 17°
20%	↔	~ 11°
12%	↔	~ 7°
6%	↔	~ 3°

Fonte: (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007).

Devido ao grau de inclinação, reações de agentes exógenos (cursos de água, chuva, vento, seres vivos, etc.), principalmente a pluviosidade, desencadeiam naturalmente a movimentação de solo, rocha e/ou detritos (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). A expansão urbana para essas áreas instáveis, geralmente, com o uso de técnicas de construção que desconsideram as características intrínsecas dessas feições (taludes), há interferências diretas e indiretas na evolução natural destas. Em vista disso, áreas de riscos em encostas resultam da ocupação indevida em zonas de alto declive, em que o resultado das produções humanas age como indutoras de deflagração de deslizamentos, com potencial a causar danos em diferentes graus de intensidade.

Geralmente, áreas com declividades iguais ou superiores a 30% são predispostas a sofrerem com deslizamentos, levando-se em conta a interconexão de fatores



modeladores do relevo. Deslizamento é considerado uma concepção genérica (Lourenço, 2018), haja vista que abarca “uma variedade de tipos de movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados tendo como fator deflagrador principal a infiltração de água, principalmente das chuvas” (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007, p. 31). Este processo resulta das características predisponentes do meio físico natural, com diferenciações nos aspectos geológico-geomorfológico, hidrológico-climático, vegetação natural e da gravidade na interface com agentes efetivos, como as variações de temperatura e chuvas intensas, por exemplo” (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007).

Entre os fatores naturais, destacam-se a geologia, o relevo, o clima e a cobertura vegetal. As características geológicas do terreno, como a presença de falhas e fraturas, a tipologia de solo e a permeabilidade das rochas, influenciam a estabilidade das encostas. O relevo, por sua vez, determina a declividade e a orientação das encostas, sendo um fator fundamental para a ocorrência de processos erosivos e deslizamentos. Os deslizamentos são considerados fenômenos naturais, ou seja, podem ocorrer mesmo sem a presença humana. Porém, as atividades antrópicas podem atuar como condicionantes e indutoras de deflagração de deslizamentos. Nesse sentido, Costa e Ribeiro (2020, p. 242) ressaltam diversas atividades capazes desencadear esses eventos, entre as quais:

[...] remoção descontrolada da cobertura vegetal; cortes realizados com declividade e altura excessivas para construção de moradias; aterros inadequados; lançamento concentrado de águas pluviais e servidas sobre as vertentes; estradas e outras obras; infiltrações de águas de fossas sanitárias; vazamento nas redes de abastecimento de água e deposição inadequada do lixo.

Nesse contexto, quando os seres humanos ocupam e interagem com os fatores predisponentes do meio físico natural em áreas de encostas, atuam como indutores e vítimas dessas áreas de risco de deslizamentos, com potencial para resultar em efeitos adversos a população e suas produções materiais. À vista disso, as variações nos danos são decorrentes das capacidades de adaptação e resposta ao fenômeno.

Fatores socioeconômicos como a pobreza, a desigualdade social, a falta de acesso à terra e a moradia, a especulação imobiliária e a falta de planejamento urbano são alguns



dos principais fatores que impulsionam a ocupação de áreas vulneráveis. A ocupação irregular de encostas é frequentemente associada à busca por moradia por parte de populações de baixa renda, que são mais vulneráveis aos riscos de origens naturais.

O desarranjo na organização espacial urbana se concretiza na manifestação dos episódios nocivos à população. Nesse contexto, instala-se o desastre e as chances de novos perigos serem deflagrados. A ociosidade de políticas de planejamento ambiental e consequentes problemas de expansão urbana para áreas ambientalmente frágeis são processos precípuos ao caos (Santos, 2004).

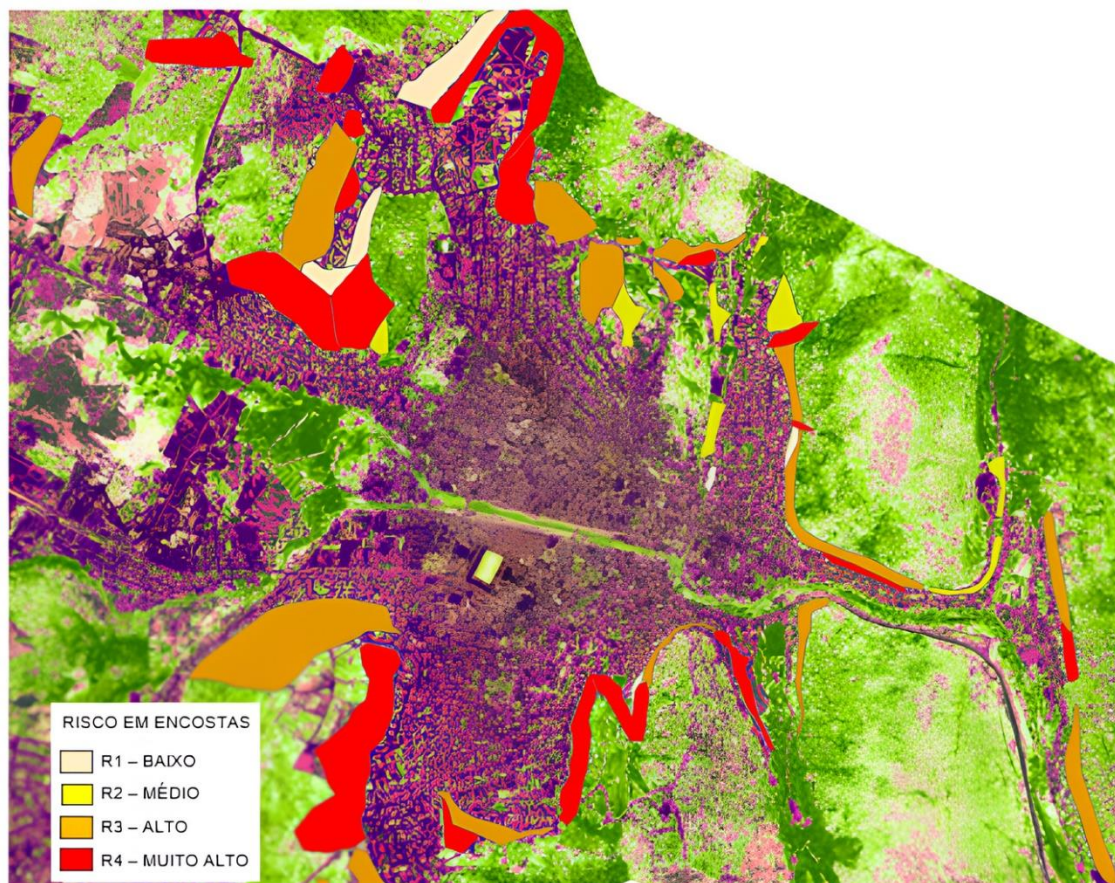
A ocupação de áreas de risco em encostas exige a adoção de medidas de prevenção e mitigação de riscos. O planejamento urbano e ambiental, a criação de áreas de proteção ambiental, a realização de obras de contenção e drenagem, a educação ambiental e a participação da comunidade são algumas das ações que podem contribuir para reduzir os riscos associados à ocupação de encostas.

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE OCUPAÇÃO DAS ÁREAS DE ENCOSTA EM JACOBINA-BAHIA

A partir das análises dos dados espaciais levantados e confirmados em campo, em especial declividade (isolinhas de 3 metros), foi possível evidenciar diversas áreas de risco em encostas no perímetro urbano de Jacobina (Figura 3).



Figura 3: Mapeamento de áreas de risco em encostas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a análise, importamos dados raster e vetoriais shapefile para um banco de dados geográfico. O conjunto de dados incluiu imagens de satélite RapidEye, Modelo Digital do Terreno MDT, informações sobre cobertura vegetal, uso do solo, altimetria, geomorfologia, geologia, hidrografia, tipos de solo e declividade. A escolha das imagens de satélite foi fundamentada pela necessidade de obter uma resolução espacial que possibilitasse a identificação precisa das áreas de risco de movimentos de massa em Jacobina, Bahia. No que concerne a pesquisa de campo, foram realizados três trabalhos de campo, os quais integraram também pesquisas de iniciação científica (IC) financiados pelo Programa Institucional de Iniciação Científica - PICIN.

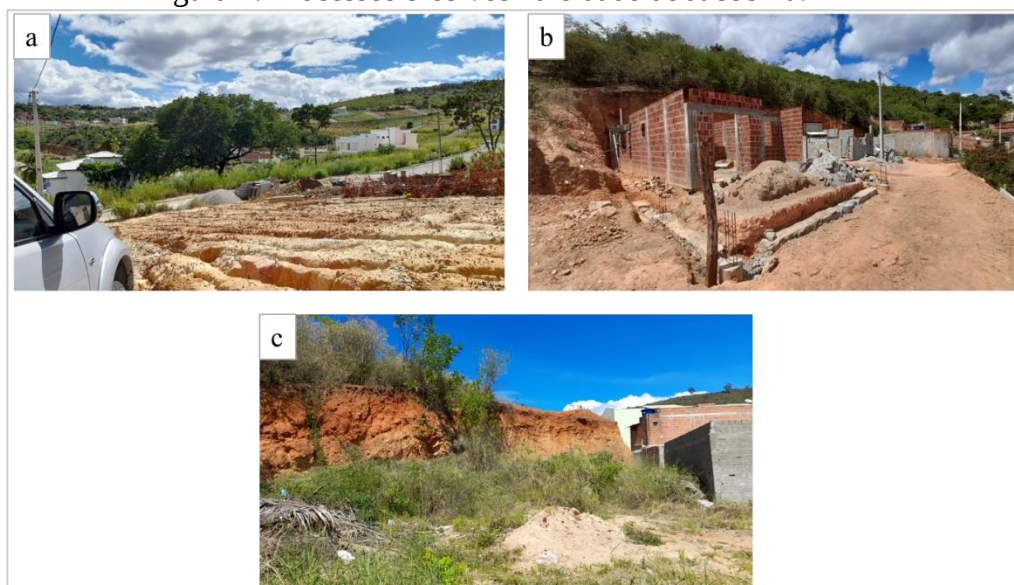
A análise detalhada das encostas urbanas de Jacobina, apresentada na figura 3, evidencia um crescimento desordenado da ocupação, especialmente em áreas com



declividade superior a 30%. Essa ocupação irregular, em desacordo com as normas de parcelamento do solo, somada à retirada da cobertura vegetal, à realização de cortes e aterros sem acompanhamento técnico e à inadequação das obras de drenagem e estabilização, configura um conjunto de fatores antrópicos que aumentam consideravelmente a probabilidade de ocorrência de deslizamentos.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe), presente em diversas áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos em Jacobina, como os bairros Vila Feliz, Félix Thomas (Figura 4a), Serrinha (Figura 4b) e Mundo Novo (Figura 4c), configura um fator predisponente crucial. Sua alta capacidade de saturação e dificuldade de drenagem reduzem a resistência do solo, tornando-o suscetível a movimentos de massa sob a ação da gravidade. Essa característica, combinada com outros fatores naturais e antrópicos, intensifica o risco de deslizamentos na cidade.

Figura 4: Processos erosivos na cidade de Jacobina.



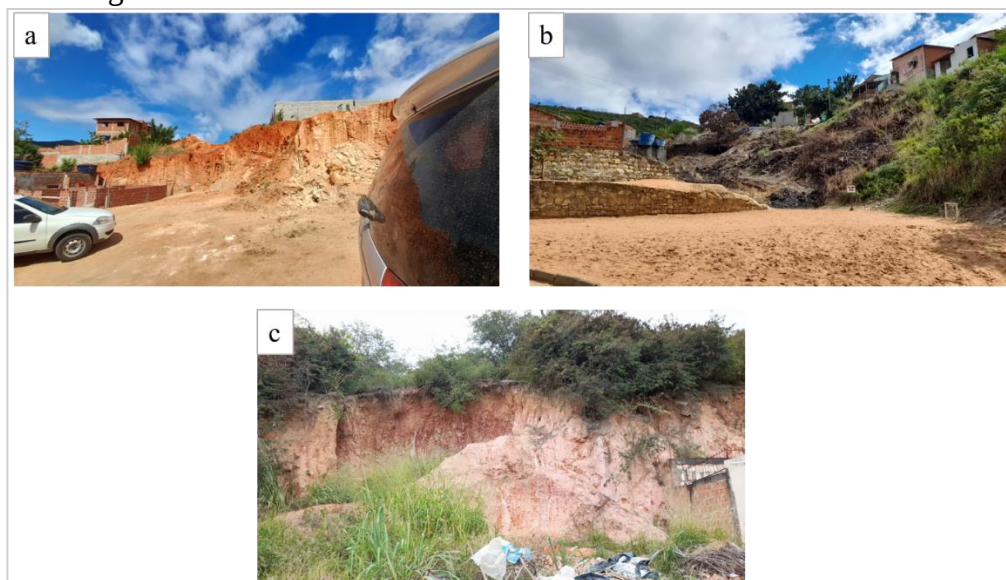
Fonte: Acervo dos autores.

Neste sentido, destacamos as altas declividades (78 a 88%), formação de voçorocas em Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico – LVAd, retirada da vegetação e cortes no talude para construções residenciais e empresariais na porção sudeste do morro do Peru (Figura 5a). Outrossim, evidenciamos a possibilidade de quedas de blocos e



corrida de detritos nos bairros Leader (Figura 5b), Grotinha (Figura 5c) e Bananeira, principalmente, porque estes adensamentos ocupacionais estão situados sobre as formações geológicas Rio do Ouro e Serra da Jacobina. Levando-se em conta que estas áreas estão ocupadas, é possível afirmar que há possibilidade de consequências danosas à população e suas produções materiais decorrentes da manifestação de diversas modalidades de deslizamentos.

Figura 5: Cortes de talude em encostas na cidade de Jacobina.



Fonte: Acervo dos autores.

A porção sudeste do Bairro Peru, localizada em uma área com declividade entre 78% e 88%, apresenta alto risco de deslizamentos. O Latossolo vermelho-amarelo distrófico, presente na região, possui características que favorecem esse tipo de movimento de massa: intenso intemperismo, boa drenagem e alta porosidade. Em períodos de chuvas intensas, o solo se satura, aumentando seu peso e reduzindo o coeficiente de atrito interno. A combinação dessas características naturais com a ação antrópica; a retirada da cobertura vegetal e a execução de cortes de talude, induz à ocorrência de deslizamentos, uma vez que reduz a resistência do material e aumenta a tensão nas interfaces entre os diferentes estratos do solo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos riscos de deslizamento em Jacobina revela a urgência de um plano de gestão municipal abrangente, que combine medidas de prevenção e mitigação. A elaboração de um sistema de monitoramento e alerta precoce, associada à regularização fundiária e ao controle da ocupação do solo em áreas de risco, é crucial para reduzir a vulnerabilidade da população. No entanto, a complexidade dos processos de deslizamento, resultante da interação entre fatores naturais e antrópicos, exige um esforço conjunto de diversos atores sociais e o aprofundamento das pesquisas sobre a dinâmica desses eventos na região. A partir desse conhecimento, é possível desenvolver tecnologias mais eficientes e subsidiar a tomada de decisões para garantir a segurança da cidade a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- BECK, U. **Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade**. Tradução de Sebastião Nascimento. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011. 384 p.
- BITAR, O. Y. et al. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25:000**: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT; Brasília: CPRM, 2014. p. 42.
- BRASIL. **Lei nº 6.766, de dezembro de 1979**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 11 set. 2024.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Orgs.). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007b. 176 p.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 2007b. p. 176.
- COSTA, V. C.; RIBEIRO, M. F. O geoprocessamento na delimitação e na prevenção de áreas de risco e movimentos de massa. In: CARDOSO, C.; SILVA, M. S.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geografia e os riscos socioambientais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais** [online], 93. 2011.
- GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13-42.



LOURENÇO, L. Uma classificação de riscos na ótica da proteção civil. In: LOURENÇO, L.; AMARO, A. (org.). **Riscos e crises:** da teoria à plena manifestação. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018. p. 113-144.

MARANDOLA JUNIOR, E. J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

MARANDOLA JUNIOR, E. J. **Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana.** Tese (doutorado em ciências) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas: UNICAMP, 2008.

MARANDOLA JUNIOR, E.J.; HOGAN, D. J. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 25-58, jul./dez. 2004.

NASCIMENTO, N. A.; SILVA, W. L. **Diagnóstico de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações para gestão e planejamento de riscos na cidade de Jacobina, Bahia.** TCC (graduação em Geografia) – Departamento de Ciências Humanas, Universidade do Estado da Bahia, Jacobina, 2022.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 184.