

V.21 nº45 (2025)

REVISTA DA  
**AN  
PE  
GE**

ISSN 1679-768X

a

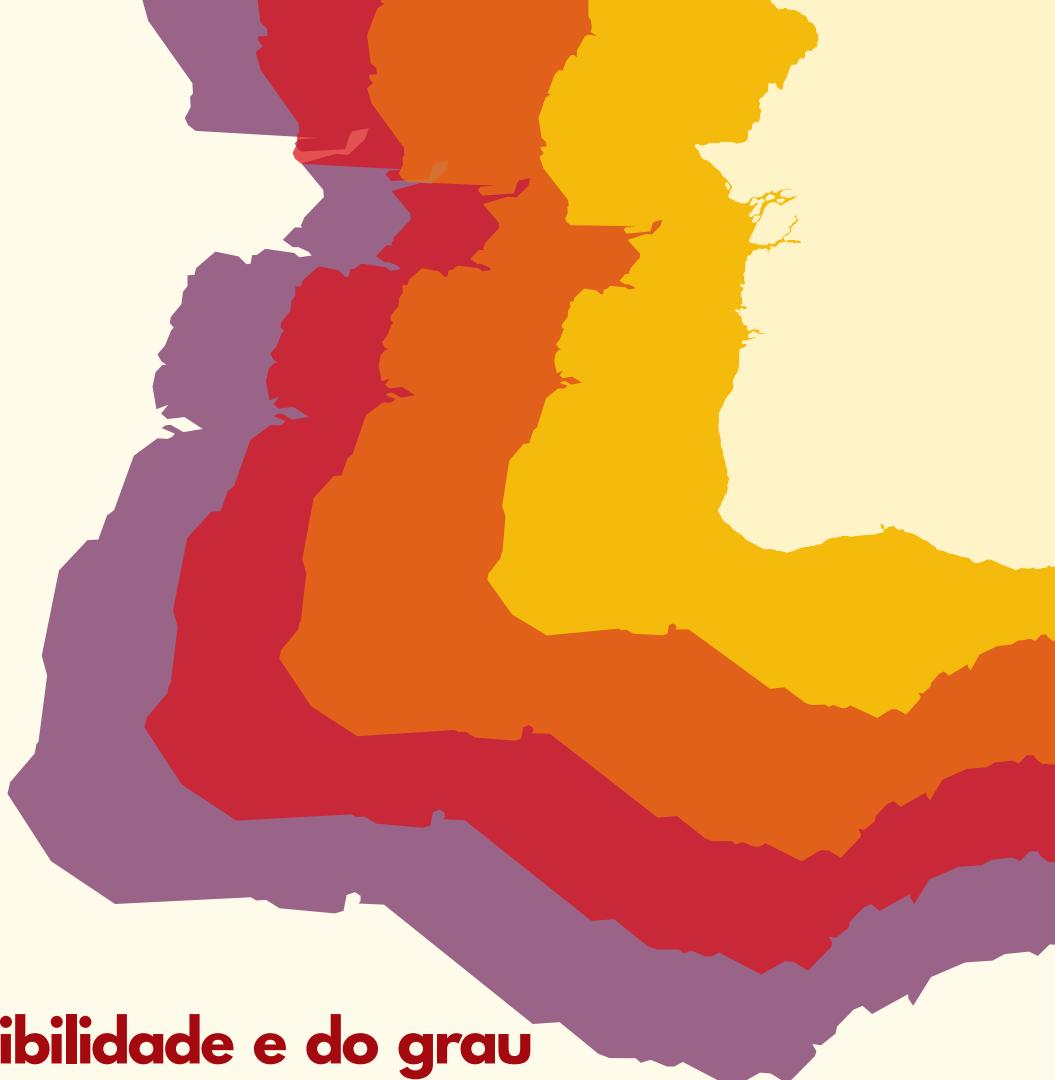
**ANPEGE**

---

Associação Nacional  
de Pós-graduação e  
Pesquisa em Geografia

REVISTA DA

# AN PE GE



## Análise da suscetibilidade e do grau de risco a escorregamentos translacionais na bacia hidrográfica do rio Tejipió, Jaboatão dos Guararapes, RMR (PE)

*Analysis of susceptibility and degree of risk to translational landslides in the Tejipió River basin, Jaboatão dos Guararapes, RMR (PE)*

*Analysis de la susceptibilidad y el grado de riesgo a deslizamientos traslacionales en la cuenca del río Tejipió, Jaboatão dos Guararapes, RMR (PE)*

DOI: 10.5418/ra2025.v21i45.18242

**IGOR OLIVEIRA**

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**FABRIZIO LISTO**

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**V.21 n°45 (2025)**

e-issn : 1679-768X

**RESUMO:** A Região Metropolitana do Recife (RMR) apresenta características geológicas e geomorfológicas intrinsecamente suscetíveis a processos de escorregamento. Esses fatores, somados ao histórico de crescimento demográfico excludente e ao adensamento populacional em encostas, agravados pela carência de infraestrutura básica, contribuem para a recorrência desses eventos. Como consequência, ocorrem perdas econômicas significativas e tragédias humanas, especialmente em áreas periféricas e socialmente vulneráveis. Este estudo teve como objetivo avaliar conjuntamente a suscetibilidade e o grau de risco a escorregamentos na sub-bacia de Cova de Onça, localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Tejipió, no município de Jaboatão dos Guararapes, RMR. Para alcançar esse propósito, foram realizadas investigações de campo e aplicadas fichas técnicas para a classificação do grau de risco em cada setor, além de técnicas de geoprocessamento para a modelagem matemática utilizando o modelo SHALSTAB. Os resultados obtidos evidenciaram uma consonância entre os modelos de suscetibilidade e risco, ressaltando, entretanto, que os fatores antrópicos desempenham um papel crucial na intensificação das condições de desastre no espaço urbano da sub-bacia. Esses achados indicam a necessidade de reduzir os cenários de vulnerabilidade social como medida essencial para prevenir a ocorrência de desastres.

**Palavras-chave:** SHALSTAB; risco; suscetibilidade; escorregamento; bacia hidrográfica.

**ABSTRACT:** The Metropolitan Region of Recife (RMR) has geological and geomorphological characteristics that are intrinsically susceptible to landslide processes. These factors, combined with a history of exclusionary demographic growth and population densification on hillsides, exacerbated by a lack of basic infrastructure, contribute to the recurrence of such events. As a result, significant economic losses and human tragedies occur, especially in peripheral and socially vulnerable areas. This study aimed to jointly assess the susceptibility and risk degree of landslides in the Cova de Onça sub-basin, located in the Tejipió River Basin, in the municipality of Jaboatão dos Guararapes, RMR. To achieve this goal, field investigations were carried out, and technical forms were applied to classify the risk degree



Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional CC BY - permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

in each sector. Additionally, geoprocessing techniques were employed for mathematical modeling using the SHALSTAB model. The results showed a consistency between the susceptibility and risk models, highlighting, however, that anthropogenic factors play a crucial role in intensifying disaster conditions in the sub-basin's urban areas. These findings underscore the need to reduce social vulnerability scenarios as an essential measure to prevent disaster occurrences.

**Keywords:** SHALSTAB; risk; susceptibility; landslide; watershed.

**RESUMEN:** La Región Metropolitana de Recife (RMR) presenta características geológicas y geomorfológicas intrínsecamente susceptibles a procesos de deslizamiento. Estos factores, sumados al histórico de crecimiento demográfico excluyente y a la densificación poblacional en laderas, agravados por la carencia de infraestructura básica, contribuyen a la recurrencia de estos eventos. Como consecuencia, ocurren pérdidas económicas significativas y tragedias humanas, especialmente en áreas periféricas y socialmente vulnerables. Este estudio tuvo como objetivo evaluar conjuntamente la susceptibilidad y el grado de riesgo a deslizamientos en la subcuenca de Cova de Onça, localizada en la cuenca hidrográfica del río Tejipió, en el municipio de Jaboatão dos Guararapes, RMR. Para alcanzar este propósito, se realizaron investigaciones de campo y se aplicaron fichas técnicas para la clasificación del grado de riesgo en cada sector, además de técnicas de geoprocесamiento para la modelación matemática utilizando el modelo SHALSTAB. Los resultados obtenidos evidenciaron una coherencia entre los modelos de susceptibilidad y riesgo, destacando, sin embargo, que los factores antrópicos desempeñan un papel crucial en la intensificación de las condiciones de desastre en el espacio urbano de la subcuenca. Estos hallazgos indican la necesidad de reducir los escenarios de vulnerabilidad social como medida esencial para prevenir la ocurrencia de desastres.

**Palabras-clave:** SHALSTAB; riesgo; susceptibilidad; deslizamiento; cuenca hidrográfica.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional no Brasil impulsionou a expansão urbana, especialmente nas Regiões Metropolitanas, que enfrentaram os impactos da migração rural. Esse fenômeno foi intensificado pela ausência de estrutura socioeconômica para a população do campo e por um planejamento urbano excludente. Como resultado, áreas inadequadas para habitação, como encostas íngremes e margens de rios, passaram a ser ocupadas, sobretudo por populações socioeconomicamente mais vulneráveis (Fernandes *et al.*, 2002; Brasil, 2007; Alencar, 2016; Blanco, 2020).

No Brasil, cerca de 8,9 milhões de pessoas vivem em áreas de risco, distribuídas em 1.942 municípios, sendo que 2,4 milhões de moradias estão expostas a processos de deslizamentos e inundações (SAM/CC/PR, 2023). Na Região Metropolitana do Recife (RMR-PE), Jaboatão dos Guararapes destaca-se por concentrar o segundo maior contingente populacional em áreas de risco do estado, com 188.046 habitantes, correspondendo a 29% da população total do município (IBGE, 2018).

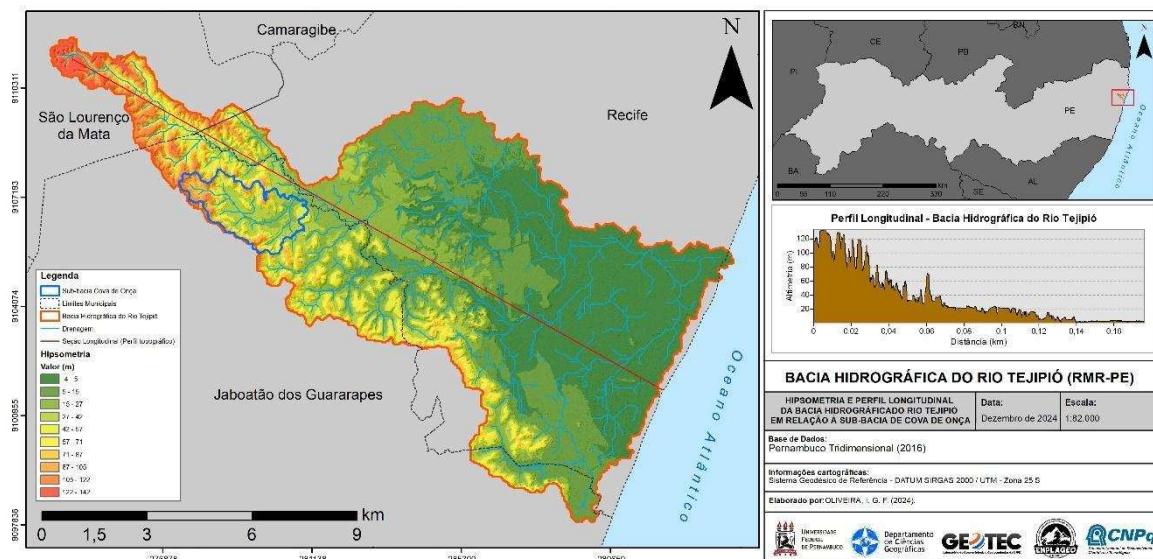
O conceito de risco emerge da interação entre a ameaça de ocorrência de um processo físico-natural, a exposição ao perigo e a vulnerabilidade local, que pode ter origem social, material ou estrutural (MDR, 2021). Assim, a gravidade dos danos causados pelos desastres é condicionada por aspectos socioambientais, ou seja, pela relação entre as características naturais do espaço e a predisposição aos fenômenos, além do grau de vulnerabilidade que expõe a população ao risco (Marchezini, 2015).

Em Jaboatão dos Guararapes, é comum encontrar ocupações precárias devido à ausência ou inadequação de políticas de ordenamento urbano, o que reflete um cenário de exclusão social no acesso à moradia. Residências construídas sem planejamento, com materiais de baixa qualidade e localizadas em áreas naturalmente suscetíveis a deslizamentos, principalmente translacionais, são frequentemente associadas a perdas econômicas e humanas (Alheiros *et al.*, 2004; Pfaltzgraff, 2007; Santana e Listo, 2018).

A bacia hidrográfica do Rio Tejipió (Figura 1) abrange três municípios da RMR, desde sua nascente em São Lourenço da Mata, passando por Jaboatão dos Guararapes, foco desta pesquisa, até sua foz no Recife. Com uma área total de 93,65 km<sup>2</sup>, o Rio Tejipió possui aproximadamente 23,17 km de extensão. Grande parte da bacia encontra-se em áreas altamente urbanizadas, marcadas por intensas modificações no uso do solo e pela ocorrência frequente de deslizamentos.

Diante desse contexto, evidencia-se a necessidade de identificar as áreas mais suscetíveis a escorregamentos e avaliar os níveis de risco associados a esses eventos, com o objetivo de orientar decisões de gestão pública e atender às demandas da população local, minimizando danos e perdas sociais. Para isso, torna-se imprescindível uma análise integrada que contemple tanto as características sociais e as ações antrópicas que aumentam a exposição ao risco, quanto o mapeamento dos fatores

naturais do relevo que indicam a predisposição de uma área à ocorrência de escorregamentos. Essa abordagem abrangente deve ser conduzida sem negligenciar os aspectos sociais envolvidos. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar de forma conjunta a suscetibilidade e o grau de risco a escorregamentos na sub-bacia de Cova de Onça, situada na Bacia Hidrográfica do Rio Tejipió, no município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife (RMR).



**Figura 1** – Mapa de localização e hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Tejipió. **Base de dados:** Pernambuco Tridimensional (2016). **Elaboração:** Autores (2024).

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

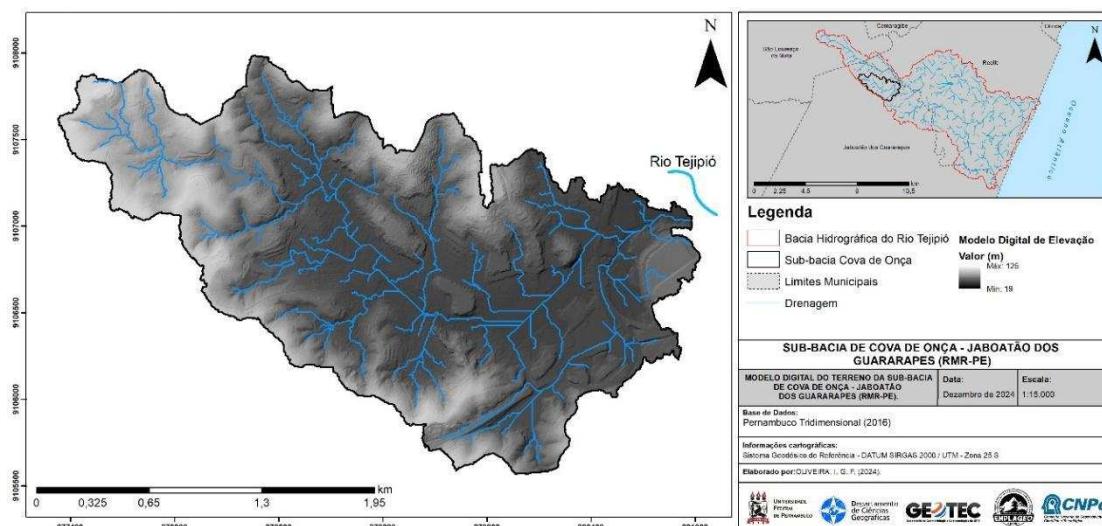
### 2.1 Área de estudo

A área de estudo, contemplando tanto o mapeamento do grau de risco técnico quanto a avaliação da suscetibilidade, corresponde à sub-bacia do rio Cova de Onça, um afluente do alto curso da bacia do rio Tejipió, com extensão de 4,2 km (Figura 2). Esta sub-bacia apresenta rochas de composição granítica, incluindo granitos, migmatitos, gnaisses e micaxistas, pertencentes ao Complexo Gnaissico-Migmatítico-Granítico (Bandeira, 2010).

O clima predominante na região é classificado como tropical úmido (As' na classificação de Köppen), com temperaturas médias variando entre 32°C e 18°C. A precipitação anual média é de 1413 mm, concentrando-se principalmente nos meses de maio a julho, durante a estação chuvosa (APAC, 2020). Os principais sistemas atmosféricos que atuam na região incluem os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), que, juntamente com a brisa marítima, são responsáveis pela maior parte das chuvas durante o período chuvoso. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os ventos úmidos dos

alísios de sudeste, oriundos da alta pressão semipermanente do Atlântico Sul, também exercem influência, contribuindo para chuvas intensas que podem deflagrar escorregamentos (Nóbrega, 2016).

A sub-bacia está inserida em um sistema geomorfológico caracterizado por colinas dissecadas, frequentemente afetadas por escorregamentos. Esses processos são amplamente influenciados por fatores antrópicos, como a ocupação acelerada e as alterações no relevo, incluindo cortes e aterros, que comprometem a estabilidade dos solos rasos, especialmente em áreas de argissolos. A escolha dessa região como objeto de estudo fundamenta-se em suas características naturais, que a tornam intrinsecamente suscetível a escorregamentos, agravadas pelo padrão de ocupação humana das últimas décadas. Esse contexto tem intensificado as pressões antrópicas, ampliando as áreas de vulnerabilidade natural e aumentando significativamente as situações de risco.



**Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo. Base de dados:** Pernambuco Tridimensional (2016). **Elaboração:** Autores (2024).

## 2.2 Análise evolutiva do uso da terra

Foram realizadas análises comparativas da evolução do uso da terra ao longo de um intervalo de 38 anos, abrangendo os períodos de 1984 e 2022, com o objetivo de identificar as mudanças decorrentes da ocupação urbana em áreas suscetíveis a escorregamentos.

Para o ano de 1984, utilizou-se uma ortofotocarta derivada de um voo aerofotogramétrico realizado pela Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM) entre 1974 e 1988. Essa ortofotocarta foi georreferenciada no software ArcGIS 10.5, por meio da ferramenta "Georeferencing", utilizando pontos de controle localizados em áreas urbanas consolidadas e rodovias presentes na sub-bacia nesse período. Em seguida, foram realizadas fotointerpretações que identificaram oito classes de uso da terra: área urbana consolidada, área urbana em consolidação,

vegetação arbórea, vegetação rasteira/campo antrópico, vegetação densa, solo exposto e zona industrial.

Para o ano de 2022, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros, capturadas em 06/03/2022 e disponibilizadas gratuitamente pela plataforma Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). No ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), as mesmas oito classes identificadas em 1984 foram delimitadas, e suas extensões territoriais calculadas, com validação realizada por meio de trabalhos de campo. Por fim, foi realizada uma comparação da evolução do uso da terra, agrupando as classes de vegetação arbórea, vegetação rasteira/campo antrópico e vegetação densa em uma única categoria de área vegetada, e as classes de área urbana consolidada e área urbana em consolidação em uma categoria de área urbana.

### **2.3 Modelo SHALSTAB, parâmetros utilizados e cenários de suscetibilidade**

Para o mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos, foi aplicado o modelo SHALSTAB (*Shallow Landslide Stability Model*) (Montgomery e Dietrich, 1994). O mapa de suscetibilidade foi gerado utilizando a ferramenta ASA (*Automatic Shalstab Analysis*) desenvolvida por Sbroglia *et al.* (2017), com base em ensaios realizados em três profundidades: 1,30 m (Cenário A), 2,30 m (Cenário B) e 4,75 m (Cenário C). Dessa forma, foram elaborados três cenários de suscetibilidade, considerando variações nos parâmetros físicos do solo.

A ferramenta ASA automatiza a aplicação da equação matemática do modelo, incorporando os seguintes dados matriciais:

1. **MDT (Modelo Digital do Terreno)**: fornecido em formato raster, utilizado para gerar os mapas de ângulo da encosta e área de contribuição;
2. **Camada geotécnica**: disponibilizada em formato vetorial, representando os parâmetros topográficos e mecânicos do solo;
3. **Camada "z"**: em formato raster, representando a profundidade do solo nos locais onde as amostras foram coletadas.

A suscetibilidade da área é representada pela razão  $q/T$ , que é calculada automaticamente pela rotina do SHALSTAB (Montgomery e Dietrich, 1994; Dietrich e Montgomery, 1998) (Equação 1). O resultado é um arquivo raster classificado em sete classes de suscetibilidade, conforme proposta de Montgomery e Dietrich (1994), que varia desde a categoria mais instável (incondicionalmente instável e saturado) até a mais estável (incondicionalmente estável e saturado).

$$\frac{q}{T} = \frac{b}{a} * \operatorname{sen}\theta * \left[ \frac{c}{\gamma w * g * z * \cos 2\theta * \operatorname{tg} \varphi_1} + \frac{\gamma s}{\gamma w} * \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} \varphi_1} \right) \right] \quad \text{Equação 1}$$

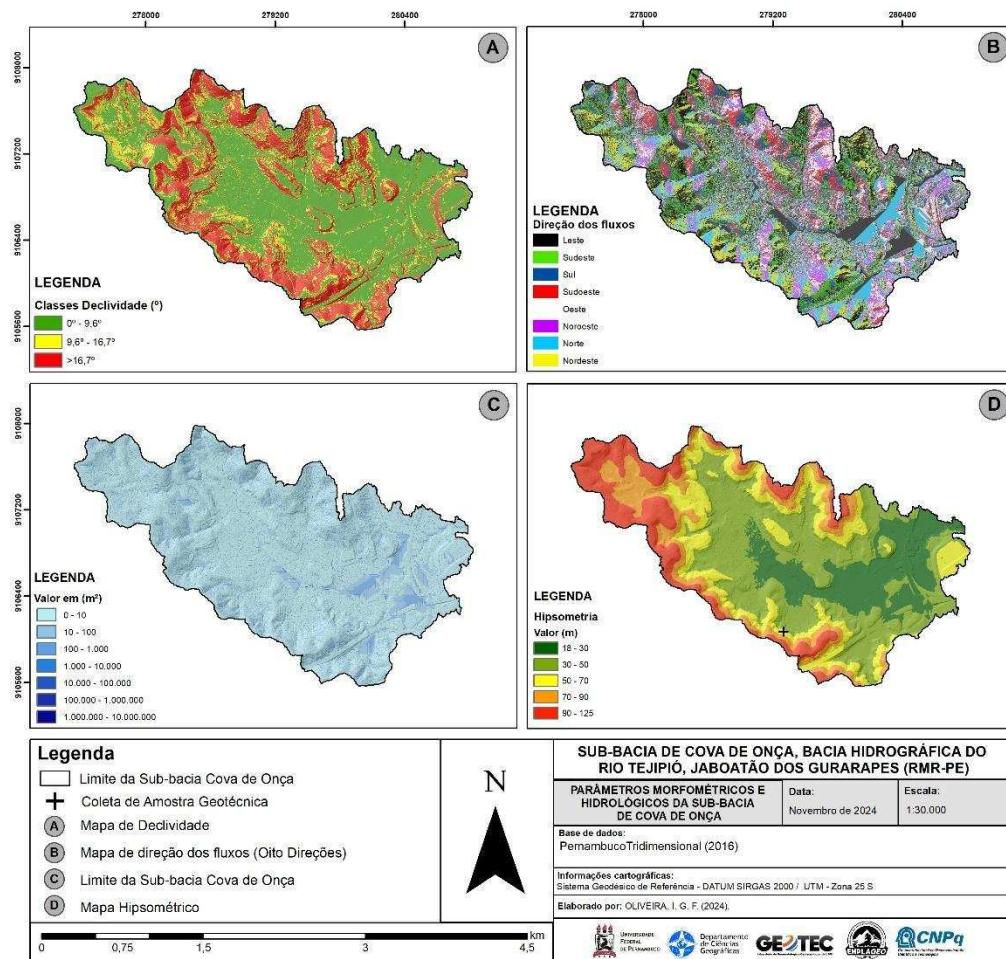
**Onde:** “ $q$ ” é a intensidade da chuva (mm); “ $T$ ” a transmissividade do solo (m<sup>2</sup>/dia), ou seja, o produto entre a condutividade hidráulica saturada e a espessura do solo; “ $b$ ” o comprimento de contorno unitário que equivale à resolução espacial do grid (m); “ $a$ ” é a área de contribuição ou área drenada a montante (m<sup>2</sup>); “ $\theta$ ” a declividade (graus); “ $c$ ” é o intercepto de coesão efetiva (kPa); “ $\gamma s$ ” é o peso específico do solo saturado (kg/m<sup>3</sup>); “ $\gamma w$ ” é o peso específico da água (kg/m<sup>3</sup>); “ $g$ ” é a aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>); “ $z$ ” a espessura do solo (m) e “ $\sigma$ ” é a tensão normal no momento de ruptura (kPa).

A obtenção dos parâmetros topográficos e hidrológicos foi realizada em ambiente SIG, utilizando o software ArcMap 10.5 (licença acadêmica) e um Modelo Digital do Terreno (MDT) de alta performance com resolução espacial de 1 metro. Esse MDT foi disponibilizado pelo Programa Pernambuco Tridimensional, fornecido pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco (SEDEC, 2016), em parceria com o Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas à Geomorfologia de Encostas e Planícies.

Para o mapa de declividade, foi adotado o parâmetro de ocupação e segurança de encostas previsto na Lei Lehmann (Lei Federal n. 6.766/79), que classifica a declividade em três categorias: 0°-9,6° (permitida a edificação de moradias), 9,6°-16,7° (permitida a construção com atenção especial e, preferencialmente, com acompanhamento técnico) e acima de 16,8° (ocupação permitida apenas mediante laudo técnico). A geração deste mapa utilizou a ferramenta Slope, da extensão Raster Surface (3D Analyst Tools). O mapa de direção dos fluxos, baseado no MDT, representa a direção do escoamento da água em oito direções possíveis. Esse cálculo foi realizado por meio da ferramenta Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Direction, utilizando o MDT hidrologicamente ajustado (Figura 3).

O mapeamento da área de contribuição é um componente essencial, pois representa o parâmetro  $a/b$  da equação, permitindo identificar zonas de acúmulo de fluxo e avaliar os efeitos da saturação do solo devido à infiltração. A saturação do solo é um fator crítico no desencadeamento de escorregamentos, já que o aumento do peso do material pode romper o ângulo de repouso, levando à perda de apoio no contato solo-rocha e aumentando a força de cisalhamento em relação à força de atrito. Este mapa temático foi gerado automaticamente pela ferramenta ASA, com base na extensão Spatial Analyst Tools/Hydrology/Flow Accumulation, utilizando como entrada a camada de 8 direções de fluxo (Figura 3).

O mapa hipsométrico, por sua vez, foi elaborado a partir da classificação das elevações máximas e mínimas do MDT, incluindo a localização dos pontos de coleta das amostras utilizadas nos ensaios geotécnicos (Figura 3).



**Figura 3 – Parâmetros topográficos e hidrológicos da sub-bacia de Cova de Onça. Base de dados:** Pernambuco Tridimensional (2016). **Elaboração:** Autores (2024).

Os parâmetros geotécnicos utilizados na modelagem do SHALSTAB foram obtidos conforme o estudo de Ramos (2019), a partir de pontos de extração localizados dentro da sub-bacia estudada, situados nas coordenadas de latitude 8°4'55.79"S e longitude 35°0'9.91"O. Nesses locais, foram coletadas amostras de solo, tanto deformadas quanto indeformadas, em diferentes profundidades: 1,30 m (Cenário A), 2,30 m (Cenário B) e 4,75 m (Cenário C) (Tabela 1).

As amostras foram analisadas por Ramos (2019) conforme sua caracterização e classificação das propriedades mecânicas do solo, com a determinação de índices físicos, incluindo a resistência à compressão simples nas condições natural e saturada. Para a modelagem, foram adotados os parâmetros do solo no estado saturado, devido à sua condição crítica de compressão e coesão (Tabela 1).

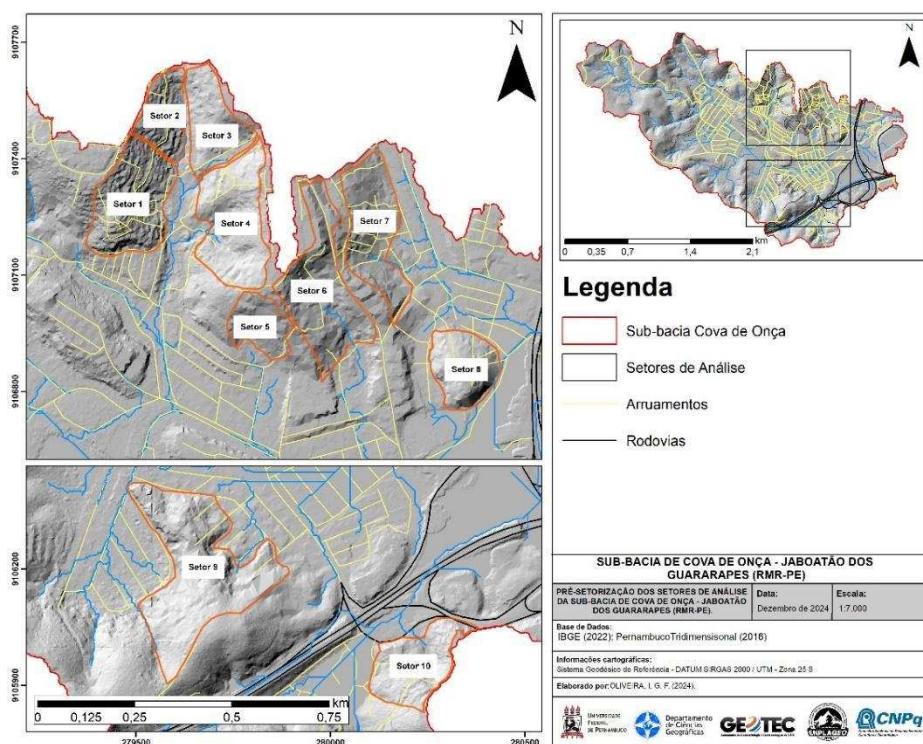
PARÂMETROS	CENÁRIOS		
	A	B	C
z – Profundidade (m) do solo	1,30	2,30	4,75
f – Ângulo de atrito (graus)	35	34	34
rs – Peso específico do solo (Kg/m <sup>3</sup> )	1610	1650	1640
cs – Coesão do solo (N/m <sup>2</sup> )	1640	810	690

**Tabela 1-** Parâmetros geotécnicos dos Cenários A, B e C utilizados na modelagem com o SHALSTAB. **Fonte:** Ramos (2019).

#### 2.4 Delimitação dos setores de risco

A delimitação dos setores para a análise de risco foi iniciada por meio da fotointerpretação de imagens de satélite, utilizada como base para a pré-setorização. A elaboração do mapa dos setores de risco (Figura 4) considerou as características de arruamento, declividade do terreno e uso da terra, em conformidade com os critérios estabelecidos pelo Ministério das Cidades e IPT (2007).

Com base nos mapas temáticos (Figura 3), foram identificadas áreas ocupadas com maior declividade e maior contribuição hídrica decorrente das precipitações, fornecendo subsídios fundamentais para a delimitação e definição dos setores. Dessa forma, foram estabelecidos 10 setores localizados em encostas com alta densidade de domicílios, nos quais as fichas de análise de risco seriam aplicadas.



**Figura 4 –** Setores delimitados para análise das áreas de risco e da suscetibilidade na sub-bacia de Cova de Onça. **Base de dados:** Pernambuco Tridimensional (2016). **Elaboração:** Autores (2024).

#### **2.4.1 Visita de campo e aplicação das fichas de risco**

Após a análise preliminar por fotointerpretação, foi possível estimar o número de domicílios em cada setor antes das visitas de campo. A distribuição dos domicílios por setor foi a seguinte: setor 1 (193 domicílios), setor 2 (142 domicílios), setor 3 (139 domicílios), setor 4 (113 domicílios), setor 5 (39 domicílios), setor 6 (179 domicílios), setor 7 (185 domicílios), setor 8 (159 domicílios), setor 9 (104 domicílios) e setor 10 (58 domicílios), totalizando 1.311 domicílios.

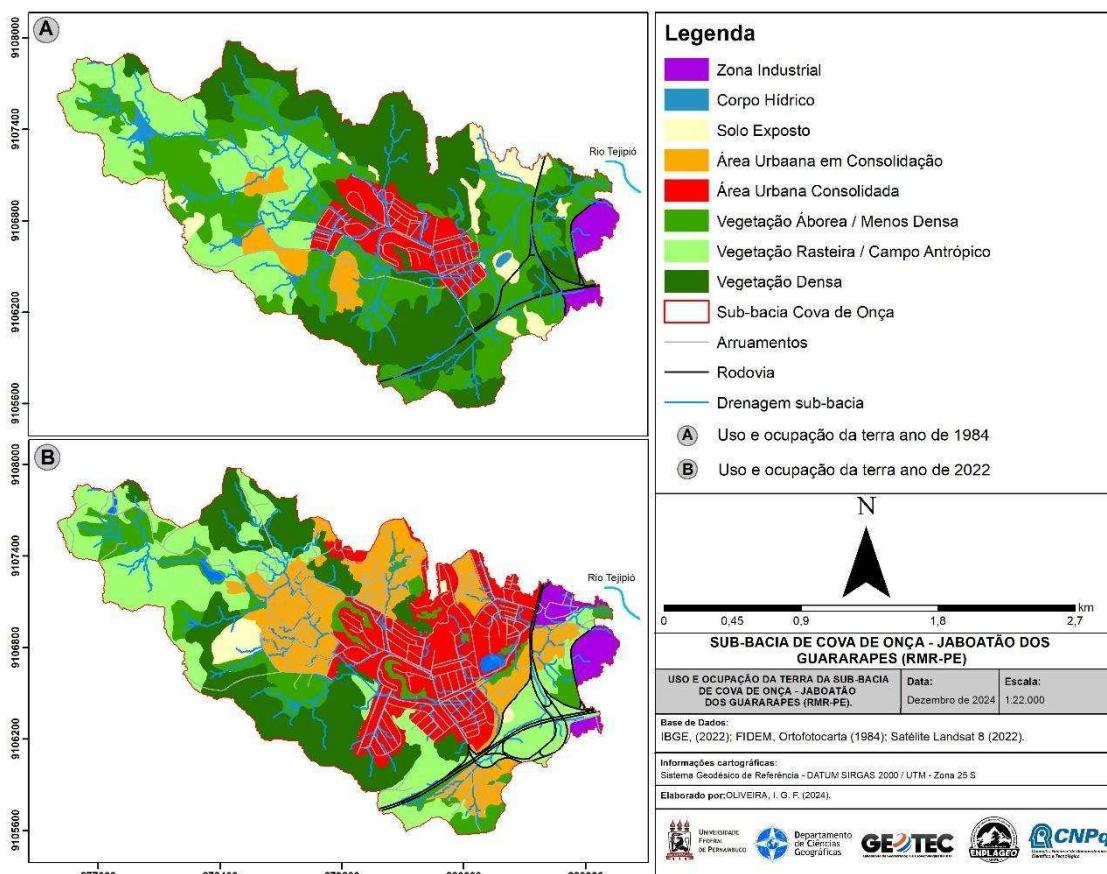
A ficha de campo utilizada para a análise do grau de risco foi adaptada do Ministério das Cidades e IPT (2007) e baseada no roteiro de cadastro. Esse método permitiu a classificação do grau de risco em cada setor, com base em estudos prévios de Alheiros e Augusto Filho (1997), Cerri e Amaral (1998), Macedo *et al.* (2004), Carvalho *et al.* (2007), Thiery *et al.* (2006), Listo e Vieira (2012), Bitar *et al.* (2014) e Melo (2021). A escala utilizada variou de R1 (risco baixo) a R4 (risco muito alto).

Para garantir uma amostragem representativa, foi estabelecido que no mínimo 10% dos domicílios de cada setor seriam avaliados, conforme recomendação de Yordanov *et al.* (2021). A seleção dos dados permitiu a elaboração de um produto estatisticamente confiável, com a classificação final do grau de risco de cada setor.

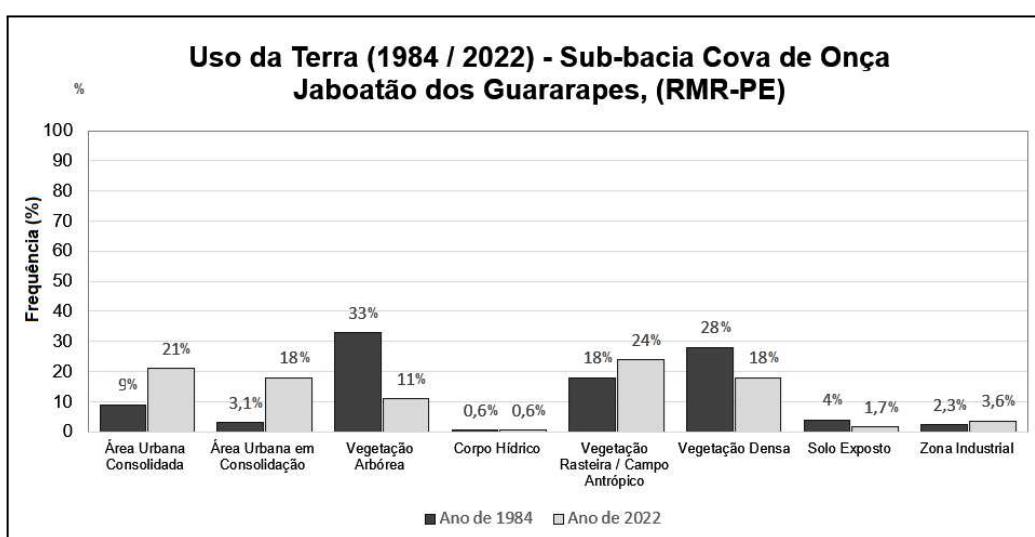
## **2. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Mapa de uso da terra (1984-2022)**

O mapeamento do uso da terra de 1984 na sub-bacia Cova de Onça evidenciou um baixo nível de ocupação urbana consolidada, que abrangia apenas 9% da área total (Figura 7). Essa ocupação urbana concentrava-se em regiões de relevo plano, planejadas e parceladas, não apresentando suscetibilidade a processos de escorregamento (Figura 6). Em contraste, aproximadamente 28% do território era coberto por vegetação densa, preservada e composta por espécies nativas da Mata Atlântica (Figura 6). Essa vegetação estava predominantemente localizada em áreas de elevada declividade, reforçando sua função como barreira natural contra a erosão e os deslizamentos de terra. Além disso, uma área correspondente a 3,4% do território era classificada como urbana em consolidação, caracterizada por áreas rurais com forte presença de campo antrópico, possivelmente destinadas ao pastoreio em propriedades nos arredores (Figura 6).



**Figura 5** – Uso da terra da sub-bacia de Cova de Onça: A) Cobertura referente ao ano de 1984; B) Cobertura referente ao ano de 2022. **Base de Dados:** Ortofotocarta – FIDEM (1984). **Elaboração:** Autores, (2024).



**Figura 6** - Percentual do uso da terra (1984) da sub-bacia de Cova de Onça. **Fonte:** Autores, (2024).

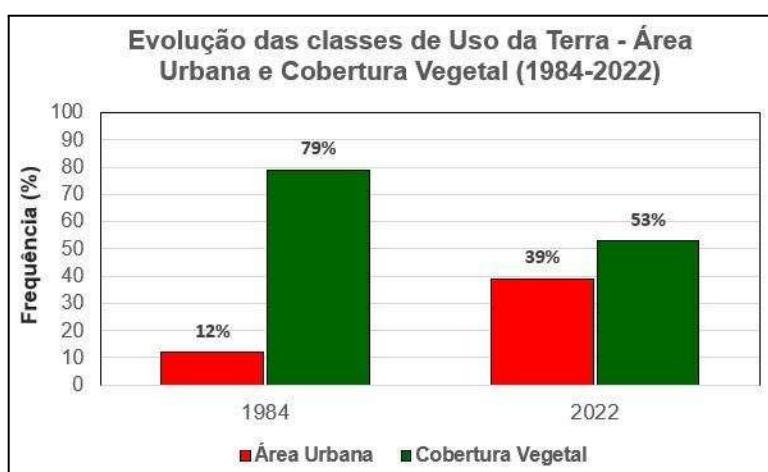
A análise do uso da terra em 2022 revela um crescimento expressivo de 200% na área urbana consolidada em relação ao ano de 1984 (Figura 7). Esse aumento significativo é atribuído, em grande parte, à construção e entrega dos conjuntos habitacionais do bairro Curado IV pela Companhia de

Habitação Popular de Pernambuco (COHAB-PE) em 1985 e processo contínuo de ocupação espontânea.

Além disso, verificou-se um aumento ainda mais pronunciado, de 580%, nas áreas urbanas em processo de consolidação em comparação com 1984 (Figura 7). Essas áreas apresentam extensão equivalente às regiões planejadas, embora muitas tenham surgido de forma espontânea, sem planejamento adequado, em terrenos íngremes. A proximidade dessas áreas com os conjuntos habitacionais planejados em terrenos planos contribuiu para sua ocupação com pouco controle. Esse crescimento urbano na região, mesmo que localizado em uma área periférica da Região Metropolitana, foi impulsionado pela especulação imobiliária, favorecida pela construção de novas rodovias e pela ampliação do transporte metroviário. Esse fenômeno tornou-se ainda mais evidente em 2014, devido à proximidade da região com a cidade-sede da Copa do Mundo de Futebol.

A comparação da evolução do uso da terra, representada na Figura 6, destaca uma redução substancial de 26% na cobertura vegetal simplificada. Em particular, a classe de vegetação densa sofreu uma perda significativa, com um terço de sua área substituído por áreas urbanas em processo de consolidação. Essa mudança ocorreu, sobretudo, em áreas declivosas, ocupadas caoticamente, o que está diretamente associado ao aumento de registros de escorregamentos nessas localidades.

No agregado entre áreas urbanas e cobertura vegetal, é notório a percepção de que o bairro passou por um acelerado processo de urbanização, ainda que mediante um planejamento excludente, a perda de área vegetada agregada foi de 26%, enquanto o aumento de área urbana total apresentou uma triplicação do seu território com 325% comparado ao ano de 1984 (Figura 8).



**Figura 7** - Percentual da evolução do uso da terra nas classes de cobertura vegetal e área urbana (1984-2022) da sub-bacia de Cova de Onça. **Fonte:** Autores, 2024.

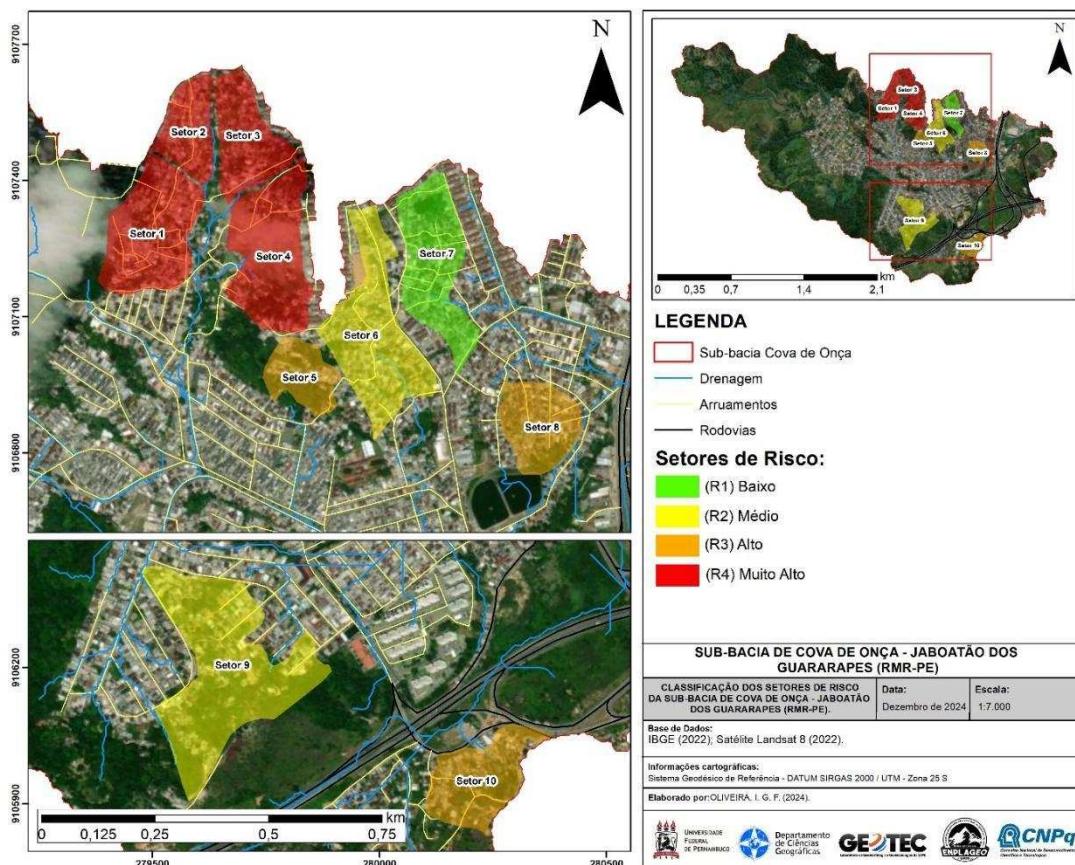
### 3.2 Graus de risco

A análise dos graus de risco na área estudada revelou informações importantes sobre a quantidade de setores, domicílios e a estimativa de moradores expostos a diferentes níveis de vulnerabilidade. Conforme apresentado na (Tabela 2) e (Figura 9), o grau de risco R1, classificado como de baixo risco, abrange apenas 1 setor, com 185 domicílios e uma estimativa de 740 moradores. Já o grau de risco R2, considerado de risco moderado, inclui 2 setores, envolvendo 283 domicílios e uma estimativa de 1.132 moradores.

No caso do grau de risco R3, categorizado como de alto risco, foram identificados 3 setores, totalizando 256 domicílios e uma estimativa de 1.024 moradores. Por fim, o grau de risco R4, que representa o nível de risco mais elevado, engloba 4 setores, com 587 domicílios e uma estimativa de 2.348 moradores expostos a situações críticas (Tabela 2) e (Figura 9). No total, os resultados demonstram que a área de estudo é composta por 10 setores, abrangendo 1.311 domicílios e uma população estimada em 5.244 moradores.

GRAU DE RISCO	QUANTIDADE DE SETORES	NÚMERO DE DOMICÍLIOS	ESTIMATIVA DE MORADORES*
R1	1	185	740
R2	2	283	1.132
R3	3	256	1.024
R4	4	587	2.348
<b>TOTAL</b>	10	1.311	5.244

\* Média brasileira de quatro moradores por residência.

**Tabela 2** – Quantidades de setores, número de domicílios e estimativa de moradores por grau de risco**Figura 8** – Classificação do grau de risco dos setores. **Elaboração:** Autores, (2024).

O setor 7, composto por 185 domicílios, apresenta características morfológicas mais estáveis, associadas a uma baixa probabilidade de ocorrência de escorregamentos. Esse cenário está diretamente relacionado ao processo de urbanização e ao padrão das moradias presentes na área. Entre as medidas de infraestrutura identificadas, destacam-se a impermeabilização das ruas, a instalação de canaletas para o escoamento adequado da água pluvial, o fornecimento de água pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e a destinação do esgoto para a rede geral.



**Figura 9 – A)** Encosta com casas no topo e presença de encanações de água servida no Setor 06; **B)** Corte recente realizado em encosta para edificação de residência no Setor 05. **C)** Domicílios localizados próximos ao limite de encostas expostas no Setor 03. **D)** Lonas em maioria dos domicílios do setor e queima de lixo domésticos realizado por moradores no Setor 03; **E)** Cicatriz do escorregamento que vitimou 6 pessoas em 28 de maio de 2022 no Setor 04. **F)** População local na realização da busca pelas vítimas no dia da deflagração no Setor 04. **G)** Encosta em forma de anfiteatro com altura de 8 metros, casas localizadas próximas a base no Setor 01. **Fonte:** Autores, (2022).

Outro aspecto relevante é o fato de o setor apresentar uma ocupação do tipo consolidada, com uma média de 30 anos de existência, conforme informações fornecidas pelos moradores. Essa característica histórica contribuiu para a implementação de fiscalizações regulares por parte dos órgãos públicos, bem como para a realização de serviços periódicos de infraestrutura, o que fortalece a resiliência do setor frente a potenciais riscos geotécnicos.

Os setores 6 e 9 destacam-se por concentrarem o maior número de domicílios por setor, totalizando 283 unidades habitacionais. Apesar disso, apresentam diferenças significativas no padrão de ordenamento urbano e no acesso aos serviços de saneamento básico, refletindo condições heterogêneas de infraestrutura.

No setor 6 (Figura 9-A), observa-se que a maioria das vias encontram-se asfaltadas, evidenciando certo nível de urbanização. No entanto, a provisão de recursos básicos ainda apresenta limitações. Embora a rede geral de abastecimento de água esteja disponível, algumas residências continuam dependendo de poços artesianos. Em relação ao esgotamento sanitário, apenas 55% das moradias estão conectadas à rede geral de esgoto, enquanto as demais utilizam fossas sépticas como alternativa.

Outro fator preocupante é a localização de várias residências próximas a encostas ou em terrenos adjacentes à taludes. Essa disposição geográfica expõe os moradores a um potencial risco de instabilidade do solo, sobretudo em períodos de intensas precipitações, reforçando a necessidade de intervenções que visem à redução da vulnerabilidade nessas áreas.

O setor 9 caracteriza-se como uma ocupação mais recente, mas com avanços notáveis no acesso à rede geral de abastecimento de água e saneamento básico. Apesar desses progressos, a infraestrutura urbana ainda apresenta lacunas significativas. A maior parte das vias permanece sem pavimentação, e não há sistemas de drenagem pluvial em operação, o que compromete o manejo adequado das águas das chuvas.

Outro aspecto preocupante no setor é a ocorrência de cortes e aterros realizados para a construção de novos domicílios. Essas intervenções, frequentemente realizadas de forma autônoma e sem critérios técnicos ou acompanhamento especializado, elevam consideravelmente o risco de processos erosivos e a saturação do solo. Tais condições reforçam a necessidade de regulamentação e monitoramento mais rigorosos, a fim de minimizar os impactos negativos associados à expansão urbana desordenada nesse setor.

Os setores 5 (Figura 9-B) e 10 apresentam características similares, que evidenciam um processo de ocupação recente, com um total de 256 unidades domiciliares. Essas áreas compartilham uma infraestrutura precária, marcada pela ausência de rede geral de abastecimento de água e de saneamento básico. Além disso, as vias permanecem não asfaltadas, e não há sistemas de drenagem pluvial instalados, o que compromete ainda mais as condições de habitabilidade e segurança.

Os domicílios nesses setores são predominantemente construídos em alvenaria, indicando um certo grau de consolidação habitacional. Contudo, os desafios relacionados à topografia são significativos, uma vez que os setores estão localizados em áreas de elevada inclinação, situadas no topo da encosta. Essa condição geográfica, embora menos suscetível a processos de escorregamento do que as bases das encostas, exige atenção especial devido à vulnerabilidade associada à ausência de

infraestrutura adequada e à possibilidade de saturação do solo em períodos de chuvas intensas. Esses fatores ressaltam a urgência de intervenções que promovam a regularização e a melhoria das condições de vida nessas áreas.

O setor 8 caracteriza-se por uma alta densidade de domicílios, predominantemente construídos em alvenaria, embora também sejam encontradas casas em madeira. Nesse setor, foi possível identificar residências situadas próximas a cicatrizes de escorregamentos anteriores, evidenciando a vulnerabilidade da área. A infraestrutura básica é ausente, sem acesso à rede geral de saneamento ou abastecimento de água. Entretanto, foram constatadas diversas ligações clandestinas à rede de água, popularmente conhecidas como "gatos", que, além de ilegais, podem causar vazamentos, contribuindo para a saturação do solo ao longo da encosta e aumentando o risco de novos deslizamentos.

Os setores 1, 2, 3 e 4, que abrigam um total de 587 domicílios, apresentam condições críticas que os tornam altamente suscetíveis a processos de escorregamento, classificando-os como áreas de alto risco. Durante o período da pesquisa, foram registradas cicatrizes recentes de escorregamentos, incluindo um evento no setor 4, ocorrido em maio (Figura 9-E), que resultou em seis vítimas fatais.

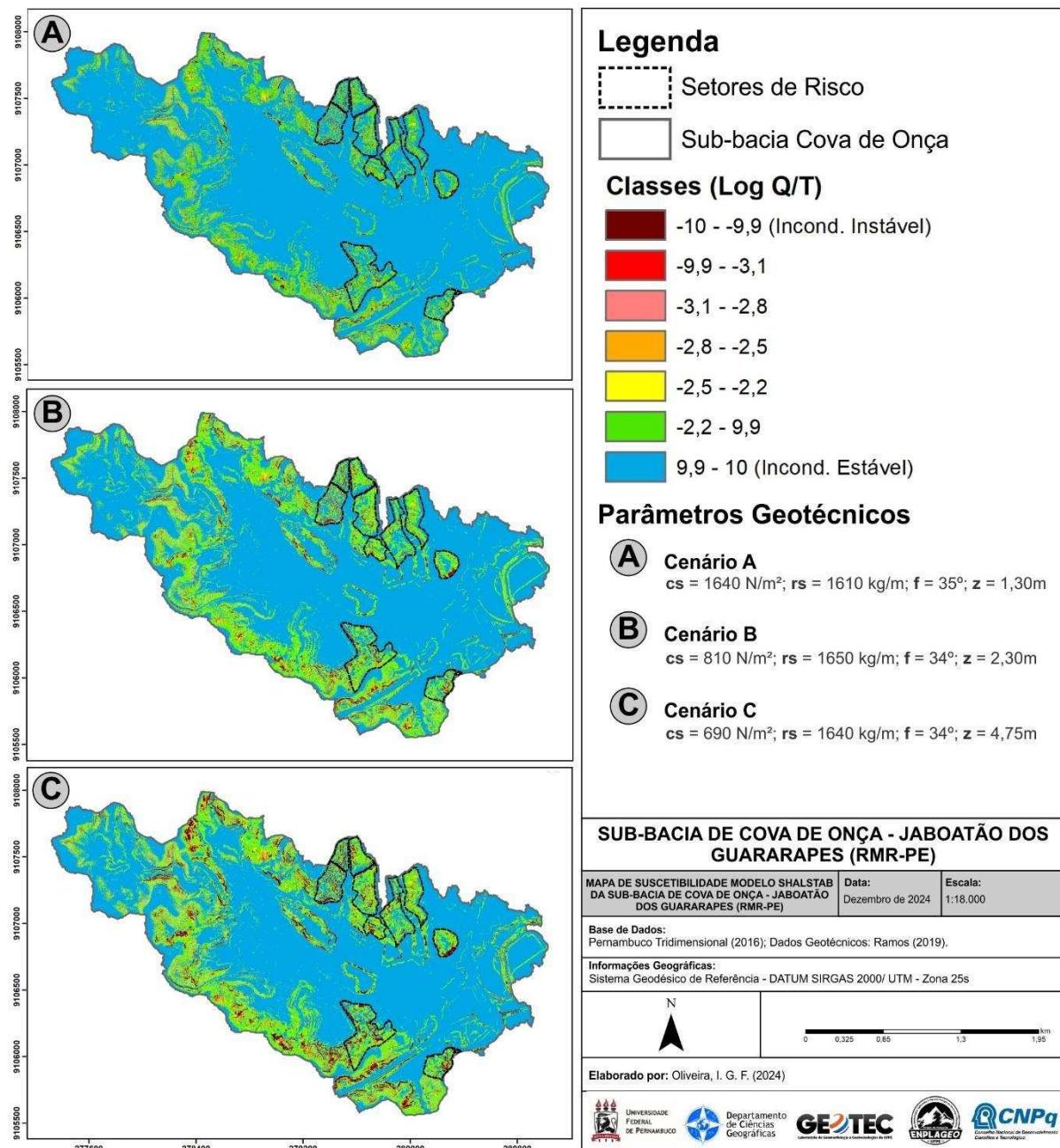
Nessas áreas, o ambiente apresenta intensas alterações associadas a práticas inadequadas, como aterros mal compactados e construções de residências com materiais mistos próximas a cortes no talude. Além disso, foi observada a presença de fossas sépticas, ausência de abastecimento de água pela rede pública, descarte inadequado de águas servidas na encosta, cultivo inadequado de bananeiras e acúmulo de entulho. Outros sinais preocupantes incluem a inclinação de postes e árvores, indicativos de instabilidade do terreno.

Essas ocupações, marcadas por sua recente consolidação, permanecem fora do alcance de ações de ordenamento urbano por parte dos órgãos competentes, o que agrava ainda mais os riscos socioambientais e destaca a necessidade urgente de intervenções estruturais e regulatórias.

### **3.3 Mapa de suscetibilidade (SHALSTAB)**

Os resultados das modelagens dos mapas de suscetibilidade apresentaram elevado grau de precisão, permitindo a identificação eficaz das áreas com maior instabilidade em encostas, com base nos parâmetros geotécnicos adotados nos três cenários analisados (Figura 10).

Outrossim, os três cenários, evidenciam distinções quanto à distribuição de células condicionalmente instáveis, apesar do peso específico do solo serem semelhantes, conforme o nível de profundidade aumenta é respectivamente perdida a coesão do solo de forma significativa, este quando saturado (Tabela 1). Desse modo, é partir da análise de solos com maior profundidade, que se pode considerar a possibilidade de domicílios localizados em partes mais elevadas topograficamente da encosta de perderem a coesão do solo.



**Figura 10** – Mapa de suscetibilidade simulado pelo modelo SHALSTAB na sub-bacia de Cova de Onça.

(A) Cenário A. **Parâmetros utilizados:**  $cs = 1640 \text{ N/m}^2$ ;  $rs = 1610 \text{ kg/m}$ ;  $f = 35^\circ$ ;  $z = 1,30\text{m}$ ;

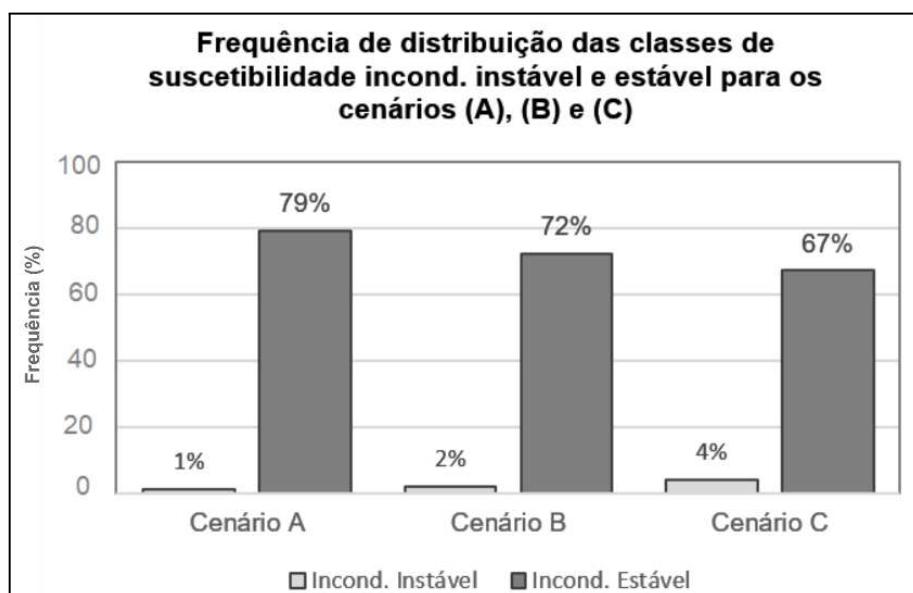
(B) Cenário B. **Parâmetros utilizados:**  $cs = 810 \text{ N/m}^2$ ;  $rs = 1650 \text{ kg/m}$ ;  $f = 34^\circ$ ;  $z = 2,30\text{m}$ ;

© Cenário C. **Parâmetros utilizados**  $cs = 690 \text{ N/m}^2$ ;  $rs = 1640 \text{ kg/m}$ ;  $f = 34^\circ$ ;  $z = 4,75\text{m}$

**Elaboração:** Autores, (2024).

A validação em campo, associada à identificação das cicatrizes de escorregamentos, destacou o desempenho superior do Cenário de modelagem C, realizado com base em ensaios de profundidade de 4,75 metros. Esse cenário demonstrou maior acurácia na delimitação de áreas caracterizadas por alta instabilidade nos setores investigados (Figura 11).

Adicionalmente, a modelagem do Cenário C revelou um elevado poder preditivo, sendo capaz de identificar áreas onde, posteriormente, ocorreram escorregamentos recentes com registro de vítimas fatais. Esses resultados ressaltam a importância da aplicação de ensaios geotécnicos em maior profundidade para o aprimoramento da identificação e gestão de riscos em encostas, reforçando sua relevância como ferramenta para o planejamento e a implementação de medidas preventivas.

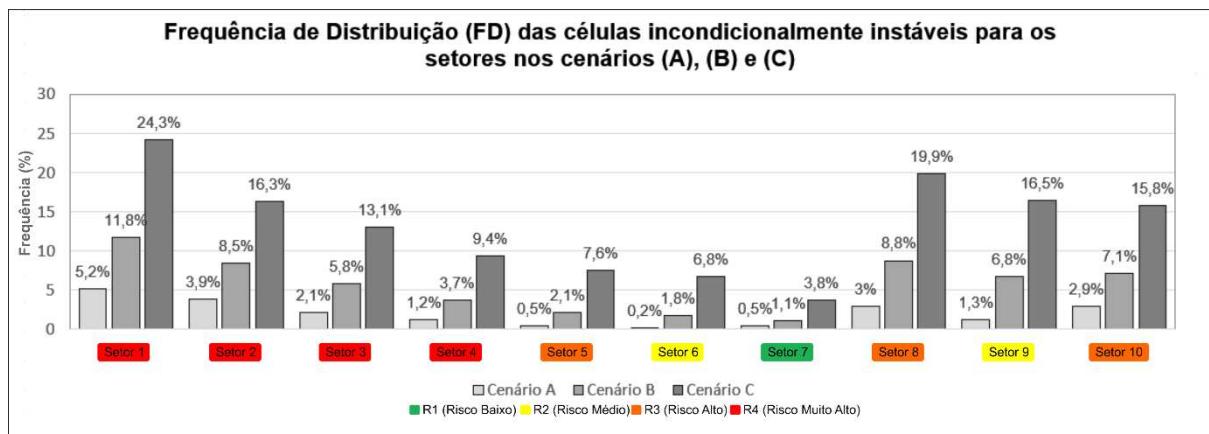


**Figura 11** – Frequência das classes de suscetibilidade incondicionalmente instável e estável simulado pelo modelo SHALSTAB para a sub-bacia de Cova de Onça, nos cenários (A), (B) e (C). **Elaboração:** Autores, (2024).

A análise da distribuição da frequência das classes de suscetibilidade nos três cenários propostos revelou que a modelagem realizada com profundidade de 4,75 metros (Figura 12) apresentou uma maior proporção de células classificadas como incondicionalmente instáveis. Esse padrão de instabilidade foi particularmente evidente em áreas com declividades superiores a 16,7º, as quais correspondem a aproximadamente 4% da área total da sub-bacia.

Esse resultado evidencia a influência significativa da declividade e da profundidade dos parâmetros geotécnicos na identificação de áreas de maior suscetibilidade. A maior concentração de células instáveis em terrenos de alta inclinação reforça a relevância de modelagens em maior profundidade para a avaliação precisa da estabilidade do solo, especialmente em regiões com topografia acentuada, onde o risco de processos de escorregamento é elevado. Esses achados fornecem subsídios essenciais para a priorização de ações de mitigação e planejamento em áreas de risco crítico.

Após a delimitação dos setores no mapa de suscetibilidade, foi possível identificar as áreas com a maior porcentagem de células classificadas como incondicionalmente instáveis por área.

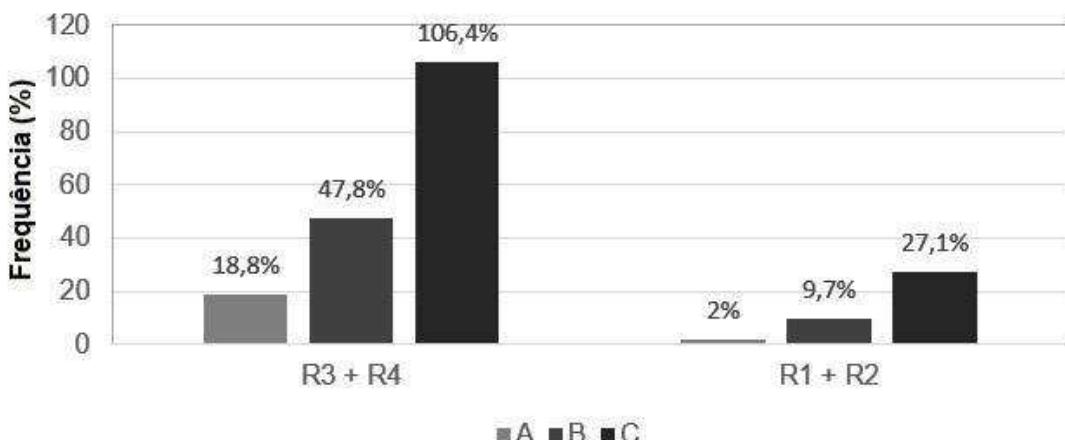


**Figura 12** – Diagrama de dispersão das células incondicionalmente instáveis por setores de risco nos cenários (A), (B) e (C). **Elaboração:** Autores, (2024).

Os cenários gerados pelo modelo SHALSTAB para a análise da suscetibilidade nas áreas delimitadas demonstraram forte consonância com os resultados da análise técnica de risco, especialmente nos setores 1 e 2. Nesses setores, o processo de antropização das encostas, intensificado pelas atividades dos residentes, desempenhou um papel crucial na ampliação das áreas classificadas como incondicionalmente instáveis (Figura 12).

Esse padrão é consistente com os resultados apresentados por Santos e Listo (2019), que também identificaram a influência antrópica como um fator determinante para o aumento da instabilidade em encostas. A intervenção humana, frequentemente marcada pela ausência de planejamento e de critérios técnicos adequados, intensifica os processos de degradação do solo e favorece a ocorrência de escorregamentos, evidenciando a relevância de ações preventivas voltadas à regulação e à mitigação dos impactos da ocupação mal planejada.

### Concentração de Risco (CR) por agrupamento de setores e células incondicionalmente instáveis.



**Figura 13 – Concentração de Risco (CR) por agrupamento de setores e células incondicionalmente instáveis.**  
**Elaboração:** Autores, (2024).

Por fim, também foi possível realizar o cálculo do índice de Concentração de Risco (CR), que indica a distribuição total dos setores, desse modo, foram agrupadas as porcentagens de células incondicionalmente instáveis por grau de risco para cada um dos setores analisados (Figura 13). No primeiro agrupamento estão os setores (1, 2, 3, 4, 5, 8 e 10) correspondentes aos graus de risco R3 e R4, desenvolvidos para as modelagens dos cenários A, B e C dos SHALSTAB, de forma em que o cenário C apresentou melhor resultado, visto que os setores de maior grau risco também são os que naturalmente apresentam maior instabilidade aos eventos de escorregamentos local, é necessário também suscitar que o resultado percentual do cenário C (106,4%) corresponde ao agrupamento de células de todos os setores, de modo com que a extensão territorial seja de 15,2% referente a área total do agrupamento dos 7 setores, o que ainda assim demonstra maior acurácia em comparação aos cenários A e B. De semelhante modo, no segundo agrupamento estão os setores (6, 7 e 9), estes de graus de risco R1 e R2, onde não foram apresentadas fortes características antrópicas e naturais que condicionem tanto ao risco quando a suscetibilidade de novos eventos de escorregamentos, desse modo, validados pelos valores inferiores à 27,1% no cenário C, o que corresponde à 3,87% de concentração de risco (CR) dos 3 setores agrupados.

Apesar de apresentar um histórico de intensos processos de antropização e de ocorrência de deslizamentos, com base no cenário C, o setor 4 ocupa apenas a sexta posição entre as áreas com maior instabilidade, com 9,4% de sua extensão composta por células classificadas como incondicionalmente instáveis (Figura 12). Esse resultado contrasta com as condições observadas em campo, sugerindo que o impacto da dinâmica antrópica não é considerado na modelagem.

Dessa forma, a influência do fator antrópico emerge como uma variável de maior relevância no condicionamento dos processos de instabilidade em encostas para a área de estudo. Esse aspecto destaca a necessidade de incorporar, de forma mais robusta, parâmetros relacionados à intervenção humana na modelagem e nos métodos de previsão de escorregamentos. A consideração ampliada dessa variável pode aumentar a precisão dos modelos preditivos, ajustando-os melhor às realidades locais e às dinâmicas específicas de ocupação.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste estudo e da relação do mapeamento de risco e a suscetibilidade apresentada no cenário C, este de melhor desempenho da modelagem SHALSTAB, constatou-se que o Setor 1 é identificado como a área com maior instabilidade, apresentando cerca de 24,3% das células classificadas como incondicionalmente instáveis em relação à sua extensão total. Essa classificação se apresenta em conformidade com o mapeamento técnico de risco, que atribui ao Setor 1 um risco muito alto (R4). Em contrapartida, o Setor 8 apresenta 19,9% de suas células identificadas como incondicionalmente instáveis. Contudo, no mapeamento de risco, é classificado como de risco alto (R3), devido à ausência de domicílios na encosta, o que reduz significativamente a probabilidade de acidentes nessa localidade.

O mapeamento de suscetibilidade também demonstra concordância na identificação de áreas com maior estabilidade e baixo risco (R1), como é o caso do Setor 7. Nesse setor, apenas 4,8% das células são classificadas como incondicionalmente instáveis, corroborando sua classificação como área de baixo grau de risco.

O índice de Concentração de Risco (CR) apresentou o cenário C da modelagem como o mais próximo das características que expõe a população ao risco, este, analisado em campo, a partir das características observadas, assim como do histórico de eventos de escorregamento em cada um dos setores analisados. É possível considerar que quanto maior a profundidade do solo e peso específico, este em estado de saturação, consequentemente diminui a coesão solo, corroborando para a ruptura do perfil do talude em eventos de grandes precipitações pluviométricas.

Observa-se, contudo, que para uma análise mais precisa da suscetibilidade, é necessário delimitar setores com menor extensão territorial. O Setor 4, por exemplo, não apresenta uma alta proporção de células incondicionalmente instáveis em relação à sua área total. No entanto, o processo de escorregamento foi deflagrado, resultando em danos econômicos e sociais, incluindo vítimas fatais. Esse fato evidencia a importância de considerar não apenas a proporção de áreas instáveis, mas também a dinâmica antrópica e as condições locais.

Verifica-se que o processo de urbanização e ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a escorregamentos intensifica a ocorrência desses eventos. A ausência de um sistema de drenagem

eficiente surge como um dos principais fatores que contribuem para a erosão e a saturação do solo nas encostas, aumentando a instabilidade da vertente e a frequência de escorregamentos.

Emerge, assim, a importância da combinação entre os parâmetros do mapeamento de suscetibilidade, por meio do modelo matemático determinístico SHALSTAB, e os dados obtidos no mapeamento técnico de risco, realizado com aplicação de fichas avaliativas e observações locais. Essa integração permite uma análise mais eficaz e preventiva, potencializando a mitigação de danos causados por escorregamentos.

Por fim, os produtos gerados por este estudo oferecem uma ferramenta valiosa para o monitoramento e a identificação de áreas suscetíveis e de alto risco, além de subsidiarem a intervenção de órgãos responsáveis pelo planejamento urbano e pela defesa civil. Esses resultados podem prevenir futuros danos associados a processos de escorregamento. Ademais, os dados apresentados fornecem uma base sólida para pesquisas futuras, tanto nesta região quanto em outras áreas de estudo, contribuindo para o desenvolvimento de novas abordagens e soluções para a gestão de riscos socioambientais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento a esta pesquisa e à Defesa Civil do município de Jaboatão dos Guararapes.

## REFERÊNCIAS

- Agência Pernambucana de Águas e Climas – APAC, (2020). **Boletim do clima**, Recife, v.8 n.12 p.32 dezembro.
- Alencar, A. K. B. (2016). **Urbanismo sensível às águas: O paradigma da sustentabilidade na concepção de projetos para recuperação de rios urbanos**. Tese - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 295 p.
- Alheiros, M. M.; Souza, M. Â. A.; Bitoun, J; Medeiros, S. M. G. M.; Júnior, W. M. A. (2004). **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. 21p. Fundação de Desenv. Municipal FIDEM; coord. Margareth Mascarenhas Alheiros. (et al.). - Recife: Ensol.
- Bandeira, A. P. N. (2010). **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife**. 340p. (Tese) doutorado em engenharia civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Bitar, O. Y. et al. (2014). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000: nota explicativa**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Blanco J. C. (2020). **A criação das regiões metropolitanas no processo de urbanização brasileiro.** in: Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. "XII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, São Paulo-Lisboa.

Carvalho, C. S.; Ogura; A. T.; Macedo, E. S. (2007). **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios.** Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, p. 9-32.

Carvalho, C. M. De; Riedel, P. S. (2005). **Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo da suscetibilidade há escorregamentos translacionais dos polidutos de Cubatão-SP.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriametno Remoto, 12, 2005, São Paulo. Anais. São Paulo: INPE p.2901-2908.

Dietrich, W. E.; Montgomery, D. R. (1998). **A digital terrain model for mapping shallow landslide potential.** Geological Sciences. University of Washington. Seattle.

Fernandes, N. F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Vieira, B. C.; Montgomery, D. R.; Greenberg, H. (2002). **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis.** Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, v. 2, n. 1.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2018). **População em áreas de risco no Brasil.** Coordenação de Geografia, 91 p. Rio de Janeiro.

Listo, F. L. R.; Vieira. B. C. (2012). **Mapping of risk and susceptibility of shallow-landslide in the city of São Paulo, Brazil.** Geomorfology, v.169-170, p.30-44,

MARCHEZINI, V. (2015). **Redução de vulnerabilidade a desastres: dimensões políticas, científicas e socioeconômicas.** WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers. Newcastle upon Tyne and São Paulo, v. 2, n. 17, p. 82-102.

Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. (2007). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** In: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 176p.

Ministério do Desenvolvimento Regional, MDR. (2021). **GIRD + 10: caderno técnico de gestão integrada de riscos e desastres.** Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Coordenação: Samia Nascimento Sulaiman. Brasilia, 151p.

Montgomery, D. R.; Dietrich, W. E. (1994). **A physically-based model for the topographic control on shallow landsliding.** Water Resources Research (30), p.1153-1171.

NÓBREGA, R. S.; FARIA, R. F. L. (2016). **Eventos extremos pluviais em Jaboatão dos Guararapes: climatologia e estudo de caso.** Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo Volume Especial 70-82.

Pfaltzgraff, P. A. S. (2007). **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da Região Metropolitana de Recife.** Recife, P523m. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Recife-PE.

Ramos, M. C. L. S. (2019). **Estudo geológico-geotécnico e análise da estabilidade de uma encosta localizada no bairro do Curado II no Município de Jaboatão dos Guararapes - PE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Santana, J. K. R.; Listo, F. L. R. (2018). **Alterações morfológicas de encostas e deflagração de escorregamentos em áreas densamente urbanizadas: uma análise evolutiva em uma sub-bacia do município de Recife (PE).** Revista de Geografia (Recife), v. 35, p. 1-19.

SAM/CC/PR, Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento da Casa Civil da Presidência República (2023). **Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais.** Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. 66p. Disponível em: [\[https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy\\_o\\_f\\_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR\\_SEI\\_00042.000497\\_2023\\_74.pdf\]](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_o_f_NotaTcnica12023SADJVISAMCCPR_SEI_00042.000497_2023_74.pdf) Acesso em: 10/dez/2024.

SANTOS, E. M.; LISTO, F. L. R (2019) **Escorregamentos translacionais rasos no município de Camaragibe, região metropolitana do Recife: Uma análise preliminar a partir do modelo SHALSTAB.** Revista de Geociências do Nordeste. V 5, Nº 2. 131-145p.

Thiery, Y. Malet, J.P. Maquaire, O. (2006). **Test Of Fuzzy Logic Rules For Landslide Susceptibility Assessment.** In: Colloque International De Géomatique Et D'analyse Spatiale Recherches & Développements (Sageo). n. 1, 2006, Strasbourg, France, Proceedings. Strasbourg, n. 1, p. 01-16.

Yordanov, V., Biagi, L., Truong, X., Tran, V., Brovelli, M. (2021). **An overview of geoinformatics state-of-the-art techniques for landslide monitoring and mapping.** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVI-4/W2- 2021, 205-212.

## SOBRE OS AUTORES

**Igor Oliveira**  - Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPE). Bacharelando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pós-graduando em Ensino de Geografia e Pesquisa pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Licenciado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2022). Especialista em Docência em Geografia e Práticas Pedagógicas pela Faculdade Iguáçu - FI (2023). Membro do Grupo de Pesquisa Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies - ENPLAGEO (DCG/CFCH/UFPE) e do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Processamentos de Imagens Orbitais - LASENSO (DECART/CTG/UFPE) . Extensionista no projeto: Comunicação de Áreas de Riscos vinculado à Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEXC/UFPE). Conselheiro da Empresa Júnior MapGeo - Mapeamentos e Soluções Geográficas (DCG/UFPE). Bolsista no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC-CNPq (2020/2021 e 2021/2022). Atuou como professor de Geografia na condição de voluntário no Pré-Vestibular GRADAÇÃO vinculado ao Centro de Educação da UFPE e no Pré-Vestibular PORTAL-UFPE (2020/2021). Possui interesse nas áreas de Ensino e Pesquisa de Geografia com ênfase em Geomorfologia, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados à Cartografia de Áreas de risco à escorregamentos e inundações.

E-mail: igor.gf oliveira@ufpe.br

**Fabrizio Listo**  - Mestre e Doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Bacharel e Licenciado em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Realizou Pós-Doutorado no Instituto de Geografia "Romualdo Ardisson" da Universidad de Buenos Aires (UBA), com bolsa do CNPq, sob a supervisão da Profa. Emérita Dra. Claudia E. Natenzon. Professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no Departamento de Ciências Geográficas. Membro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (PPGCGTG/Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) da UFPE. Coordenador do Grupo de Pesquisa ENPLAGEO (Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies) e do Laboratório de Geomorfologia e Geotecnologias (GEOTEC) do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. Foi membro do Conselho da União da Geomorfologia Brasileira (Gestão 2017-2020). Vice-líder do Grupo de Pesquisa em Mapeamento Geomorfológico e do Quaternário Continental - GEODEQC (UFPE). Tutor da Empresa Jr. MapGeo: Mapeamentos e Soluções Geográficas no Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia e Geotecnologias aplicadas à Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas:

Processos de dinâmica superficial em ambientes tropicais úmidos e semiáridos (especialmente movimentos de massa, processos erosivos, enchentes e inundações); Cartografia de risco e de vulnerabilidade; Mapeamentos participativos; Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicados a gestão de riscos; Modelos Matemáticos de previsão, Metodologias para Redução do Risco de Desastres e Técnicas de ERRD (Educação para Redução de Riscos e Desastres). Atualmente, coordena a elaboração dos Planos Municipais de Redução de Risco (PMRR) dos Municípios de Jaboatão dos Guararapes/PE e Olinda/PE em Acordo de Cooperação Técnica com a Secretaria Nacional de Periferias do Ministério das Cidades, estando conectado com a Rede PMRR Brasil/Ministério das Cidades.

E-mail: fabrizio.listo@ufpe.br

Data de submissão: 20 de fevereiro de 2025

Aceito para publicação: 01 de setembro de 2025

Data de publicação: 05 de outubro de 2025