



SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA EM ÁREAS URBANIZADAS: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO CURADO, JABOATÃO DOS GUARARAPES/PE

Amaury Gouveia Pessoa Neto

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Clara Larissa Teixeira Moura

Universidade Federal de Pernambuco

Ericka Delania Veríssimo de Andrade

Universidade Federal de Pernambuco

Fabrizio de Luiz Rosito Listo

Universidade Federal de Pernambuco

Danielle Gomes da Silva Listo

Universidade Federal de Pernambuco

Marcus Metri Correa

Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

O presente estudo se debruça no objetivo de elaborar um mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no bairro do Curado em Jaboatão dos Guararapes/PE. Por meio de um levantamento de dados quantitativos, os métodos aplicados pautados possibilitaram identificar o grau de propensão de deslizamentos a partir da seleção dos seguintes fatores condicionantes a esse processo: geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, declividade e pluviosidade. Os dados espaciais que representam esses fatores foram adquiridos através de sítios on-line de órgãos oficiais, reclassificados e submetidos ao processo de álgebra de mapas. Diante do produto central gerado por esse estudo, ou seja, o mapa de suscetibilidade, obteve-se a compreensão de que pelo mapeamento da região estudada, quanto à suscetibilidade a movimentos de massa é possível verificar que maior parte do território abrange as classes definidas como alta e muito alta, resultando 79,23% da área estudada. Nessa perspectiva, o trabalho também possibilitou uma reflexão que os estudos nesse local mencionando necessitam continuar na missão de mitigar riscos socioambientais, através de um planejamento urbano interdisciplinar e respaldado nas pesquisas científicas na área.

Palavras-chave: Dados Espaciais, Planejamento Urbano, Riscos Socioambientais.

Susceptibility to mass movements in urbanized areas: A case study in the Curado neighborhood, Jaboatão dos Guararapes/PE

ABSTRACT

The present study presented here focuses on the objective of preparing a map of susceptibility to mass movements in the neighborhood of Curado in Jaboatão dos Guararapes- PE. Through a quantitative data survey, the applied methods made it possible to identify the degree of landslide propensity based on the selection of conditioning factors for this process defined by IBGE (2019) which are: geology, geomorphology, pedology, land cover and use, slope and rainfall, in addition to the proposal to use the reclassification of these factors and algebraic applications to obtain the data. The spatial data representing these factors were acquired through online websites from official bodies, still using the methods used. Given the central product generated by this study, that is, the susceptibility map, it was possible to understand that by mapping the studied region, in terms of susceptibility to mass movements, it is possible to verify that most of the territory covers the classes defined as high and very high, resulting in 79.23% of the studied area. From this perspective, the work also enabled a reflection that studies in this location need to continue the mission of mitigating socio-environmental risks, through interdisciplinary urban planning and supported by scientific research in the area.

Keywords: Spatial Data, Urban Planning, Socio-environmental Risks.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a evolução da urbanização ocorreu de maneira intensa a partir da segunda metade do século XX, quando expressiva parcela da população migrou do campo para a cidade, conduzida pelas oportunidades promovidas pela industrialização (ALVES et al., 2018; FREITAS; ROBAINA, 2019; WU et al., 2021; CARVALHO et al., 2022). Porém, em grande parte das cidades brasileiras, esse fenômeno evoluiu de forma acelerada, sem que o Poder Público conseguisse acompanhar adequadamente, acarretando problemas de diversos níveis, como o social, o econômico, o cultural e, sobretudo, o ambiental (ROCHA; SCHULER, 2016; BISPO et al., 2020; PEREIRA et al., 2022).

O desenvolvimento urbano, sem o devido planejamento, resulta em significativas modificações na cobertura e uso da terra e nos padrões de paisagem, refletindo em consideráveis danos ao sistema ambiental como: perda de biodiversidade, poluição ambiental, escassez de água, entre outros (SANTOS et al., 2021; LIANG et al., 2022; CHEN et al. 2023). Ele propicia intervenções antrópicas, como a substituição da cobertura vegetal das encostas pela ampliação das áreas impermeabilizadas, que somadas às condições climáticas adversas, acentuam a ocorrência de movimentos de massa, e que, comumente, resulta em prejuízos econômicos e ambientais, podendo provocar perda de vidas humanas (COSTA JUNIOR; CABRAL, 2019; SANT ANA et al., 2020).

Os movimentos de massa são processos que apresentam o transporte de material rochoso e/ou de solo, de modo que a força gravitacional se constitui como o agente deflagrador principal (HE et al., 2019; KORMANN; ROBAINA, 2019). Diante dos transtornos provocados à sociedade por esses movimentos, torna-se imprescindível o desenvolvimento de metodologias para identificação das áreas suscetíveis a esse tipo de processo, a fim de limitar a ocupação das mesmas (COSTA

JUNIOR; CABRAL, 2019). Conforme Girão et al. (2018), suscetibilidade é a propensão que a região apresenta à ocorrência de determinado fenômeno e/ou processo físico, tendo a sociedade como elemento de intervenção, o que faz com que o processo seja retardado ou acelerado.

A tecnologia do Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita que sejam realizados a coleta, o armazenamento, o processamento de dados e a realização de análises espaciais, resultando na elaboração de mapas temáticos (PESSOA NETO et al., 2023). Essa versatilidade torna o SIG fundamental para a gestão de riscos e desastres, permitindo a identificação de regiões mais favoráveis a movimentos de massa (AMAYA et al., 2021; LIMA et al., 2021). A análise da suscetibilidade a movimentos de massa pode ser verificada em diversos estudos que, aliado ao SIG, abrangem a análise multi-critério, a estatística e/ou o machine learning (VOJTEKOVÁ; VOJTEK, 2020; DEVARA et al., 2021; AGRAWAL; DIXIT, 2022; KHALIL et al., 2022; JARI et al., 2023; PESSOA NETO et al., 2023; SAHA et al., 2023; TAVAKOLIFAR et al., 2023).

O município de Jaboatão dos Guararapes, localizado no estado de Pernambuco, vivenciou representativas intervenções em sua malha urbana a partir do final do século XX, que ocorreu de maneira desordenada, sem adequados suporte e fiscalização do Poder Público, implicando em zonas urbanas densamente povoadas (PEREIRA; FERREIRA, 2013). Problemas como ocupação e, conseqüentemente, a deposição de resíduos sólidos em áreas de encostas se intensificaram, acentuando ocorrência de movimentos de massa, que se agravam em casos de precipitação extrema.

Esse fato foi comprovado mediante ao evento de precipitação pluviométrica que ocorreu no município no dia 28 de maio de 2022, que alcançou o índice diário acumulado de 252,40 mm, equivalente a 90,54% da média mensal da região (APAC, 2022). Além de movimentos de massa, esse evento extremo provocou inundações e alagamentos em representativa parte do território municipal, implicando em severos danos humanos, patrimoniais e ambientais.

Sob essa perspectiva, o presente trabalho visa utilizar a tecnologia do SIG, em conjunto com a Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios (MCDM), para desenvolver um mapa de suscetibilidade que irá indicar quais as áreas mais propensas à ocorrência de movimentos de massa no bairro Curado, no município de Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco.

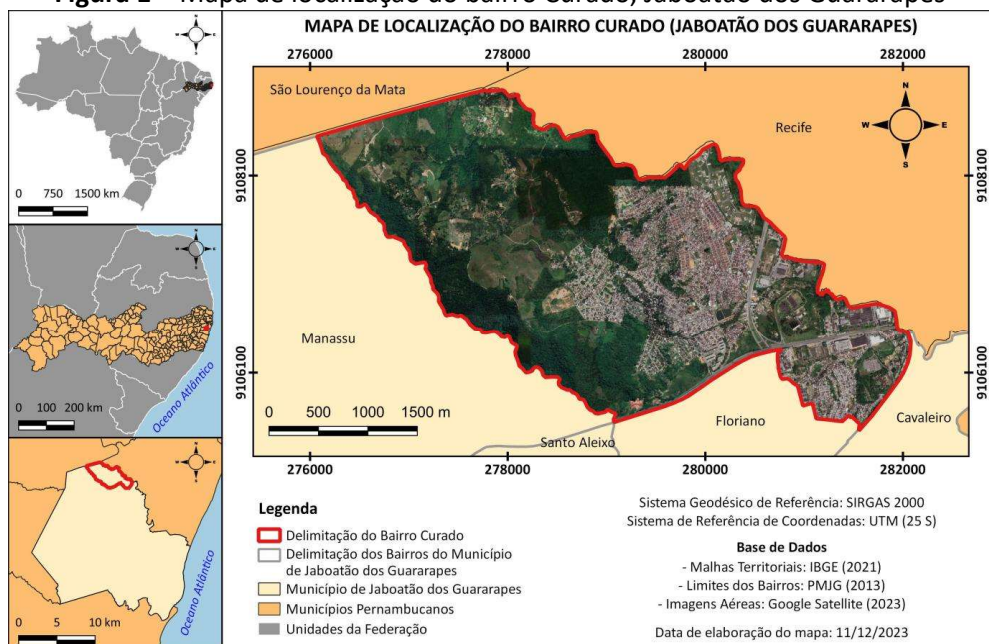
LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO ESTUDO

O município de Jaboatão dos Guararapes está localizado na parte litorânea do estado pernambucano e faz parte a Região Metropolitana do Recife (RMR). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2023), Jaboatão dos Guararapes ocupa uma área aproximada de 258,70 km², situa-se a 16,10 km de Recife, a capital de Pernambuco, e suas principais rodovias de acesso são as BR-101, BR-232, BR-408, PE-007 e PE-008. O município detém o título de ser o segundo

mais populoso de Pernambuco, abrangendo uma população de 644.037 habitantes (IBGE, 2023). Conforme o Plano Diretor de Jaboatão dos Guararapes, o município é dividido em cinco distritos, são eles: Jaboatão dos Guararapes, Jaboatão, Cavaleiro, Curado e Jardim Jordão (JABOATÃO DOS GUARARAPES, 2008).

A região selecionada para este estudo compreende o bairro Curado, como apresentada a Figura 1. O bairro Curado foi originado no final da década de 1970 a partir da implantação de um conjunto habitacional homônimo, sendo ele dividido em cinco partes: Curado I, Curado II, Curado III, Curado IV e Curado V (RAMOS, 2019). A região estudada abrange uma área de, aproximadamente, 10,77 km², configurando 4,16% do território municipal e foi escolhida por apresentar características físico-naturais e considerável índice de urbanização, que o condiciona a apresentar áreas suscetíveis ao processo de movimentos de massa.

Figura 1 – Mapa de localização do bairro Curado, Jaboatão dos Guararapes



Fonte: Elaborado pelos autores.

Acerca dos aspectos geológicos, a área em estudo contempla a Formação Barreiras, predominantemente, além disso, apresenta colinas de topos convexos do Piemonte da Borborema (XAVIER, 2020). Em relação à pedologia, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a região apresenta três tipos de solos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico e Latossolo Amarelos e ainda compreende a área urbana, que é representada pela descaracterização dos solos pelos seus diversos tipos de ocupação e uso como vias e edificações (EMBRAPA, 2018).

Quanto à climatologia, segundo Nóbrega e Farias (2016), a região do estudo situa-se numa região de clima tropical, que apresenta temperaturas que variam entre 18 °C e 32 °C. Apresenta valor médio de precipitação anual de 2.008,71 mm, sendo a precipitação máxima mensal verificada, geralmente, durante o mês de junho, podendo ser superada na ocorrência eventos extremos (Pessoa Neto, Silva e Barbosa, 2022). Em relação à hidrografia, o bairro Curado compreende a bacia hidrográfica do rio Tejipió, que, segundo a Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco (Seinfra), constitui a Unidade de Planejamento Hídrico 04 - UP04 denominada Metropolitana Sul (SEINFRA, 2022).

O bairro Curado enfrenta profundas transformações no espaço devido à intensa e desordenada expansão da malha urbana. O lançamento de resíduos sólidos e efluentes domésticos não tratados diretamente em encostas e a ocupação de moradias em locais inadequados (Figura 2) potencializam os episódios de movimentos de massa, que se agravam durante eventos extremos de precipitação.

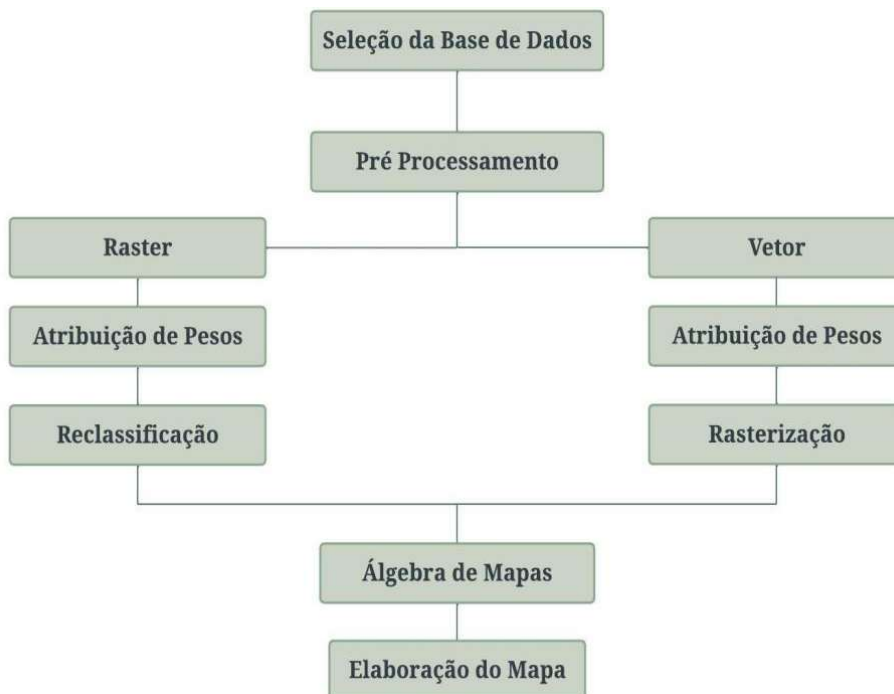
Figura 2 – Registros de fatores que potencializam o risco a movimentos de massa no bairro Curado, Jaboatão dos Guararapes



Fonte: Pessoa Neto et al. (2024).

MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 3 apresenta a sintetização da metodologia utilizada neste estudo. O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no bairro Curado foi elaborado por meio da seleção de fatores que tornam a região favorável a esse tipo de processo, sendo os mesmos estabelecidos por IBGE (2019). Em seguida, segundo o grau de propensão a movimentos de massa, valores (pesos) foram relacionados aos fatores pelo processo de reclassificação. Por fim, através da álgebra de mapas, os dados espaciais reclassificados foram combinados a um modelo matemático proposto por IBGE (2019), sendo possível a produção do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa.

Figura 3 – Sintetização dos procedimentos metodológicos aplicados neste estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Seleção, coleta e tratamento dos fatores condicionantes a movimentos de massa

O mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa foi produzido por meio da seleção dos seguintes fatores condicionantes a esse processo definidos por IBGE (2019): geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura e uso da terra, declividade e pluviosidade. Os dados espaciais que representam esses fatores foram adquiridos através de sítios on-line de órgãos oficiais, sendo coletados e processados do seguinte modo:

- Geologia e Geomorfologia: As informações espaciais relativas à geologia e à geomorfologia foram obtidas em formato vetorial (shapefile) por meio da plataforma do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA), ambos na escala 1:250.000.
- Pedologia: Foi adquirido o arquivo vetorial (shapefile), na escala 1:100.000, da distribuição espacial dos solos do estado pernambucano pela plataforma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).
- Cobertura e uso da terra: Os dados espaciais referentes a esse fator foram obtidos no formato matricial (raster) pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomass), numa resolução de 30 metros.

- Declividade: O mapa de declividade foi gerado em formato raster, em grade regular, a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros e oriundo de perfilamento a laser aerotransportado (LiDAR), oriundo do programa Pernambuco Tridimensional (PE3D). As classes de declividades foram definidas em formato de porcentagem e agrupadas em seis classes, segundo classificação estabelecida pela EMBRAPA.

- Pluviosidade: Dados históricos mensais de precipitação de oito estações pluviométricas doravante de um período de 18 anos, compreendido de 1º de janeiro de 2004 a 31 de dezembro de 2021, foram utilizados. Dessas estações, metade são monitoradas pela APAC e a outra parte, pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Após obtenção e tratamento das séries históricas, foi utilizado o método aritmético para a determinação da precipitação média anual de cada posto. Em seguida, no QGIS (versão 3.10.9), foi utilizada a ferramenta “Interpolação IDW” para produzir o mapa da espacialização da precipitação na região estudada.

Todos os dados espaciais utilizados neste trabalho foram processados no software livre QGIS (versão 3.10.9), em coordenadas UTM (Fuso 25 S) e no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000).

Reclassificação dos fatores quanto à suscetibilidade a movimentos de massa

O processo de reclassificação dos fatores selecionados foi executado segundo a hierarquização das suas variáveis (classes). Esse processo foi realizado por meio da relação entre a relatividade das variáveis ao processo de movimentos de massa a valores inteiros (notas) compreendidos entre um e dez, sendo o valor unitário correspondido pelas variáveis menos propensas à condição de movimentos de massa e o valor dez, as variáveis mais favoráveis a esse tipo de processo. A correspondência das notas realizadas nesse processo de hierarquização para consequente reclassificação é apresentada pela Tabela 1. Vale ressaltar que as notas atribuídas nessa etapa foram estabelecidas por IBGE (2019).

A reclassificação dos dados espaciais, de acordo com a correspondência de notas exibida na Tabela 1, foi realizada a partir do QGIS (versão 3.10.9). Os arquivos em formato vetorial foram convertidos para o matricial, para que fosse possível realizar esse tipo de procedimento.

Álgebra de mapas e verificação da eficiência do mapeamento quanto à suscetibilidade a movimentos de massa

A etapa da álgebra de mapas foi realizada por meio da correlação das camadas reclassificadas a pesos estabelecidos por IBGE (2019). Para isso, foi utilizado o modelo matemático apresentado na Equação 1. Segundo o IBGE (2019), os pesos determinados no modelo foram ponderados conforme simulações realizadas e avaliadas pelo conhecimento técnico-científico da equipe que compõe o órgão. Por

fim, o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, concebido pela álgebra de mapas, foi reclassificado de acordo com os critérios apresentados na Tabela 2.

$$M = 0,15 \times GL + 0,20 \times GM + 0,15 \times PE + 0,10 \times UT + 0,35 \times DE + 0,05 \times PL \quad (1)$$

Onde: M = Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, GL = Geologia, GM = Geomorfologia, PE = Pedologia, UT = Cobertura e uso da terra, DE = Declividade e PL = Pluviosidade.

Tabela 1 – Reclassificação das variáveis dos fatores, quanto à suscetibilidade a movimentos de massa

Fatores	Classes (Variáveis)	Notas	
Geologia (Subprovíncias Estruturais)	Pernambuco-Alagoas	8	
	Zona Transversal	8	
Geomorfologia (Unidades Geomorfológicas)	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc41)	6	
	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc51)	6	
	Tabuleiros Orientais do Nordeste (Dc52)	7	
Pedologia (Tipos de Solo)	Área Urbana	10	
	Argissolo Vermelho-Amarelo	7	
	Gleissolo Háptico	6	
	Latossolo Amarelo	3	
Cobertura e Uso da Terra	Área Agrícola	9	
	Área Não Vegetada	10	
	Corpo Hídrico	1	
	Vegetação Florestal	1	
	Declividade (%)	0,00 – 3,00	1
		3,01 – 8,00	3
8,01 – 20,00		5	
20,01 – 45,00		8	
45,01 – 75,00		9	
	> 75	10	
Pluviosidade (mm)	2.000,00 - 2.500,00	9	

Fonte: IBGE (2019).

Tabela 2 – Critérios para reclassificação do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa

Valor do Pixel	Valor da Reclassificação	Nível de Suscetibilidade
0 - 3,50	1	Muito baixa
3,51 - 4,50	2	Baixa
4,51 - 5,50	3	Média
5,51 - 6,50	4	Alta
6,51 - 10,00	5	Muito alta

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir de IBGE (2019).

No sentido de avaliar a eficiência da metodologia aplicada neste estudo, o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no bairro Curado foi validado através da espacialização de 192 ocorrências desse tipo de processo realizadas à Secretaria de Defesa Civil do Jaboatão dos Guararapes (SEDC) durante o período de 02 e 28 de maio de 2022, em que maior parte foi reflexo do evento extremo de precipitação ocorrido na região no dia 28 de maio de 2022. Em complementação, uma comparação do mapeamento foi realizada com cinco registros fotográficos, datados de 01 de junho de 2022 a 14 de julho de 2022, que retrataram episódios desse tipo de processo que ocorreram na região.

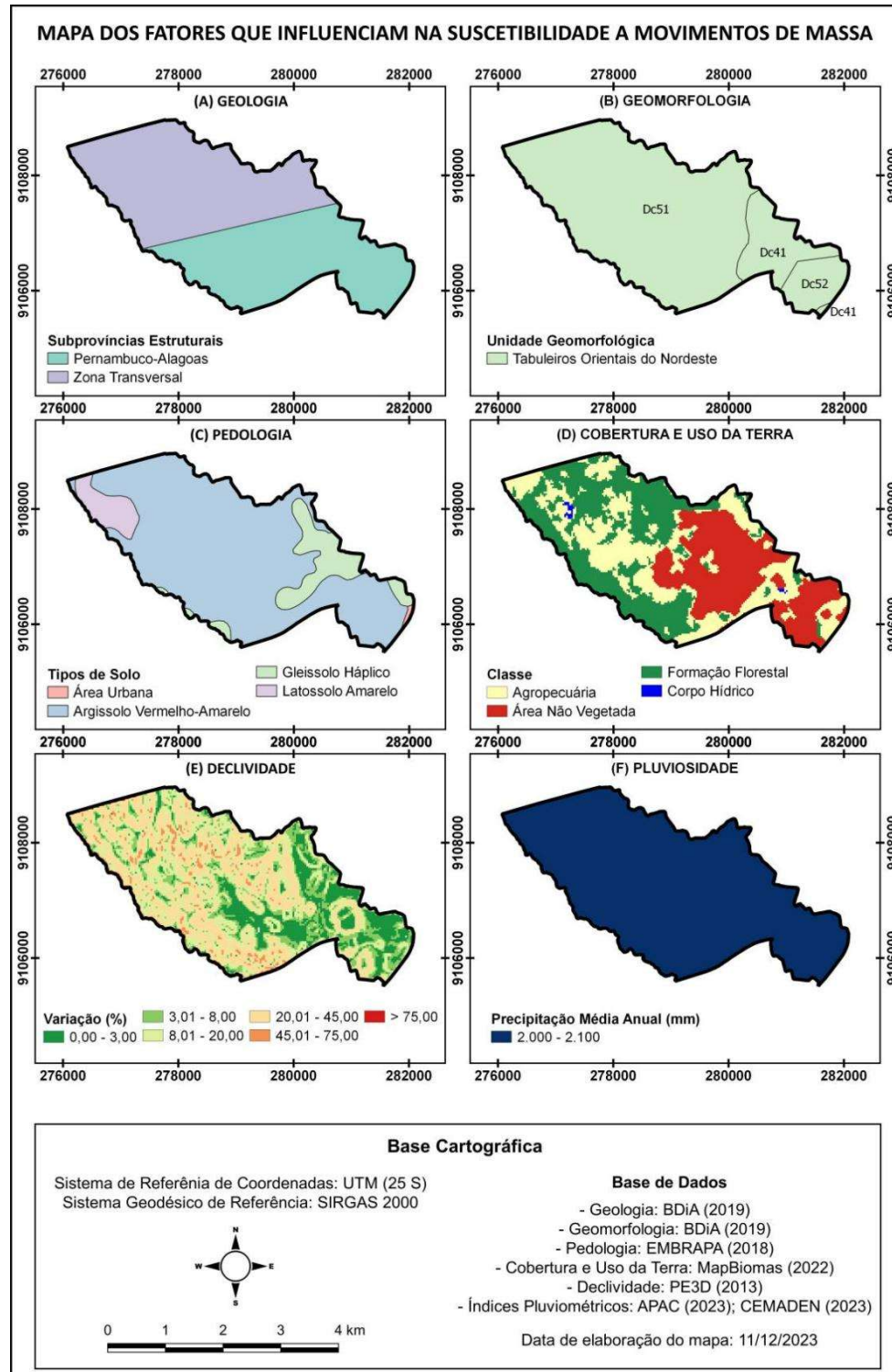
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do SIG, foram elaborados os mapas que representam o comportamento do bairro Curado acerca dos fatores que favorecem a suscetibilidade a movimentos de massa utilizados neste estudo (Figura 4). São eles: geologia (A), geomorfologia (B), pedologia (C), cobertura e uso da terra (D), declividade (E) e pluviosidade (F).

Analisando a Figura 4, é possível verificar, em relação à geologia (A), que a região abrange as subprovíncias estruturais relativas à Borborema, sendo a Pernambuco-Alagoas estando localizada na parte sul da região e a Zona Transversal na porção norte. De acordo com Meena, Mishra e Piralilou (2019), a geologia reflete um considerável fator a ser abordado nos estudos referentes a movimentos de massa, pois as unidades geológicas apresentam níveis distintos de resistência, permeabilidade e suscetibilidade à falha.

Sobre a geomorfologia (B), a região apresenta como unidade de relevo os Tabuleiros Orientais do Nordeste, representado por formas tabulares e com cotas altimétricas mínima e máxima respectivas a 20 e 130 metros. Regiões com altitudes elevadas são as mais favoráveis a movimentos de massa (VOJTEK; VOJTEKOVÁ, 2020).

Figura 4 – Representação dos fatores, selecionados para este estudo, que influenciam na suscetibilidade a movimentos de massa



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação à pedologia (C), o tipo de solo predominante na região é o Argissolo Vermelho-Amarelo, que apresenta como característica ser um solo argiloso. Já o solo do tipo arenoso é encontrado na porção oeste, o Latossolo Amarelo. Para Aslam et al. (2022), os solos argilosos são mais condicionantes a movimentos de massa, por causa da sua grande capacidade de absorção de água. Esse processo aumenta o peso da camada do solo e proporciona a ruptura das encostas.

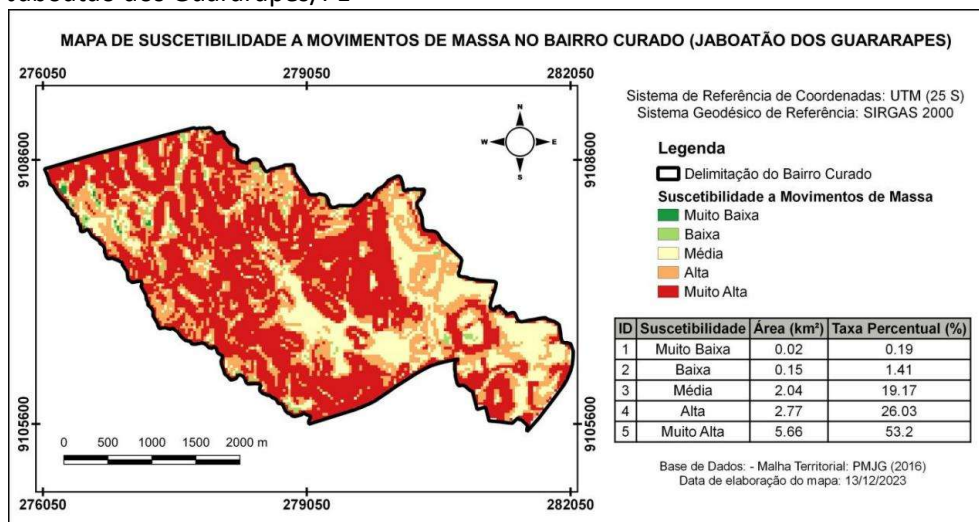
Acerca da cobertura e uso da terra (D) do bairro Curado, as classes das áreas não vegetadas e da agropecuária representam maior parte da região, sobretudo pela ocupação do conjunto habitacional homônimo e as áreas de crescimento urbano espontâneo em suas adjacências. A formação florestal abrange resquícios de Mata Atlântica e os corpos hídricos representam algumas massas d'água, como manchas de inundação de açudes e lagos. A substituição de áreas vegetadas por áreas impermeáveis e agrícolas favorecem o processo de movimentos de massa (JAZOULI; BARAKAT; KHELLOUK, 2019).

No tocante à topografia, as diversas classes de declividade (E) são bem distribuídas na área estudada, de forma que as regiões planas englobam as áreas urbanizadas e as declivosas, as colinas. Conforme Meirelles, Dourado e Costa (2018), a fragilidade de uma região está relacionada à sua declividade, de modo que quanto mais íngreme, maior será sua instabilidade, proporcionando a ocorrência de movimentos de massa.

Sobre a variabilidade da precipitação média anual (F), os índices pluviométricos constatados em toda região compreendem a faixa dos 2.000 mm a 2.100 mm. A precipitação é o principal elemento do ciclo hidrológico de entrada de água numa bacia hidrográfica. Eventos extremos de precipitação acarretam a saturação do solo e, por consequência, o processo de movimento de massa, visto que as encostas não têm mais a capacidade de absorver a água em excesso.

Após a reclassificação dos fatores no ambiente SIG, a álgebra de mapas foi utilizada para elaboração do mapa das áreas suscetíveis a movimentos de massa no bairro Curado, município de Jabotão dos Guararapes, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no bairro Curado, Jaboatão dos Guararapes/PE



Fonte: Elaborado pelos autores.

Pelo mapeamento da região estudada, quanto à suscetibilidade a movimentos de massa é possível verificar que maior parte do território abrange as classes definidas como alta e muito alta, resultando 79,23% da área estudada. As porções mais propensas a movimentos de massa da região são as mais íngremes e que apresentam solos mais argilosos. As áreas menos suscetíveis a movimentos de massa englobam 1,60% do bairro Curado e estão distribuídas, geralmente, em regiões planas e com solos arenosos.

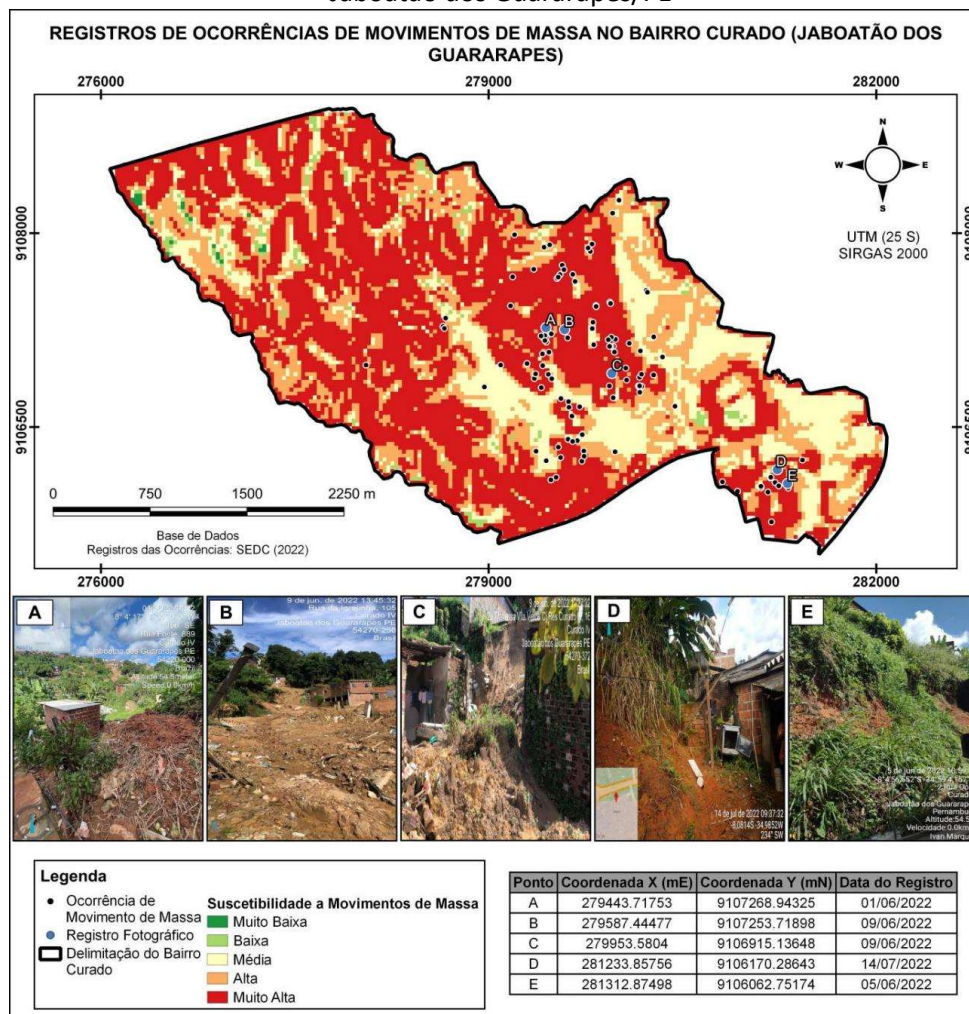
De acordo com Xavier, Listo e Nery (2022), as áreas mais propensas a movimentos de massa na Região Metropolitana do Recife (RMR) são caracterizadas por apresentar uma acelerada expansão urbana em terrenos de sedimentação Cenozóica, os quais são mais favoráveis a esse tipo de processo. Ainda segundo os referidos autores, maior parte desse tipo de ocupação é consolidada em ambientes com infraestrutura precária, influenciando com a instabilidade de encostas, sobretudo as declivosas.

Em trabalho semelhante, Aslam et al. (2022) verificaram que as áreas que apresentam maiores suscetibilidade a movimentos de massa no distrito de Chitral, no Paquistão, são as que possuem significativos acúmulo de fluxo de água, índices pluviométricos, altitudes e declividades. O estudo de Pessoa Neto et al. (2023) destacou que, aproximadamente, 29,00% do bairro da Macaxeira, na cidade do Recife/PE, apresenta alto risco de movimentos de massa, sobretudo as que de altas declividades e altimetria, solos argilosos, áreas urbanizadas e vertentes voltadas para as direções leste, sudeste e sul.

No sentido de comprovar os resultados apresentados neste estudo, 192 registros georreferenciados de ocorrência de movimentos de massa na região estudada, disponibilizados pela SEDC, foram espacializados sobre o mapa de suscetibilidade.

Também foram considerados cinco registros fotográficos que apresentam transtornos decorrentes de processos de movimentos de massa ocorridos na área, os quais foram levantados entre os dias 02 e 31 de maio de 2022, sendo a maior parte caracterizando reflexos do evento extremo de precipitação que ocorreu no local no dia 28 de maio de 2022. Essa análise pode ser conferida na Figura 6.

Figura 6 – Registros de ocorrências de movimentos de massa no bairro Curado, Jaboatão dos Guararapes/PE



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio da análise realizada pelas informações verificadas na Figura 6, foi constatado que das 192 ocorrências de movimentos de massa, 166 estão localizadas em áreas de elevada propensão, sendo 29 caracterizadas por alta susceptibilidade e 137, muito alta (Tabela 3). Essa constatação atribui uma acurácia de, aproximadamente, 86,46% ao mapeamento elaborado neste estudo. Em

relação aos oito registros fotográficos considerados, foi observado que todos estão localizados nas áreas definidas pelo mapeamento como altamente suscetíveis.

Tabela 3 – Nível de exatidão do mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, conforme as ocorrências registradas à SEDC durante o mês de maio de 2022.

Nível de suscetibilidade a movimentos de massa definido pelo mapeamento	Quantidade de Ocorrências
Muito baixa	Zero
Baixa	Zero
Média	26
Alta	29
Muito alta	137
Total	192
Acurácia	86,46%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Essas verificações asseveram a eficácia da metodologia aplicada neste estudo, validando seu considerável nível de precisão, fazendo com que o mapeamento seja utilizado por órgãos competentes, fundamentando a elaboração de políticas públicas que reduzam o processo de movimento de massas. Um mapeamento consistente quanto à suscetibilidade a movimentos de massa pode ser considerado como uma importante medida não estrutural no planejamento e na gestão do risco a fenômenos geológicos, permitindo a elaboração de medidas eficazes à prevenção, proteção e redução dos impactos negativos gerados por esse tipo de processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bairro do Curado no município de Jaboatão dos Guararapes- PE se espacializa sob uma ótica de vulnerabilidade socioambiental que, ao ser compreendida pelo viés das geotecnologias, especificamente das ferramentas de SIG, é possível gerar dados georreferenciados capazes de servir de base para possíveis mitigações de riscos como é o caso dos movimentos de massas que ocorrem na região. Nessa perspectiva, a construção da presente pesquisa se debruçou no pilar central de elaborar um mapa de suscetibilidade de deslizamento de massa na área em destaque na busca de ofertar a sociedade e órgãos responsáveis um produto que possa auxiliar na mitigação de riscos na região.

Sob à luz de uma metodologia multidisciplinar, a instrumentalização da confecção dos mapas de suscetibilidade foi capaz de mostrar que, através da junção da visão geográfica, cartográfica e matemática do levantamento de dados também se tornou possível compreender que, para se construir um mapa de suscetibilidade é

necessário também investigar os múltiplos fatores que podem influenciar no processo, além de integrá-los na perspectiva de gerar um produto cartográfico significativo para a finalidade definida. Dito isto, também foi possível observar que as fotografias retiradas da área de estudo contribuíram para tabulação dos dados e demais observações pertinentes as áreas de movimento de massa do local.

No que tange o grau de relevância do estudo feito, percebe-se que, mapear áreas de suscetibilidade de movimentos de massa também significa contribuir para mitigação de riscos. Nessa perspectiva, a construção desse artigo garante um passaporte para estudantes da área, pesquisadores e demais profissionais da Defesa Civil pensar em estratégias especializadas que possam contribuir com o monitoramento de áreas suscetíveis a deslizamento de massa. Ainda sob essa visão, compreendeu-se por meio desse estudo que o trabalho não para, logo se faz necessário a continuidade de novos mapeamentos na região e demais áreas, pois pensar em mitigar riscos dessa esfera também significa entender que, mapeando é possível garantir um planejamento urbano cada vez mais efetivo.

REFERÊNCIAS

Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC. **Bacias Hidrográficas**. 2022. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>

Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC. **Monitoramento Pluviométrico**. 2022. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>

AGRAWAL, N.; DIXIT, J. Assessment of landslide susceptibility for Meghalaya (India) using bivariate (frequency ratio and Shannon entropy) and multi-criteria decision analysis (AHP and fuzzy-AHP) models. **All Earth**, v. 34, n. 1, p. 179-201, 2022. DOI: 10.1080/27669645.2022.2101256.

ALVES, P. B. R.; MELO FILHO, H.; TSUYUGUCHI, B. B.; RUFINO, I. A. A.; FEITOSA, P. H. C. Mapping of flood susceptibility in Campina Grande county – PB: A spatial multicriteria approach. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, n. 1, p. 28-43, 2018. DOI: 10.1590/S1982-21702018000100003.

AMAYA, A.; NTOUMBE, M.; DIGUIM, A. K.; KAH, E. Cartographie de la susceptibilité aux inondations par la méthode de l'analyse multicritère hiérarchique (AHP) combinée au Système d'Information Géographique (SIG): Cas du Département du Diamaré (Extrême-nord, Cameroun). **International Journal of Innovation and Applied Studies**, v. 33, n. 3, p. 491-501, 2021.

ASLAM, B.; MAQSOOM, A.; KHALIL, U.; GHORBANZADEH, O.; BLASCHKE, T.; FAROOQ, D.; TUFAIL, R. F.; SUHAIL, S. A.; GHAMISI, P. Evaluation of Different Landslide Susceptibility Models for a Local Scale in the Chitral District, Northern Pakistan. **Sensors**, v. 22, n. 9, 3107, 2022.

BISPO, C. O.; LISTO, F. L. R.; LISTO, D. G. S.; FALCÃO, N. A. M. Suscetibilidade induzida a escorregamentos, via aplicação do método AHP. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 1, p. 298-314, 2020a. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v5i1-967.

CARVALHO, R. G.; SOARES, I. A.; PAIVA, A. C. Q.; FERREIRA FILHO, J. M. F. Importância das áreas verdes urbanas no contexto da pandemia da Covid-19: Estudo no parque municipal Maurício de Oliveira – Mossoró – Rio Grande do Norte. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.16, n. 2, p. 24-37, 2022.

CHEN, W.; WANG, G.; ZENG, J. Impact of urbanization on ecosystem health in Chinese urban agglomerations. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 98, 106964, 2023.

COSTA JUNIOR, H.; CABRAL, S. C. Tecnologias no mapeamento de áreas de risco de deslizamento em Teófilo Otoni. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 12, e018121353, 2019.

DEVARA, M.; TIWARI, A.; DWIVEDI, R. Landslide susceptibility mapping using MT-InSAR and AHP enabled GIS-based multi-criteria decision analysis. **Geomatics, Natural Hazards And Risk**, v. 12, n. 1, p. 675-693, 2021.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2018. **Mapa de Solos do Brasil**. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104

FREITAS, R. B.; ROBAINA, L. E. S. Estudo e cadastro de zonas de risco de inundação na área urbana do município de Restinga Sêca-RS. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 85-105, 2020. DOI: 10.4025/bolgeogr.v37i3.39852.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. esp, p. 71-83, 2018. DOI: 10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273.

HE, H.; HU, D.; SUN, Q.; ZHU, L.; LIU, Y. A Landslide Susceptibility Assessment Method Based on GIS Technology and an AHP-Weighted Information Content Method: a case study of southern anhui, China. **Isprs International Journal Of Geo-Information**, v. 8, n. 6, p. 266, 2019. DOI: 10.3390/ijgi8060266

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Jaboatão dos Guararapes. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/jaboatao-dos-guararapes/panorama>

JABOATAO DOS GUARARAPES. Lei Municipal Nº 002, de 11 de janeiro de 2008. **Institui o Plano Diretor do município do Jaboatão dos Guararapes e estabelece as diretrizes para a sua implantação.** Jaboatão dos Guararapes, 2008.

JARI, A.; KHADDARI, A.; HAJAJ, S.; BACHAOUI, M.; MOHAMMEDI, S.; JELLOULI, A.; MOSAID, H.; HARTI, A.; BARAKAT, A. Landslide Susceptibility Mapping Using Multi-Criteria Decision-Making (MCDM), Statistical, and Machine Learning Models in the Aube Department, France. **Earth**, v. 4, n. 3, p. 698-713, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/earth4030037>

JAZOULI, A. E.; BARAKAT, A.; KHELLOUK, R. GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenvironmental Disasters*, v. 6, n. 1, 3, 2019.

KHALIL, U.; IMTIAZ, I.; ASLAM, B.; ULLAH, I.; TARIQ, A.; QIN, S. Comparative analysis of machine learning and multi-criteria decision making techniques for landslide susceptibility mapping of Muzaffarabad district. **Frontiers In Environmental Science**, v. 10, 1028373, 2022. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2022.1028373>.

KORMANN, T. C.; ROBAINA, L. E. S. Parâmetros geomorfométricos para análise da suscetibilidade a movimentos de massa na área urbana de Blumenau, Santa Catarina. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 23, p. 42, 2020. DOI: 10.5902/2236499437708

LIANG, C.; ZENG, J.; ZHANG, R.; WANG, Q. Connecting urban area with rural hinterland: a stepwise ecological security network construction approach in the urban-rural fringe. **Ecological Indicators**, n. 138, 108794, 2022.

LIMA, D. F.; SOUSA JUNIOR, A. M.; LIMA JUNIOR, F. O.; QUEIROZ, J. H. M. Expansão urbana de São Miguel/RN: Análise no recorte temporal de 2000 a 2017. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 80, p. 182-200, 2021.

MEENA, S.; MISHRA, B.; PIRALILOU, S. T. A. Hybrid Spatial Multi-Criteria Evaluation Method for Mapping Landslide Susceptible Areas in Kullu Valley, Himalayas. **Geosciences**, v. 9, n. 4, 156, 2019.

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F.; COSTA, V. C. Análise Multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer- RJ. **Geo Uerj**, n. 33, e26037, 2018.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L. Eventos extremos pluviais em Jaboatão dos Guararapes: Climatologia e estudo de caso. **Revista do Departamento de Geografia**, n. esp, p.70-82, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.119635>

PEREIRA, G.; SOUSA JUNIOR, A.; VIEIRA, A. Marco Legal da Urbanização no Brasil: reflexos na função social da propriedade. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. 77-94, 2022.

PESSOA NETO, A. G.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, F. G. A.; FERREIRA, V. D. Método de Análise Hierárquica (AHP) para determinar a suscetibilidade a movimentos de massa no bairro da Macaxeira (Recife-PE, Brasil). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 17, n. 1, p. 5-22, 2023.

PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R.; BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. **Boletim de Geografia**, v. 40, p. 277-296, 2022.

PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R. da; BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações na bacia hidrográfica do rio Tejipió, em Pernambuco, Brasil. **Entorno Geográfico**, n. 26, e22413055, 2023.

PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R. da; LAFAYETTE, K. P. V.; BARBOSA, I. M. B. R. MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TEJIPIÓ, EM PERNAMBUCO. **Revista Geotemas**, v. 14, n. 1, p. e02404, 2024.

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

ROCHA, A. P.; SCHULER, C. A. B. Avaliação espaço temporal da suscetibilidade a movimentos de massa utilizando ortofotocartas e modelagem espacial multicritério na dinâmica de áreas de risco nas Microrregiões do Jordão e Ibura, Recife - PE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p. 1747-1770, 2016. DOI: 10.14393/rbcv68n9-44441

SAHA, A.; VILLURI, V. G. K.; BHARDWAJ, A.; KUMAR, S. A Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Approach for Landslide Susceptibility Mapping of a Part of Darjeeling District in North-East Himalaya, India. **Applied Sciences**, v. 13, n. 8, 5062, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/app13085062>.

SANT ANA, W.; PEREIRA, J.; PEREIRA, J.; VOLPATO, S.; BACK, A.; LADWIG, N. Suscetibilidade a escorregamentos na bacia hidrográfica do rio Cedro/SC. In: LADWIG, N. I.; CAMPOS, J. B. (orgs.). **Planejamento e Gestão Territorial: inovação, tecnologia e sustentabilidade**. Criciúma: UNESC, 2020. p. 337-359.

SANTOS, K.; FORMIGA, K.; BRAGA, V.; FARIA, K. Mudanças morfológicas na bacia hidrográfica do Córrego Barreiro ao longo do processo de urbanização, Goiânia - GO. **Urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana**, n. 13, e20200047, 2021.

Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco - SEINFRA. 2022. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – PERH/PE. Disponível em <https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>

TAVAKOLIFAR, R.; SHAHABI, H.; ALIZADEH, M.; BATENI, S.; HASHIM, M.; SHIRZADI, A.; ARIFFIN, E.; WOLF, I.; CHAEIKAR, S. S. Spatial Prediction of Landslides Using Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Methods: a case study of the saqqez-marivan mountain road in iran. *Land*, v. 12, n. 6, 1151, 2023. <http://dx.doi.org/10.3390/land12061151>.

VOJTEKOVÁ, J.; VOJTEK, M. Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: a case study from Slovakia. *Geomatics, Natural Hazards And Risk*, v. 11, n. 1, p. 131-148, 2020

WU, S.; SUMARI, N.; DONG, T.; XU, G.; LIU, Y. Characterizing Urban Expansion Combining Concentric-Ring and Grid-Based Analysis for Latin American Cities. *Land*, v. 10, n. 5, 444, 2021.

XAVIER, J. P. S. **Erosão pluvial e escorregamentos no estado de Pernambuco: áreas de ocorrências, unidades de paisagem e banco de dados geográfico**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

XAVIER, J. P. S.; LISTO, F. L. R.; NERY, T. D. Landslides in the state of Pernambuco. *Mercator*, v. 21, n. 1, p. 1-16, 2022.

Contato com o autor: agpn@poli.br

Recebido em: 18/07/2024

Aprovado em: 17/06/2026