Metodologias de identificação de risco a escorregamento de terra associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), aplicados ao município do Recife

Landslides risk identification methods associated with Social Vulnerability Index (IVS), applied to Recife city

Métodos de identificación de riesgo a deslizamientos de tierras asociadas al Indice de Vulnerabilidad Social (IVS), aplicado a la ciudad de Recife

Joaquim Pedro de Santana Xavier[1]
Fabrizio de Luiz Rosito Listo[2]
Carlos de Oliveira Bispo[3]
John Kennedy Ribeiro de Santana[4]

Resumo

XAVIER, Joaquim Pedro de Santana; LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito; BISPO, Carlos de Oliveira; SANTANA, John Kennedy Ribeiro de. Metodologias de identificação de risco a escorregamentos de terra associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), aplicados ao município do Recife. ***Revista Ciência&Trópico***, v. 43, n. 1, p. 73-86, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43,n.1(2019)_1833

O município do Recife apresenta várias localidades propícias a desastres ambientais. A ocupação de áreas impróprias (tabuleiros, colinas), principalmente por populações socialmente vulneráveis é uma situação preocupante. Este artigo tem como objetivo aprimorar uma metodologia de identificação de risco a escorregamentos associada ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). A metodologia foi baseada na análise heurística, utiliza-se fatores relativos a geologia, geomorfologia, solos, declividade, forma do terreno, uso e ocupação da terra. A análise espacial foi realizada por meio do método multicritérios e álgebra de mapas, a ponderação das variáveis através do método Fuzzy. Gerou-se mapas de Perigo, IVS e Risco. Na associação do mapa de perigo com o IVS na modelagem de risco a escorregamentos conseguiu-se resultados satisfatórios na identificação espacial de áreas com risco (11,8%), porém insuficiente para questão da intensidade do risco.

Palavras-chave: Sociedade. Risco. Vulnerabilidade.

[1] Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia/ Departamento de Ciências Geográfica na Universidade Federal de Pernambuco E-mail: joaquim.xavier@ufpe.br (ORCID:https://orcid.org/0000-0002-4357-6881)

[2] Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia/ Departamento de Ciências Geográficas/ Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: fabriziolisto@gmail.com (ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2664-1442)

[3] Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia/ Departamento de Ciências Geográficas/ Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: bispocarlos93@gmail.com (ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0047-6370)

[4] Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia/ Departamento de Ciências Geográficas/ Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: santanajohn87@gmail.com. (ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4357-6881)

Abstract

XAVIER, Joaquim Pedro de Santana; LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito; BISPO, Carlos de Oliveira; SANTANA, John Kennedy Ribeiro de. Landslides risk identification methods associated with Social Vulnerability Index (IVS), applied to Recife city. ***Journal Ciência&Trópico***, v. 43, n. 1, p. 73-86, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43,n.1(2019)_1833

The city of Recife has several locations prone to environmental disasters. The inappropriate occupancy areas (coastal plateau, hill), mainly by socially vulnerable populations, is a worrying situation. This article aims to improve landslides risk identification methodology associated with Social Vulnerability Index (IVS). The methodology was based on heuristic analysis, using relative factors to geology, geomorphology, soils, declivity, curvature and land use occupation. The spatial analysis was performed through the multicriteria method and map algebra and the weighting variables by means of Fuzzy method. We generate hazard, IVS and risk maps. In association of hazard map with IVS on landslides risk modeling we got satisfactory results in risky areas space identification (11.8%), but insufficient to risk intensity question.

Keywords: *Society. Risk. Vulnerability.*

Resumen

XAVIER, Joaquim Pedro de Santana; LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito; BISPO, Carlos de Oliveira; SANTANA, John Kennedy Ribeiro de. Métodos de identificación de riesgo a deslizamientos de tierras asociadas al Índice de Vulnerabilidad Social (IVS), aplicado a la ciudad de Recife. ***Revista Ciência&Trópico***, v. 43, n. 1, p. 73-86, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43,n.1(2019)_1833

La ciudad de Recife cuenta con varios lugares propensos a los desastres ambientales. La ocupación de áreas inapropiadas (mesetas costeras, colinas), principalmente por poblaciones socialmente vulnerables, es una situación preocupante. Este artículo tiene como objetivo apurar una metodología de identificación de riesgo a deslizamientos asociada al Índice de Vulnerabilidad Social (IVS). La metodología se basó en el análisis heurístico, utilizando los factores relacionados con la geología, geomorfología, suelos, declividad, forma del terreno y uso y ocupación de la tierra. El análisis espacial fue realizado por medio del método multicriterios y álgebra de mapas y la ponderación de las variables por medio del método Fuzzy. Se generaron mapas de Peligro, IVS y Riesgo. En la asociación del mapa de peligro con el IVS en el modelado de riesgo a deslizamientos se logró resultados satisfactorios en la identificación espacial de áreas con riesgo (11,8%), pero insuficiente para la cuestión de la intensidad del riesgo.

Palabras clave: *Sociedad. Riesgo. Vulnerabilidad.*

Data de submissão: 16/04/2019
Data de aceite: 23/04/2019

1. Introdução

Os escorregamentos fazem parte dos processos superficiais da paisagem que mais acarretam prejuízos financeiros e mortes no mundo (ONU, 1993). Por sua vez, no Brasil,

os escorregamentos têm sido um problema frequente em grandes cidades do país, como Recife, Maceió, Salvador, Rio de Janeiro, entre outras. Muitas vezes, tal situação é decorrente do crescimento urbano irregular, diante da ocupação de áreas impróprias para a habitação, como encostas com declividades elevadas, solos pouco coesos, entre outros fatores topográficos e morfológicos; ocupadas principalmente, por populações socialmente vulneráveis.

Escorregamentos e demais processos correlatos são um dos grandes dinamizadores da evolução das paisagens, sendo potencializados pela ação de agentes antrópicos. Decorrem do desprendimento de materiais sólidos de geometria e materiais variáveis, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de encostas (VARNES, 1984; AUGUSTO FILHO, 1992; SELBY, 1993; GUERRA et al., 2017).

O município do Recife, foco deste estudo, apresenta inúmeras localidades suscetíveis a desastres ambientais, tais como encostas sujeitas a recorrência de escorregamentos, que contribuem para o aumento da vulnerabilidade das comunidades residentes e expostas a riscos geomorfológicos iminentes. Dessa forma, a ocupação irregular de encostas potencializa o aumento da suscetibilidade do terreno e, consequentemente, da vulnerabilidade das comunidades que vivem em áreas já naturalmente suscetíveis a estes processos.

O conceito de vulnerabilidade, para estudos de risco a desastres naturais, está relacionado ao grau de perda ou dano que uma comunidade venha sofrer ao ser afetada por um fenômeno ou processo, sendo determinada pelas condições físicas, sociais, econômicas e ambientais. Estas podem aumentar a suscetibilidade, ou seja, a potencialidade de um terreno sofrer o impacto de eventos perigosos, ampliando-se o risco (DESCHAMPS, 2004; BRASIL, 2007).

Em virtude da ocupação de encostas urbanas, a vulnerabilidade é intensificada devido à falta de infraestrutura, de saneamento básico, da ocupação de terrenos com alta declividade, dentre outros. Esses fatores contribuem para o surgimento de setores de risco geomorfológicos acarretando possíveis desastres, principalmente nas áreas onde há maiores Índices de Vulnerabilidade Social (BRASIL, 2007; SANTOS, et al., 2017).

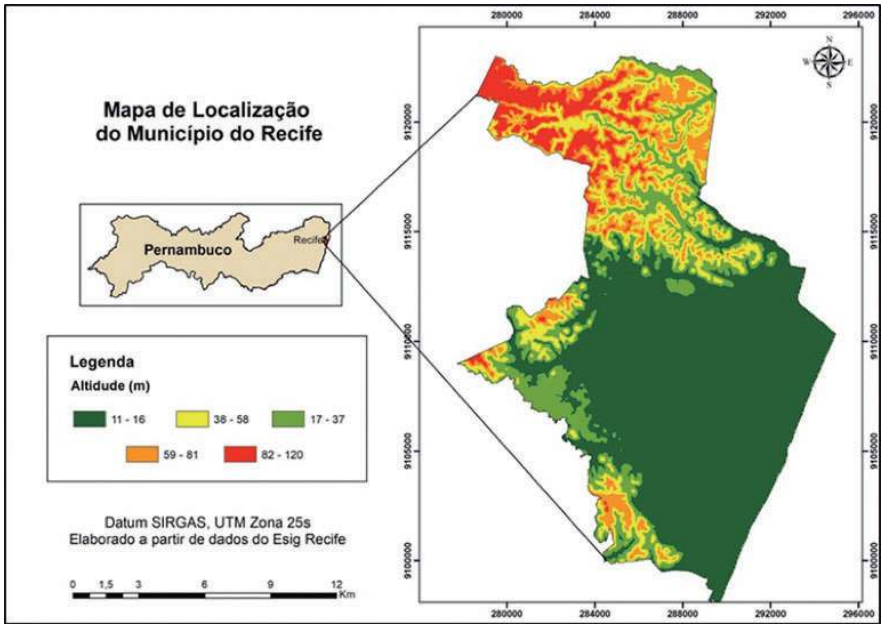
O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) é um parâmetro que utiliza indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, buscando destacar as diferentes situações indicativas de exclusão e de vulnerabilidade social no território brasileiro, numa perspectiva que vai além da identificação da pobreza entendida apenas como insuficiência de recursos monetários (IPEA, 2015). Os três subíndices que o compõem são: i) Infraestrutura Urbana; ii) Capital Humano e iii) Renda e Trabalho.

O subíndice Infraestrutura Urbana procura refletir as condições de acesso a serviços de saneamento básico e de mobilidade urbana, por serem dois aspectos relacionados ao lugar de domicílio das pessoas que impactam significativamente sua qualidade de vida. Já o de Capital Humano determina as perspectivas de futuro dos indivíduos: suas condições de saúde e acesso à educação. Enquanto o subíndice vulnerabilidade de Renda e Trabalho agrupa não só indicadores relativos à insuficiência de renda das famílias, mas também outros fatores associados ao fluxo de renda insuficiente, que configuram um estado de insegurança de renda das famílias, tais como, a desocupação de adultos, a ocupação informal de adultos pouco escolarizados, a dependência da família com relação à renda de pessoas idosas, assim como a presença de trabalho infantil (IPEA, 2015).

Nesse contexto, o IVS é o resultado da média aritmética dos subíndices: IVS Infraestrutura Urbana, IVS Capital Humano e IVS Renda e Trabalho, sendo que cada um deles possuem no cálculo do IVS final o mesmo peso. Quanto mais alto o IVS de um território, maior é sua vulnerabilidade social e, portanto, maior a precariedade das condições de vida de sua população. Estudos realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) para a construção do novo Atlas da Vulnerabilidade Social (2015) apontam a Região Metropolitana do Recife como aquela que mais piorou no Brasil em relação à vulnerabilidade social entre os anos 2011 e 2015.

De acordo com dados do IBGE (2010), o município do Recife apresenta cerca de 206 mil habitantes em áreas de risco, sendo a quinta cidade a ultrapassar a marca de duzentos mil habitantes residentes nesse tipo de situação, que correspondem a 13,4% da sua população total. Embora ainda existam locais não ocupados, a cidade apresenta uma grande aglomeração em áreas suscetíveis, tanto pelas inundações nas áreas próximas a rios e terraços fluviais, como também, a escorregamentos em locais de tabuleiros costeiros sobre a Formação Barreiras e colinas, denominados popularmente de morros. Dessa forma, este artigo tem como objetivo aprimorar as metodologias de identificação de riscos a escorregamentos associados com o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), cartografando as áreas de maior perigo, vulnerabilidade social e risco a estes processos no município do Recife.

Figura 1: Mapa de localização do município do Recife.



Fonte: Elaboração própria (2018).

2. Materiais e métodos

De forma a cumprir o objetivo deste artigo, é importante mencionar que a equação mais utilizada para conceituar e analisar o risco é $R = P \times V$ (REBELO, 2003; ISDR, 2004). Observa-se que é explícita a relação entre a *vulnerabilidade (V)*, definida como o grau de perda, fragilidade e resiliência de elementos antrópicos passíveis de serem afetados por um processo, (VARNES, 1984; BRAGA, OLIVEIRA e GIVISIEZ, 2006) e *perigo (P)*, definido como a possibilidade ou a ameaça potencial de um processo a pessoas ou a bens (ALMEIDA, 2011). Utilizando-se desta equação para obter o risco, é necessário, portanto, obter separadamente o perigo e a vulnerabilidade.

Para o cálculo do *perigo a escorregamentos*, optou-se por utilizar a lógica *fuzzy* aplicada em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permite a avaliação integrada de variáveis naturais e antrópicas na deflagração destes processos. Assim, os fatores condicionantes utilizados foram: Declividade, Uso da Terra, Litologia e Padrões de Relevo. Estes foram hierarquizados de acordo com a importância para a deflagração de escorregamentos, conforme detalhamentos a seguir.

Primeiramente, foi atribuído um valor em uma escala de 1 e 3 em cada classe temática de cada fator condicionante (ex. classe de declividade> 45°, peso 3 com importância forte). Para este procedimento foi utilizada a ferramenta *Reclassify* do módulo *Spatial Analyst (software ArcGIS 10.3)*, que permitiu a atribuição dos pesos à cada classe temática. Os pesos utilizados foram extraídos de Torres (2014) e de Menezes Júnior (2015), que realizaram estudos sobre escorregamentos na Região Metropolitana do Recife (RMR) e utilizaram a metodologia da *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Em um segundo momento, cada mapa temático recebeu um peso que variou em uma escala de 0% e 100% (0-1) utilizando o operador *Fuzzy* ponderado. Diferentemente do procedimento anterior, no qual os pesos foram atribuídos a cada classe, nesta etapa os pesos foram atribuídos à cada mapa de uma forma geral, para que fosse possível indicar a influência de cada fator condicionante na potencialização dos processos de escorregamentos. Para esta análise, foram utilizadas as ferramentas *Map Algebra, Raster Calculator* (módulo *Spatial Analyst*/ArcGIS) dentro do ambiente SIG do *ArcGIS* 10.3, utilizando-se a fórmula algébrica de análise do perigo o qual é representada pela equação: P = D*0.25 + Ut*+ 0.25 + L* 0,20 + S*+ 0,15 + Pr*0.15[5]

Os valores usados para a ponderação dos fatores condicionantes (ex. D * 0,25) representam a sua maior ou menor importância em relação aos outros fatores. Sendo assim, os fatores condicionantes de declividade e do uso da terra receberam os maiores pesos, considerando que a energia potencial gravitacional dos materiais que compõem as encostas (solo ou sedimentos coluviais) possui uma elevada influência na deflagração dos escorregamentos. Já em relação ao uso da terra, a ocupação, muitas vezes, altera a geometria das encostas devido às pressões antropogênicas que criam, ao longo do tempo, *knickpoints* artificiais. Assim, rompem o perfil de equilíbrio das encostas e geram taludes com declividades incompatíveis com os ângulos de repouso dos materiais que estruturam o relevo destas regiões.

5 *D* é declividade, *Ut* é uso da terra, *L* é litologia, *S* é o tipo de solo e *Pr* é o padrão de relevo.

Os dados de declividade foram gerados a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) com precisão de 90 cm, obtido na Agência Condepe Fidem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco). A partir do MDE foi possível a elaboração da carta de declividade por meio da ferramenta *Raster Surface* (ferramenta 3D *Analyst*), cujos pesos são demonstrados na ***tabela 1***.

Tabela 1: Atribuição dos pesos para as classes de declividade.

Declividade		
Classes	*Peso (1-3)*	*Importância*
0° - 11°	1	Baixa
11° - 27°	2	Média
>27°	3	Alta

Fonte: adaptado de Torres (2014) e Menezes Júnior (2015).

Os dados de uso da terra foram obtidos por meio da fotointerpretação de imagens de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* do ano de 2017, com os pesos aplicados para cada tipo de uso (***tabela 2***). Os dados de litologia foram obtidos por meio da CPRM (2013), com os pesos de acordo com a ***tabela 3***. Os dados referentes a tipologia dos solos foram obtidos por meio do mapeamento de solos do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) (EMBRAPA, 2001), cujos pesos referentes a cada tipo de solo estão indicados na ***tabela 4***.

Tabela 2: Atribuição dos pesos às classes de uso da terra.

Uso da terra		
Classes	*Peso (1-3)*	*Importância*
Corpos d'água	1	Baixa
Área vegetada	1	Baixa
Campo antrópico	2	Média
Área agrícola	2	Média
Área urbana consolidada	2	Média
Área urbana em consolidação	3	Alta
Solo exposto	3	Alta

Fonte: adaptado de Torres (2014) e Menezes Júnior (2015).

Tabela 3: Atribuição dos pesos às classes de litologia.

Litologia		
Classes	*Peso (1-3)*	*Importância*
Depósitos Fluvios-Lagunares	1	Baixa
Embasamento Cristalino	1	Baixa
Praias Pleistocênicas	1	Baixa
Praias Pleistocênicas Modificadas	1	Baixa
Praias Holocênicas	1	Baixa
Mangues	1	Baixa
Corpos d'água	1	Baixa
Formação Barreiras	2	Média
Formação Cabo	3	Alta
Formação Gramane	3	Alta
Formação Beriberibe	3	Alta

Fonte: adaptado de Torres (2014) e Menezes Júnior (2015).

Tabela 4: Atribuição dos pesos às classes de solos.

Solos		
Classes	*Peso (1-3)*	*Importância*
Corpos d'água	1	Baixa
Solos de Mangue	2	Média
Gleissolos	2	Média
Latossolos Amarelos	2	Média
Solos Aluviais	2	Média
Argissolos vermelho-Amarelos	3	Alta
Argissolos Amarelos	3	Alta

Fonte: adaptado de Torres (2014) e Menezes Júnior (2015).

Os dados de padrões de relevo foram obtidos por meio de mapeamentos realizado pela CPRM (2013). Assim, os pesos dos padrões de relevo (***tabela 5***), foram atribuídos de acordo com a literatura referente a processos de escorregamento, Varnes (1984); Augusto Filho (1992); Brasil (2007) e Alheiros (1998), os quais afirmam que a ocorrência preferencial destes processos são as áreas de encostas.

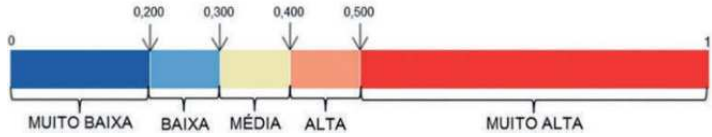
Tabela 5: Atribuição dos pesos às classes de solo

Padrões de Relevo		
Classes	*Peso (1-3)*	*Importância*
Corpos d'água	1	Baixa
Planícies e Terraços Marinhos	1	Baixa
Planícies Fluviomarinhas	1	Baixa
Planícies Fluviomarinhas	1	Baixa
Morros Baixos	2	Média
Colinas	2	Média
Tabuleiros Dissecados	3	Alta

Fonte: Elaboração própria.

O mapa de *Índice de Vulnerabilidade Social* foi produzido com os dados do IVS 2010, aplicados a unidades de desenvolvimento humano (UDHs) definidas pelo IPEA (2015) dentro do ambiente SIG do *ArcGIS* 10.3 e classificados de acordo com a ***figura 2***:

Figura 2: Classificação dos dados do IVS.



Fonte: IPEA (2015)

Para a carta de risco a escorregamentos, os dados de perigo e o IVS foram associados com a utilização da ferramenta *Map Algebra*, *Raster Calculator* (módulo *Spatial Analyst*) dentro do ambiente SIG do *ArcGIS* 10.3, no qual foi utilizada a fórmula algébrica de análise do risco representada pela seguinte equação: $R = P * IVS$.[6]

Os resultados da carta de risco foram classificados de forma que as áreas com valores de 0 a 1 fossem considerados como sem risco e as com os valores > 1 fossem consideradas como áreas de risco.

3. Resultados e discussão

No município do Recife, grande parte das áreas inadequadas para ocupação localizam-se sobre os Tabuleiros e as Colinas declivosas, habitadas, predominantemente, por populações socialmente vulneráveis, sujeitas, muitas vezes, a escorregamentos. Estas foram classificadas, de acordo com o Zoneamento urbanístico municipal, como ZEIS (Zona Especial de Interesse Social), que correspondem a "áreas de assentamentos habitacionais de população de

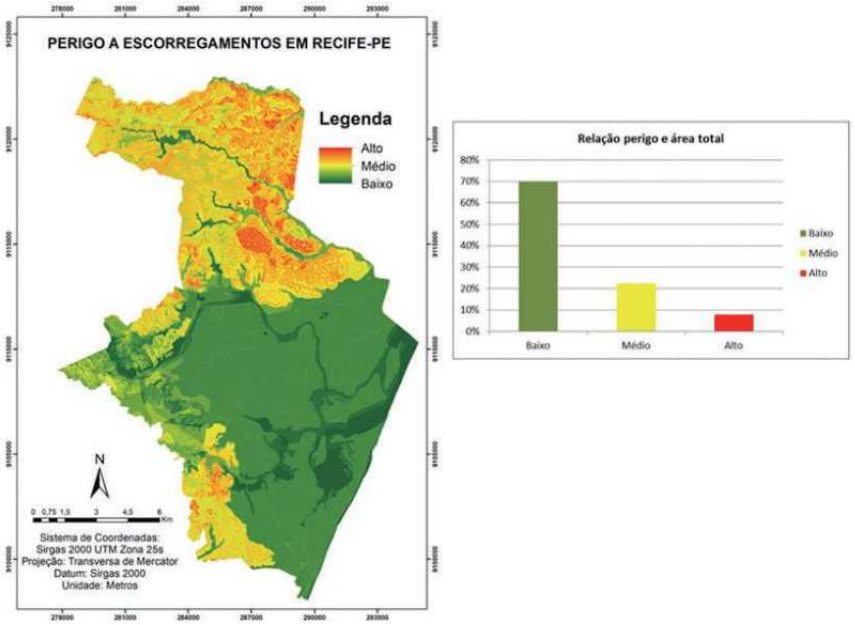
[6] *R é o risco, P é o perigo e IVS é o índice de vulnerabilidade social em 2010.*

baixa renda, surgidos espontaneamente, existentes, consolidados ou propostos pelo Poder Público, onde haja possibilidade de urbanização e regularização fundiária" (LEI Nº 16.176/96).

Do ponto de vista geomorfológico, os tabuleiros são formados por sedimentos miocênicos da Formação Barreiras, cujos sedimentos são característicos de deposição fluvial, apresentando camadas mais arenosas na base e arenosas e argilosas intercaladas nos topos (ALHEIROS, 1998). O domínio das colinas e morros é um conjunto de formas mais elevadas, formada por rochas cristalinas, restringindo-se a uma pequena área a sudoeste de Recife (BANDEIRA, 2010; CPRM, 2013). Climatologicamente, é importante destacar que a região apresenta um clima quente e úmido, fortemente influenciado pelos sistemas atmosféricos La Niña; pelas ZCITs (Zona de Convergência Intertropical), pelas VCANs (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis) e pelas DOLs (Distúrbios Ondulatórios de Leste), com chuvas de inverno e precipitação média anual de 2000mm, tendo os meses de junho e julho os maiores índices pluviométricos, como também, o maior número de ocorrências de escorregamentos (ALHEIROS,1998; OLIVEIRA et al., 2011).

A carta de perigo a escorregamentos (***figura 3***) gerou resultados condizentes de acordo com as teorias geomorfológicas, uma vez que apresentou um maior perigo nas áreas mais frequentes para os escorregamentos, tais como, tabuleiros com alta declividade, solos mais incoesos e com ocupações intensas, demonstrando sucesso na previsão realizada. As áreas de perigo alto e médio correspondem, respectivamente, a 7,7% e 22,3% da área total do município.

Figura 3: Carta de perigo a escorregamentos em Recife – PE à esquerda; Relação perigo e área à direita.

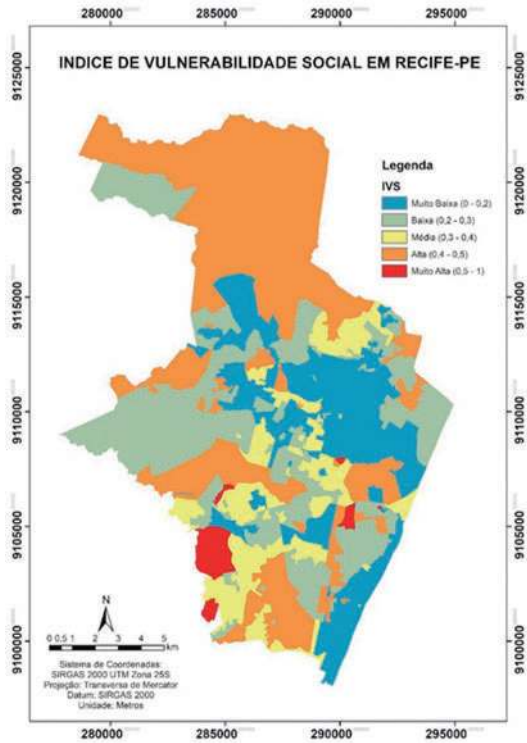


Fonte: Elaboração própria (2018).

Historicamente, a maior parte dos morros do Recife foi ocupada por populações, predominantemente, de baixa renda, devido à apropriação do mercado imobiliário das áreas mais favoráveis à construção de moradias, caracterizando um cenário de exclusão social. Durante a expansão da cidade, com a evolução urbana do município para o continente, uma parte considerável da população se instalou ao longo de vias ligadas aos bairros centrais. Como não podiam avançar em função da especulação dos donos de terra, procuravam outros espaços de menor valor aquisitivo, tais como morros e áreas de alagamentos (LIMA, 2002), formando, assim, as áreas de risco a escorregamentos.

Por meio do IVS produzido pelo IPEA (2015), houve uma concordância na distribuição espacial da vulnerabilidade com o histórico de ocupação da cidade (***Figura 4***).

Figura 4: Índice de Vulnerabilidade Social do município do Recife.



Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do IPEA (2015).

Através da espacialização do IVS (***figura 4***), pode-se notar em ambiente SIG, que dentre as áreas de vulnerabilidade muito alta estão as comunidades da Ilha de Deus (IVS 0,511) no Bairro do Pina, comunidades localizadas a sudeste do bairro do curado (IVS 0,503), comunidades localizadas a sudoeste do bairro da Cohab (IVS 0,503), comunidades a sul do bairro do Barro (IVS 0,501), a comunidade do Coque (IVS 0,501) no Bairro de Joana Bezerra, das cinco comunidades citadas, três estão em áreas de morros

e tabuleiros, locais bastante suscetíveis a escorregamentos; outros locais em situação semelhante são os bairros do Ibura, na zona sul, Guabiraba, Nova Descoberta, Macaxeira, Dois unidos na zona norte do município.

Em toda a área do Recife, os fatores decorrentes da forma de ocupação das encostas são importantes condicionantes na deflagração dos escorregamentos, sendo agravados pelos condicionantes naturais (ex. geomorfologia e geologia). Dessa forma, cortes nas encostas para construção de moradias, aterros com solo remanescente dos cortes, acumulo de lixo, desmatamentos, inexistência de rede de drenagem (***figura 5***), entre outras práticas, são fatores que influenciam na deflagração de tais processos (ALHEIROS, 1998; LIMA, 2002). Muitas dessas práticas são recorrentes pela falta de consciência de risco das populações locais, que associadas com a falta de estrutura das moradias e saneamento básico resultam em áreas com alto grau de vulnerabilidade frente a esses processos.

Figura 5: A) Exemplo de áreas de risco a escorregamentos no bairro da Macaxeira (Recife). B) Áreas de risco no bairro de Nova Descoberta, Zona norte do Recife.



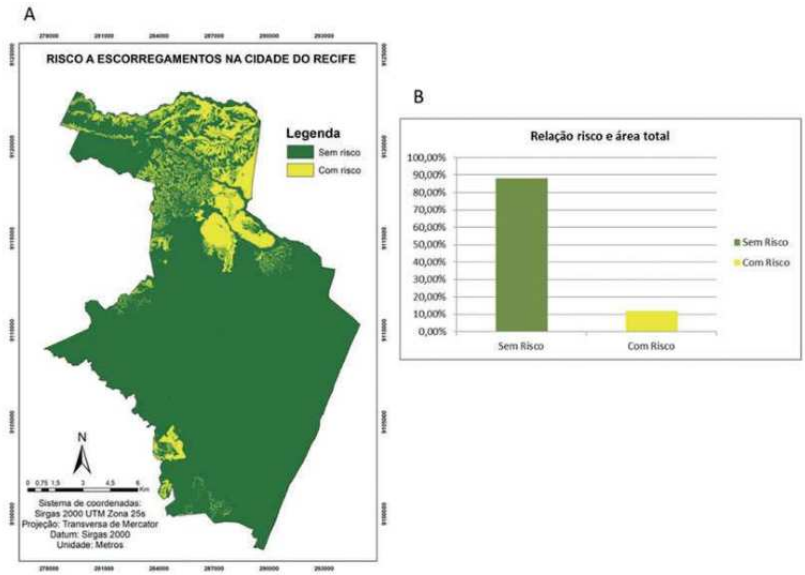
Fonte: Elaboração própria (2018).

O Índice de Vulnerabilidade Social, teve bons resultados ao diferenciar espacialmente as áreas de maior e menor vulnerabilidade dentro do Recife, assim como a carta de perigo que também teve um bom desempenho ao identificar as áreas de maior possibilidade de ocorrência de escorregamentos como demonstrado na literatura e nos dados de eventos de escorregamentos. A carta de risco (***figura 6***) apresentou um total de 88,2% sem risco (0-1), são áreas localizadas na planície flúvio-marinha do Recife que embora tenham algumas áreas de grande vulnerabilidade não sofrem o perigo de ocorrência de escorregamentos por se tratar de um processo que ocorre em encostas. O resto da área de estudo, 11,8%, estão em áreas com risco localizadas em áreas de alto perigo e que tem geralmente comunidades com as maiores vulnerabilidades do município. Logo, o resultado se mostrou satisfatório na identificação espacial do risco no Recife.

Entretanto, ao analisar mais a fundo o resultado das áreas com risco, percebe-se que os valores estão dentro da faixa de 1 a 2, sendo considerado um valor de risco médio, e o modelo utilizado comumente chega a apresentar valores até 3, considerado como risco alto. Esse resultado se explica pelo ao fato de que o IVS nessas áreas de perigo alto está na faixa de 0,45 a 0,55 que em uma escala de 0-1 são valores considerados médios e na mo-

delagem acabaram reduzindo a intensidade do risco nessas áreas de perigo alto. Ou seja, para a mensuração da intensidade do risco, o modelo não teve um desempenho esperado como pode ser observado empiricamente e em trabalhos que utilizam outras metodologias. Como exemplo Rocha e Schuler (2016) identificaram nas microrregiões do Jordão e Ibura risco de intensidade alta, essas mesmas áreas são classificadas como risco médio nos resultados da carta de risco desse trabalho.

Figura 6: A) Risco a escorregamentos no município de Recife, utilizando o IVS. B) Relação risco e área total.



Fonte: Elaboração própria (2018).

4. Conclusões

Em relação a identificação das áreas de perigo, os resultados se mostraram condizentes com o esperado, estas áreas estão localizadas em morros e tabuleiros, de litologia mais frágil e de alta declividade na maior parte com ocupações de baixa infraestrutura, são nessas áreas onde mais se registram ocorrências de escorregamento no município do Recife.

O IVS se apresentou como um dado que consegue estratificar bem as áreas que tem maior vulnerabilidade no município. Sua utilização dentro da modelagem de risco utilizada no trabalho conseguiu resultados satisfatórios para a identificação espacial de áreas com risco, porém insuficiente para questão da intensidade do risco.

Desta forma, enfatiza-se que não se chegou a um resultado completo, porém afirma-se ser possível a junção da metodologia de risco associada com o IVS. Novos testes e aprimoramentos precisam ser realizados visando uma equilibração das metodologias de risco a escorregamentos associados com o IVS, o trabalho ora realizado apresenta-se como um despertar para a necessidade urgente de uma metodologia mais completa possível.

Referências

ALHEIROS, M.M. ***Risco de escorregamentos na Região Metropolitana do Recife***. Tese (Doutorado) – Geologia Sedimentar, UFBA, Salvador – BA, p. 129, 1998.

ALMEIDA, L. Q. Por uma Ciência dos Riscos e Vulnerabilidades na Geografia. ***Mercator:*** Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, set/dez. 2011.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. ***Anais...*** Rio de Janeiro: 1992, v. 2, p. 721-733.

BANDEIRA, A. P. N. ***Parâmetros técnicos para o gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na Região Metropolitana do Recife***. 2010. 340 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. ***São Paulo em Perspectiva***, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT. ***Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios***. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 175 p.

CPRM; IPT. ***Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações:*** 1:25.000. Coordenação Omar Yazbek Bitar. São Paulo, 2013.

DESCHAMPS, M. V. ***Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR***. 2004. 192 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

EMBRAPA. ***Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco***. Embrapa Solos UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, Recife. (Embrapa Solos. Documentos, 35). 2001.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; SHOKR, M. S. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. ***Pedosphere***. v. 27, n. 1 p. 27–41, fev. 2017.

IBGE. CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). ***Relatório de pesquisa a nova plataforma da vulnerabilidade social:*** primeiros resultados do índice de vulnerabilidade social para a série histórica da Pnad (2011-2015). editores: Bárbara Oliveira Marguti, et al.; Brasília: IPEA, 2015.

ISDR. ***Living with risk:*** a global review of disaster reduction initiatives. Geneva: UN/ISDR, 2004.

RECIFE. Lei de uso e ocupação do solo da cidade do Recife. lei Nº 16.176/96, Art. 13, 2008.

LIMA, F. L. ***Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma Encosta da Formação Barreiras na Cidade do Recife***. 2002. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Recife, 2002.

MENEZES JÚNIOR, E. M. ***Análise Geomorfológica da Suscetibilidade a Deslizamentos na Folha Paulista (1:25.000) – RMR***. 2015. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

OLIVEIRA, G.C.S.; JUNIOR, J.P.S.; NÓBREGA, R.S; GIRÃO, O. Uma Abordagem da Geografia do Clima Sobre os Eventos Extremos de Precipitação em Recife-PE. Revista ***Brasileira de Geografia Física***. v. 02, p. 238-251, 2011.

ONU. ***Working party on world landslide inventory***. Bulletin of the IAEG, 41, pp. 5-12. 1993.

PFALTZGRAFF, A. S. ***Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na Região Metropolitana do Recife***. 2007. 153 f. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

REBELO, F. ***Riscos Naturais e Ação Antrópica:*** Estudos e reflexões. 2. ed. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003. 286 p.

ROCHA, A. P.; SCHULER, C. A. B. Avaliação Espaço Temporal da Suscetibilidade a Movimentos de Massa, Áreas de Risco nas Microrregiões do Jordão e Ibura, Recife-PE. ***Revista Brasileira de Cartografia***, Uberlândia, v. 9, n. 68, p. 1747-1770, jun. 2016.

SANTOS, J. C.; TOUJAGUE, R.; SILVA, L. M.; SILVA, B. Q. Update of Geological Risk Mapping of the Mutange District in the Municipality of Maceió - AL, Brazil. ***Serie Correlación Geológica***, v. 33, n. 1. p. 143-154, out. 2017.

SELBY, M. J. ***Hillslope:*** materials & processes, New York, 1993.

TORRES, F. S. M. ***Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Erosão do Município de Ipojuca-PE***. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

VARNES, D. J. ***Landslide hazard zonation:*** A review of principles and practice. Paris: UNESCO, 1984.