

## Proposta Metodológica de Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV): avaliação do bairro dos Estados (Camaragibe – Pernambuco)

Tawana de Melo Pereira <sup>1\*</sup>, Fabrizio de Luiz Rosito Listo <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. (\*Autora correspondente:tawana.pereira@academico.ufpb.br)

<sup>2</sup>Pós-doutorado em Geografia, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 21/01/2024 – Revisado em: 23/02/2024 – Aceito em: 17/03/2024

### RESUMO

O planejamento excludente das cidades, efeito da urbanização e desigualdades sociais, leva a população mais vulnerável para ocupação em áreas de risco. Assim, este trabalho objetivou avaliar as áreas de maior vulnerabilidade física estrutural e social do Bairro dos Estados, Camaragibe (PE), necessárias para gestão de áreas prioritárias. Metodologicamente a setorização dessas áreas deu-se por meio de trabalhos de campo, interpretação de imagens de satélite, entre outros. A vulnerabilidade foi avaliada a partir de ficha de campo, com critérios selecionados considerando à relevância das características de vulnerabilidade que interferem diretamente no risco potencial, seguindo critérios/categorias a cerca do saneamento; padrão de ordenamento urbano, estrutura da moradia e características sociais, para ser gerado um Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV) para os sete setores avaliados. Dos resultados obtidos para o mapeamento de vulnerabilidade física estrutural e social não houve setores classificados com vulnerabilidade baixa. Dessa forma, três setores (2, 3 e 6) foram mapeados com vulnerabilidade média, três setores (1, 4 e 7) com vulnerabilidade alta e um setor (5) foi mapeado com vulnerabilidade muito alta. O Bairro dos Estados apresentou uma alta vulnerabilidade física estrutural e social, predominantemente composta por assentamentos precários e sem infraestrutura básica exposta ao risco de escorregamentos. Diante desse contexto, identificar as vulnerabilidades é um dos caminhos para mitigação do planejamento e gestão territorial de áreas de risco no Brasil e, sobretudo no Nordeste, ainda são incipientes e necessitam de aprimoramentos.

**Palavras-Chaves:** Índice de vulnerabilidade; escorregamentos; gestão de risco; desastres.

### Methodological Proposal For a Weighted Vulnerability Index (WVI): Assessment of the Neighborhood of Estados, Camaragibe (Brazil)

### ABSTRACT

The exclusionary planning of cities, an effect of urbanization and social inequalities, leads the most vulnerable population to occupy risk areas. Thus, this work aimed to evaluate the areas of greatest physical and social vulnerability in Bairro dos Estados, Camaragibe (PE), necessary for the management of priority areas. Methodologically, the sectorization of these areas took place through field work, interpretation of satellite images, among others. Vulnerability was assessed based on a field record, with criteria selected considering the relevance of vulnerability characteristics that directly interfere with potential risk, following criteria/categories regarding sanitation; urban planning pattern, housing structure and social characteristics, to generate a Weighted Vulnerability Index (IPV) for the seven sectors evaluated. From the results obtained for mapping physical and social vulnerability, there were no sectors classified as low vulnerability. Thus, three sectors (2, 3 and 6) were mapped with medium vulnerability, three sectors (1, 4 and 7) with high vulnerability and one sector (5) was mapped with very high vulnerability. The Bairro dos Estados presented high physical and social vulnerability, predominantly made up of precarious settlements without basic infrastructure exposed to the risk of landslides. In this context, identifying vulnerabilities is one of the ways to mitigate the planning and territorial management of risk areas in Brazil and, especially in the Northeast, they are still incipient and require improvements.

**Keywords:** Vulnerability index; landslides; risk management; disasters.

Pereira, T., Listo., F. (2024) Proposta Metodológica de Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV): avaliação do bairro dos Estados (Camaragibe – Pernambuco). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.5, n.1, p.124-139.



## 1. Introdução

As áreas de risco caracterizam-se por setores que podem ser atingidos por processos naturais e/ou induzidos por ações antrópicas. A população que habita tais áreas está sujeita a danos de integridade física, perdas materiais e patrimoniais (Carvalho *et al.*, 2007). Considerando-se a aceleração e o desencadeamento de escorregamentos a partir de ações antrópicas, destacam-se os efeitos da urbanização, com crescente saturação nas grandes cidades, sobretudo aquelas com planejamento excludente, das quais, ocorrem ocupações impróprias em áreas vulneráveis.

Essas ocupações em assentamentos precários vulneráveis cresceram precariamente sem infraestrutura urbana e serviços públicos, tais como, calçamento das vias de acessos, drenagens, coleta de águas servidas, esgotos e coleta de lixo, entre outras. Caracterizando-se pela construção de residências de forma autônoma sem avaliações técnicas de padrão construtivo, interferindo na vulnerabilidade das moradias. Estas ao serem afetadas por um escorregamento encontram maior dificuldade de restabelecer a condição anterior (Carvalho; Galvão, 2006; Guerra; Marçal, 2006; Tominaga, 2007; Sudmeier-Rieux, 2011).

Nesse cenário, a exposição de pessoas e ativos a situações perigosas em todos os países cresce mais rapidamente em relação à gestão para redução da vulnerabilidade (UNISDR, 2015). A mesma é potencializada por aspectos socioeconômicos/vulnerabilidade social (densidade populacional, distribuição de renda, educação) e aspectos estruturais/vulnerabilidade física estrutural (uso e ocupação da terra, tipologia das edificações, falta de planejamento, entre outros) (IPT, 1991; Wilches-Chaux, 1993; Dutra, 2011).

A vulnerabilidade social é, geralmente, avaliada por índices baseados em um conjunto de indicadores socioeconômicos (ex. idade, sexo, deficiência) que podem ser ponderados. A vulnerabilidade física pode ser definida como um relacionamento funcional entre a magnitude dos processos, os impactos nos elementos estruturais ao risco e valores expostos (Guillard-Gonçalves; Zêzere, 2018).

Para serem compreendidos os cenários de maior ou menor vulnerabilidade, faz-se necessário a gestão do risco e a compreensão da dinâmica dos processos físico-naturais, incluindo categorias como processos sociais, econômicos e políticos (Canil, *et al.* 2020). A abordagem analítica dessas categorias para análise dos espaços vulneráveis é tratada de uma forma incipiente no Brasil, devido à falta de comunicação entre as questões econômicas e políticas para o planejamento de risco do território nacional (Londe *et al.*, 2018; Marchezini *et al.*, 2017; Canil, *et al.* 2020).

No Estado de Pernambuco, os municípios com maiores urgências de gestão de risco devido às ocorrências a escorregamentos localizam-se, predominantemente, na Região Metropolitana do Recife (RMR) e na Zona da Mata Sul (CEPED, 2013; Xavier, 2020). Na RMR, o município de Camaragibe, predispõe os escorregamentos do tipo translacional e ocorrem, principalmente, sobre as áreas constituídas por sedimentos da Formação Barreiras no domínio geomorfológico dos Tabuleiros (Planalto Sedimentar Litorâneo) (Pfaltzgraff, 2007; Santos, 2020).

Xavier (2020) catalogou no município de Camaragibe 389 ocorrências entre os anos de 2013 e 2018, cerca de 96 ocorrências a escorregamentos concentravam-se no Bairro dos Estados. Localizado na área sul, destaca-se o Bairro dos Estados quanto à concentração e ocorrência de escorregamentos translacionais.

O mapeamento do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), através do Mapa de Risco Geomorfológico (CPRM, 2019), destaca os setores de Risco Alto (R3) e Muito Alto (R4) para o Bairro dos Estados, dentre esses setores avaliados pelo órgão houve a intercorrência com óbito de sete pessoas, em um evento de pluviometria intensa em 14 de junho de 2019 e devido à falta de investimento na gestão de risco municipal voltou a acontecer outro desastre em 2022, deixando vítimas e desabrigados.

Nesse sentido, essa pesquisa fundamenta-se na problemática do contexto físico e social que se encontra o Bairro dos Estados, diante da recorrência de desastres voltados a escorregamentos, trazendo a necessidade de entender os pontos mais críticos avaliados pela vulnerabilidade que possibilitam uma gestão eficaz de risco de desastres, principalmente quando os próprios moradores fazem parte desse processo

participativo de gestão. Mediante a isso o objetivo geral desta pesquisa consiste em avaliar as áreas de maior vulnerabilidade física estrutural e social do Bairro dos Estados, Camaragibe (PE) necessária para gestão de áreas prioritárias. Visando atingir o objetivo principal, os objetivos específicos são gerar o Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV) para avaliar os setores de vulnerabilidade e indicar as categorias de maior vulnerabilidade física estrutural e social para uma efetiva gestão de áreas prioritárias.

## 2. Material e Métodos

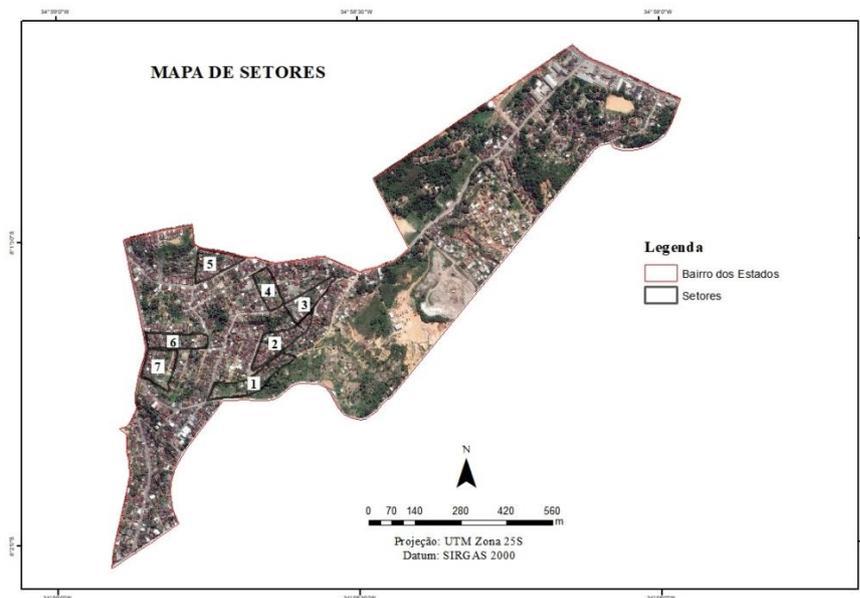
### 2.1 Mapa de setores

Para a elaboração do mapa de setores de vulnerabilidade e de risco foram utilizados os critérios de pré-setorização propostos pelo Ministério das Cidades e IPT (2007). Estes consistem em: trabalhos de campo de reconhecimento das áreas mais críticas; delimitação e interpretação de imagens de satélite (base de dados do software Google Earth Pro, LANDSAT 8, do ano de 2017); declividade dos terrenos; malha viária; padrão de arruamento e coordenadas geográficas fornecidas por GPS durante os trabalhos de campo.

Além disso, para a setorização foram selecionadas as áreas apontadas pela Defesa Civil do município como prioritárias devido ao número de ocorrências e conjuntamente por meio de materiais bibliográficos secundários (Xavier, 2020; Santos, 2020).

Foram delimitados 7 setores, em escala de zoneamento, visando ao mapeamento da vulnerabilidade (Figura 1). Os dados mapeados foram sistematizados em um banco de dados e, posteriormente, organizados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), visando à elaboração do mapa final de vulnerabilidade. Foi utilizado o software ArcGIS 10.5, no qual, os setores de risco pré-setorizados foram vetorizados e classificados de acordo com o grau de vulnerabilidade estabelecido.

**Figura 1** - Mapa de Setores de vulnerabilidade do Bairro dos Estados.  
Figure 1 - Map of vulnerability sectors in the Neighborhood of the States.



**Fonte:** Dados imagem Google Earth (2017).  
**Source:** Dados imagem Google Earth (2017).

## 2.2 Avaliação da vulnerabilidade

A avaliação da vulnerabilidade (social e física) foi realizada em trabalhos de campo por meio de fichas de campo adaptando a proposta metodológica desenvolvida por Ferreira e Rossini-Penteado (2011). Assim, as fichas apresentaram critérios de vulnerabilidade física estrutural (saneamento, padrão de ordenamento urbano e estrutura da moradia) e de vulnerabilidade social, tais como, número de moradores por faixa etária, renda e instrução. Tais critérios foram selecionados devido à relevância dessas características da vulnerabilidade que interferem diretamente no risco potencial.

Os dados foram disponibilizados pela prefeitura de Camaragibe (para a categoria saneamento), pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA (categoria saneamento) e pela fotointerpretação de imagens de satélite do software Google Earth (categoria padrão de ordenamento urbano). Foram utilizados, paralelamente, dados recolhidos por meio de observações e entrevistas em campo utilizando-se as fichas de campo (para as categorias estrutura da moradia e características sociais). Todos estes dados foram compilados e inseridos nas fichas de campo e seus resultados foram apresentados no mapa de setores.

Assim, as categorias/critérios de vulnerabilidade avaliadas foram (Quadro 1): Saneamento, conforme os índices de Abastecimento de Água (AA), de Coleta de Esgoto (CE) e de Coleta de Lixo (CL); Ordenamento Urbano (OU) (sistema viário e pavimentação); avaliação estrutural da moradia: Padrão Construtivo da Moradia (PCM) (grau de resistência das construções, proteções de infraestrutura, tipologia das construções/madeira ou alvenaria, entorno das construções) e Distância da Moradia até a Encosta (DME) e características sociais: Número de moradores (M), Renda (R) e Instrução (I).

Na categoria saneamento, a análise foi realizada em campo, com a possibilidade da busca de outros elementos junto à prefeitura de Camaragibe. O Abastecimento de Água (AA) foi avaliado mediante mapa de abastecimento da COMPESA e entrevistas com moradores. A Coleta de Esgoto (CE) e de Lixo foi investigada em campo (observando-se o despejo de água e rota de caminhões de lixo).

Os pesos estabelecidos na ficha têm relação direta com o que é considerado mais e menos vulnerável, de forma que o peso considerado como menos vulnerável tem uma relação direta com os riscos de escorregamentos, por exemplo, para Abastecimento de Água, os que possuem rede geral terá peso 1 ou seja equivale a uma menor vulnerabilidade e sabe-se que ao ter esse tipo de instalação o risco será menor. Bem como o serviço de limpeza, que ao possuir uma coleta seletiva, não terá o descarte inadequado em uma encosta, por exemplo. Dessa forma, foram estabelecidos os pesos na ficha de vulnerabilidade, tendo uma relação direta com o risco.

A categoria Padrão de Ordenamento Urbano foi analisada pela fotointerpretação de imagens de satélite do Google Earth, analisando-se à observação do Sistema Viário (SV), do planejamento urbano residencial (ex. presença de conjunto residencial, loteamento, habitações espontâneas de alto padrão ou baixo padrão, pavimentação de ruas, etc.).

Na categoria estrutura da moradia foi avaliada a tipologia do material (madeira, alvenaria ou mista), bem como, a quantidade de moradias. Na Distância das Moradias a Encosta (DME) foi considerada a distância das mesmas em relação à base e ao topo das encostas. Nesse tocante, Augusto Filho e Virgílio (1998) estimou que os materiais mobilizados percorrem, aproximadamente, 70% da altura dos taludes (0,7:1). Já para os trabalhos realizados pelo Plano Preventivo de Defesa Civil, no Estado de São Paulo, foi considerada uma largura da faixa de segurança da ordem de uma vez à altura do talude (1:1) (IPT, 2007). Contudo, consideraram-se, nesta pesquisa, os critérios definidos por Augusto Filho e Virgílio (1998).

**Quadro 1** - Categorias de análise (vulnerabilidade física estrutural e social) e pesos utilizados em cada índice.  
 Table 1 - Analysis categories (physical, structural and social vulnerability) and weights used in each index.

Categorias	Índices	Classes	Pesos	Forma de obtenção
Saneamento	Abastecimento de Água (AA)	Rede Geral	1	COMPESA
		Poço ou Nascente na propriedade	2	
		Inadequado	3	
	Coleta de Esgoto (CE)	Rede Geral de Esgoto	1	Prefeitura de Camaragibe
		Rede Geral ou Fossa Séptica	2	
		Fossa Séptica	3	
		Inadequado	4	
	Coleta de Lixo (OU)	Serviço de Limpeza	1	Prefeitura de Camaragibe
		Queimado na Propriedade	2	
Inadequado		3		
Padrão de Ordenamento Urbano	Sistema Viário (SV)	Planejado – Conjunto Residencial	1	Interpretação de imagem do Google Earth
		Planejado – Loteamento	2	
		Espontâneo Médio- Alto Padrão	3	
		Espontâneo-Baixo Padrão	4	
	Pavimentação	Pavimentada	1	Análise in loco
		Parcialmente pavimentada	2	
		Não pavimentada	3	
Estrutura da Moradia	Padrão Construtivo da Moradia (PCM)	Alvenaria	1	Análise in loco
		Mista	2	
		Madeira	3	
	Distância da Moradia até a Encosta (DME)	Limite de segurança > 0,7	1	Análise in loco
		Limite = 0,7 da talude	2	
Abaixo do limite < 0,7 da talude		3		
Características Sociais	Moradores (M)	Adultos	1	Entrevista com moradores
		Crianças	2	
		Idosos	3	
	Renda (R)	Renda > 5	1	Entrevista com moradores
		Intervalo de 2 - 5	2	
		Intervalo de 0 - 2	3	
	Instrução (I)	Ensino Fundamental	1	Entrevista com moradores
		Ensino Médio	2	
Curso Técnico		3		
Ensino Superior		4		

**Fonte:** Autores com base em Ferreira e Rossini-Penteado (2011).  
 Surce: Authors based on Ferreira and Rossini-Penteado (2011).

### 2.3 Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV)

Para todas as categorias supracitadas foram estipulados pesos, que visaram avaliar os critérios que mais influenciaram a vulnerabilidade. Além disso, para cada setor de vulnerabilidade, do qual foi aplicada uma ficha de campo, foi calculado o Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV). Este índice foi resultado da média ponderada de cada índice, cuja média mínima ponderada indicou a melhor condição, ou seja, a menor vulnerabilidade e a média máxima, a maior vulnerabilidade.

A equação (Equação 1) foi desenvolvida a partir dos resultados de cada um dos índices, dos quais, foi calculado a média ponderada de acordo com os pesos  $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  dos itens  $\{item_1, item_2, \dots, item_n\}$  correspondentes aquela classe. A média ponderada ( $M_P$ ) foi obtida utilizando-se a expressão matemática da Equação 5.

$$M_P = \frac{P_1 \cdot item_1 + P_2 \cdot item_2 + \dots + P_n \cdot item_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (1)$$

Onde: ( $M_P$ )= Média Ponderada.

Visando exemplificar, o primeiro índice (Saneamento) possuiu três itens: “Rede Geral”, “Poço ou Nascente na Propriedade” e “Inadequada”, com os respectivos pesos, 1, 2 e 3. A média ponderada realizada com estes itens esteve em um intervalo possível entre o menor e o maior valor para a mesma. De forma geral, o menor resultado possível da média ponderada, utilizando a quantidade de residências do setor, foi denominado de  $min_V$  e o maior resultado possível, denominado de  $máx_V$ . Chamou-se de  $\Delta V$  a variação entre o  $min_V$  e o  $máx_V$ , calculado conforme a Equação 2.

$$\Delta V = máx_V - min_V \quad (2)$$

Onde:  $\Delta V$  = variação entre o  $min_V$  e o  $máx_V$ ;  $min_V$  = menor resultado possível da média ponderada e  $máx_V$  = maior resultado possível da média ponderada.

A variação  $\Delta V$  foi utilizada para a classificação da vulnerabilidade em uma escala desde vulnerabilidade baixa até vulnerabilidade muito alta. Assim o resultado de  $\Delta V$  obedeceu a seguinte escala:  $V_1$  (Vulnerabilidade Baixa) entre 0% e 25%;  $V_2$  (Vulnerabilidade Média) entre 25% a 50%;  $V_3$  (Alta Vulnerabilidade) entre 50% a 75% e  $V_4$  (Muito Alta Vulnerabilidade) entre 75% a 100% do valor de  $\Delta V$ .

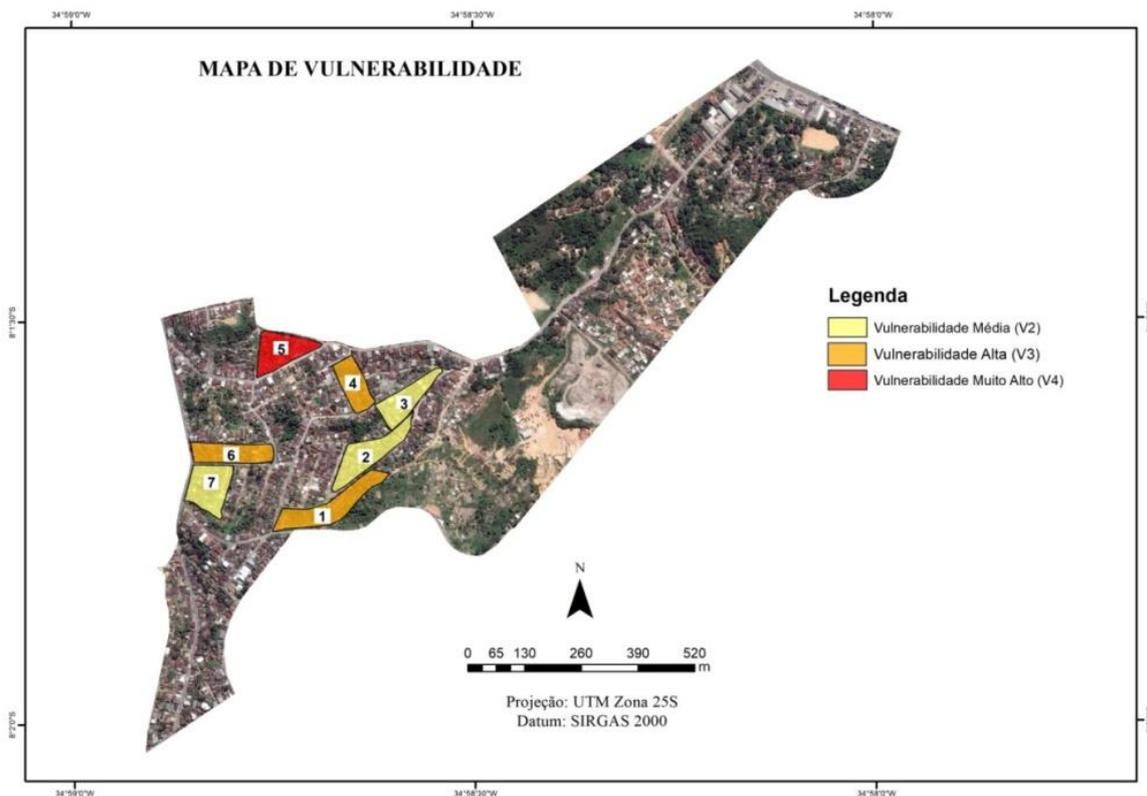
O índice de vulnerabilidade foi determinado pela quantidade de moradias presentes em cada setor, assim, os valores foram ponderados para cada classe, conforme o peso atribuído. Os pesos de todas as classes foram definidos de acordo com a hierarquização dos fatores que mais influenciaram na vulnerabilidade.

### 3. Resultado e Discussão

O mapeamento de vulnerabilidade física estrutural e social foi realizado nos sete setores delimitados a partir das indicações da Defesa Civil do Município de Camaragibe, conforme os graus de vulnerabilidades mapeados não houve setores classificados com vulnerabilidade baixa. Dessa forma, três setores (2, 3 e 6) foram mapeados com vulnerabilidade média, três setores (1, 4 e 7) com vulnerabilidade alta e um setor (5) foi mapeado com vulnerabilidade muito alta (Figura 2).

Na avaliação de cada categoria de vulnerabilidade avaliada foram observadas características distintas para cada setor e algumas com certo padrão de classificação. Por exemplo, o sistema viário dado pela organização da ocupação e pela articulação das vias de acesso foi classificado para todos os setores como espontâneo de baixo padrão (vulnerabilidade muito alta) e o padrão construtivo de moradia em alvenaria (vulnerabilidade baixa).

**Figura 2-** Mapa de vulnerabilidade física estrutural e social para o bairro dos Estados.  
 Figure 2 - Map of physical, structural and social vulnerability for the neighborhood of Estados.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.  
 Source: Prepared by the authors.

### 3.1 Setores de Vulnerabilidade Média

Os setores classificados com a vulnerabilidade média (setores 2, 3 e 7), na categoria de **Abastecimento de Água (AA)**, fornecidos pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), possuem rede de geral de abastecimento de água integral o setor 2, o setor 3. Já o setor 7 recebe de forma parcial.

Com relação à **coleta de esgoto**, as casas do setor 3 apresentavam lançamento de águas servidas despejadas diretamente nas encostas (Figura 3). As residências que possuíam fossa séptica representavam 44,4% e as que tinham esgoto canalizado para o sistema de drenagem, 55,6%. Verificou-se, então, um uso inadequado do sistema de drenagem, uma vez que as ruas não apresentaram esse sistema finalizado/adequado. Ressalta-se que as águas pluviais apenas deveriam correr nas estruturas de canaletas, porém a população faz uso dessas valas como rede de esgoto improvisada.

No setor 7 também houve um potencial de saturação do solo evidente, devido à falta de canalização de águas servidas e esgoto, caracterizados como 62,5% em fossas sépticas, 25% em irregular (despejados

diretamente na encosta) e, somente, 12,5% em canalizado.

A categoria coleta de lixo o setor 2 possui uma vulnerabilidade baixa, devido as ruas serem calçadas, facilita o acesso ao caminhão de lixo. Já o setor 3, tem seu acesso tanto por uma rua calçada, como por uma escadaria, sendo atendido de forma parcial pela rota do lixo. Essa dinâmica não acontece no setor 7, pois o mesmo tem como principal acesso uma escadaria, não fazendo parte da rota de coleta de lixo.

O padrão de ordenamento urbano, classificado pelo **sistema viário** para todos os setores foram classificados com vulnerabilidade muito alta, pois há o predomínio de uma urbanização espontânea e de baixo padrão, esse fato é percebido pelo acesso às residências que são através de escadarias e ruas sem calçamentos, além de não apresentarem padrão de alinhamento das ruas. De acordo com o IBGE (2010), a configuração de habitações com padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação, caracterizam-se com aglomerados subnormais, para o município de Camaragibe a População residente em domicílios particulares ocupados em aglomerados subnormais são de 11.359 pessoas (IBGE, 2010).

**Figura 3** - Setor 3, águas servidas e de esgoto sendo despejado diretamente na encosta e calçada com rede de drenagem.  
Figure 3 - Sector 3, wastewater and sewage being dumped directly onto the slope and sidewalk with a drainage network.



**Fonte:** Autores (2021).  
Source: Authors (2021).

A pavimentação das ruas nos setores 2 estavam calçadas com paralelepípedos, esse tipo de calçamento é inadequado para períodos chuvosos, pois paralelepípedos em terrenos muito declivosos, favorecem processos de enxurrada, além de água servida nas encostas. Os setores 3 e 7 o principal acesso as ruas eram através de escadarias, destaca-se que as mesmas não estavam em um bom estado devido a falta de manutenção.

Muitas ruas destes setores apresentaram calçamentos inadequados para períodos chuvosos, por exemplo, paralelepípedos em terrenos muito declivosos, que favorecem processos de enxurrada, além de água servida nas encostas. Havia também cortes de aterro próximo a moradias, entre outras práticas inadequadas.

A estrutura das moradias desse setor foi satisfatória com relação à vulnerabilidade física das construções, tendo o seu padrão construtivo das moradias o predomínio em alvenaria. O setor 7 apresentou

um alto grau de risco com probabilidade de ocorrer escorregamentos, sobretudo, por estar em áreas de alta declividade, mas a predominância do padrão construtivo é de alvenaria.

A **Distância até Encosta** foi classificada com vulnerabilidade muito alta nos setores 2 e 7, respectivamente nesses setores a maior parte das construções estavam muito próximas aos taludes, além disso, foi observada a perda parcial de algumas casas. A prática inadequada de cortes de taludes para construção de moradias com autoconstrução é mais evidente em terrenos com difícil acesso como alta declividade e formas de encostas côncavas e convexas, no qual as moradias desses setores estão instaladas. O setor 3 está situado em encosta também cortada, mas possuem obras de infraestrutura, o que diminui o perigo para possíveis acidentes de escorregamentos, tendo conforme a avaliação do Índice de Vulnerabilidade classificada como média.

O perfil traçado das características sociais do bairro indicou com relação ao número de residentes serem em sua maioria de adultos, dessa forma foi avaliado com uma baixa vulnerabilidade para os setores 2 e 3, com exceção do setor 6, no qual 58,6% são adultos, 31,03% de crianças e 10,34% de idosos que em todos os setores avaliados.

Para a análise da renda, todos os setores foram caracterizados com vulnerabilidade muito alta, no qual a renda total das casas estava no intervalo de 0 a 2 salários mínimos, destaca-se que nas entrevistas in loco a renda está associada a serviços prestados de forma temporária, caracterizando-se por trabalhos informais e recebidos por idosos já aposentados. Na categoria instrução a vulnerabilidade muito alta foi observada nos setores 2, 3 e 7 com a maior parte da população ter formação no ensino fundamental e médio. Diante de toda essa configuração os respectivos setores avaliados foram classificados com vulnerabilidade média (Quadro 2).

**Quadro 2** - Pixel dos resultados avaliados nos setores de média vulnerabilidade (2, 3 e 7).

Table 2 - Pixel of results evaluated in the medium vulnerability sectors (2, 3 and 7).

Setores	AA	CE	OU	SV	P	PCM	DME	M	R	I	CG
Setor 2	Green	Green	Green	Red	Yellow	Green	Red	Green	Red	Red	Yellow
Setor 3	Green	Yellow	Green	Red	Red	Green	Yellow	Green	Red	Red	Yellow
Setor 7	Green	Green	Orange	Red	Yellow	Green	Red	Green	Orange	Orange	Yellow

-  Vulnerabilidade baixa (V1)
-  Vulnerabilidade média (V2)
-  Vulnerabilidade alta (V3)
-  Vulnerabilidade muito alta (V4)

**Fonte:** Organizado pelos autores.  
Source: Organized by the authors.

**Onde:** AA é abastecimento de água, CE de Coleta de Esgoto (CE) e de Coleta de Lixo (CL); Ordenamento Urbano (OU) (sistema viário e pavimentação); avaliação estrutural da moradia: Padrão Construtivo da Moradia (PCM) (grau de resistência das construções, proteções de infraestrutura, tipologia das construções/madeira ou alvenaria, entorno das construções) e Distância da Moradia até a Encosta (DME) e características sociais: Número de moradores (M), Renda

(R) e Instrução (I).

### 3.2 Setores de Vulnerabilidade Alta

Os setores classificados com vulnerabilidade alta foram os setores 1, 4 e 6. Para a categoria de abastecimento água esses setores (1, 4 e 6), tem uma rede parcial de distribuição. Nos locais que possuem dificuldades de distribuição de água, a população acaba por utilizar formas irregulares para captação de água.

O setor 1 na avaliação de coleta de esgoto possuiu uma estrutura para a rede geral de esgoto ou pluvial, que foi instalada pela prefeitura a partir da realização da obra de contenção de encosta, pois para drenar a água captada pelos muros de arrimo foi necessário se realizado o sistema de drenagem, modificando as canalizações das casas para a rede principal.

A coleta de lixo teve o destaque para o setor 1, pois ele não faz parte da rota da coleta de lixo, dessa forma o lixo é entulhado em um local próximo impróprio próximo a uma encosta que já apresenta o desencadeamento de processos erosivos. Salienta-se que esse setor está localizado na divisa municipal entre Recife e Camaragibe. E no setor 6, pois ele tem como principal acesso uma escadaria, não fazendo parte da rota de coleta de lixo.

Ao ser avaliado **coleta de lixo** a rota do caminhão do lixo nas ruas, foi percebido que na Rua Mato Grosso (setor 1) o ponto de coleta é localizado ao final da rua de forma inadequada, além do acúmulo de lixo nesse ponto específico, a rua não faz parte do roteiro de caminhão do lixo, ou seja, torna-se um setor potencial para o descarte de lixo inadequado, com Vulnerabilidade Muito Alta (Figura 4).

Na avaliação da **pavimentação** o setor 1 tem como via de acesso uma rua sem calçamento, com evidência de processo erosivo em fase de sulcos com possibilidade de evoluir para ravinas. Esses processos de erosão urbana, junto aos escorregamentos são acelerados pela ausência de um planejamento satisfatório, no qual é considerado o meio físico suscetível e as condições socioeconômicas (Guerra, 2004). No setor 4, mesmo tendo como acesso uma escadaria passou recentemente por obra de infraestrutura de encosta e escadaria hidráulica, sendo classificada em uma vulnerabilidade média. A pavimentação das ruas nos setores 6 estavam calçadas com paralelepípedos (calçamento inadequado para períodos chuvosos) (Figura 4).

**Figura 4-** Rua Mato Grosso (setor 1), A- Setor 1, casa acima da encosta já erodida com possibilidade iminente de destruição da moradia. B- Concentração de entulhos e lixo, ressalta-se o processo de erosão por ravinas devido a falta de calçamento.

Figure 4 - Rua Mato Grosso (sector 1), A- Sector 1, house above the slope already eroded with imminent possibility of destruction of the house. B- Concentration of debris and garbage, highlighting the process of erosion through ravines due to the lack of paving.



Fonte: Autores (2021).

Source: Authors (2021).

O **Padrão Construtivo** das moradias foram majoritariamente em alvenaria. Os setores (1, 4 e 6) apresentaram padrão construtivo de alvenaria e com infraestrutura satisfatória em grande parte da área, sendo considerados com a vulnerabilidade baixa nessa categoria. E na avaliação da moradia até a encosta também foi classificado com a vulnerabilidade muito alta para os setores, devido a não ser respeitado ao menos o limite de segurança de 70% da altura do talude.

Para avaliação da categoria social, o número de moradores do setor tinha em sua maior parte uma população adulta, enquadrando-se com a vulnerabilidade baixa. Na categoria de renda o setor 6 teve como classificação vulnerabilidade alta com rendas no intervalo de 2 a 5 salários mínimos e os outros classificaram-se com renda baixa de 0 a 2 salários, sendo identificados com a vulnerabilidade muito alta.

Nos setores 1 e 6 alguns moradores tinham outras formações no nível técnico e superior, respectivamente no setor 1 os residentes com instrução técnica e superior foi de 5,5% para cada um, no setor 6 os moradores com instrução técnica foi de 3,8% e com ensino superior 7,8%, sendo classificados com vulnerabilidade alta. Já o setor 4, foi classificado como muito alta, pois a maior parte dos moradores tinham o ensino fundamental e alguns o ensino médio. Algo a ser observado no setor 6, é a associação entre instrução e aumento da renda da população, já que neste setor foi destacado o índice de vulnerabilidade alta para essas duas categorias (Quadro 3).

**Quadro 3** - Pixel dos resultados avaliados nos setores de alta vulnerabilidade (1, 4 e 6).

Table 3 - Pixel of results evaluated in highly vulnerable sectors (1, 4 and 6)

Setores	AA	CE	OU	SV	P	PCM	DME	M	R	I	CG
Setor 1	V2	V4	V4	V4	V4	V1	V4	V1	V4	V3	V3
Setor 4	V1	V2	V3	V4	V2	V1	V4	V1	V4	V4	V3
Setor 6	V1	V3	V4	V4	V4	V1	V4	V2	V4	V4	V3

-  Vulnerabilidade baixa (V1)
-  Vulnerabilidade média (V2)
-  Vulnerabilidade alta (V3)
-  Vulnerabilidade muito alta (V4)

**Fonte:** Organizado pelos autores.  
Source: Organized by the authors.

### 3.3 Setor de Vulnerabilidade Muito Alta

O setor classificado com vulnerabilidade muito alta foi o setor 5, no qual para a categoria de abastecimento de água é por meio de uma rede parcial de distribuição. Diante disso, são percebidas as

dificuldades do acesso à água potável pela população desses setores, que por sua vez podem utilizar redes clandestinas para o consumo de água, classificando-se para a avaliação dessa categoria como inadequado.

Setor 5, destaca-se com a falta de coleta de esgoto, sendo colocado de forma inadequada na encosta, além da coleta de lixo ser realizada de forma incipiente, pois a via de acesso para o setor é realizado por uma escadaria rudimentar calcada no próprio solo. As moradias apresentaram canalização de águas servidas em 44,4%, 11,2% de fossas sépticas e 44,4% de esgoto despejadas de forma irregular para as encostas. E a coleta de lixo terá como ponto de coleta na Avenida Pernambuco, ao final da escadaria com funcionamento incipiente de coleta, pois não há um ponto definido, de acordo com a rota dos caminhões de lixo disponibilizadas pela Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAMA).

O padrão de ordenamento urbano, classificado entre sistema viário e pavimentação, tiveram os índices identificados com vulnerabilidade muito alta, pois o setor está localizado em uma encosta com habitações construídas de forma espontânea e de baixo padrão, bem como tem um intervalo de pavimentação entre 0 e 20%.

Com relação à estrutura da moradia, o padrão construtivo do setor 5, indicou 77,8% de moradias em alvenaria e 22,2% mista (alvenaria e madeira), classificando-se com vulnerabilidade média (Figura 5). E a distância da moradia até a encosta, foi classificada com a vulnerabilidade muito alta, devido à proximidade das casas a encosta.

As características sociais do setor 5, teve como vulnerabilidade baixa o número de moradores, por concentrar uma população adulta. E na categoria renda e instrução foram inseridos com vulnerabilidade muito alta.

**Figura 5-** Casa com Padrão Construtivo misto, localizado em um setor com alto grau de risco (Setor 5).

Figure 5- House with mixed construction pattern, located in a sector with a high degree of risk (Sector 5).



**Fonte:** Autora (2021).  
Source: Author (2021).

Na pesquisa realizada pelo IPEA (2015), o bairro dos Estados teve o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) classificado no intervalo de alta vulnerabilidade (entre 0,4 e 0,5), cujo IVS específico do mesmo equivale a 0,443, observou-se na pesquisa características como infraestrutura urbana, capital humano e renda

e trabalho.

Nascimento (2017) adaptou a metodologia de Ferreira e Rossini-Penteado (2011) na área urbana de Santa Tereza (ES), observou que a variável de vulnerabilidade corresponde à resposta mais predominante no fator de risco, apontando novas áreas de risco por ocupação urbana.

Na pesquisa de Xavier *et al.* (2019) com a utilização de dados do IPEA (2015) para o município de Recife, obteve o resultado de vulnerabilidade muito alta, para os setores com formas de colinas e tabuleiros, naturalmente mais suscetíveis aos escorregamentos.

Mediante as categorias avaliadas as áreas mais vulneráveis do bairro equivalem aos assentamentos precários com falta de infraestrutura adequada, situados em áreas de relevos dissecados, declivosos e colinosos. Há ausência de serviços de saneamento básico, tais como, canalização de esgoto e águas pluviais, má coleta de lixo e mobilidade urbana comprometida. Destacando-se com esses critérios o setor 5 (Rua Amendolândia) com vulnerabilidade muito alta (Quadro 4).

**Quadro 4-** Pixel dos resultados avaliados no setor de alta vulnerabilidade (5).

Table 4- Pixel of results evaluated in the highly vulnerable sector (5).

Setores	AA	CE	OU	SV	P	PCM	DME	M	R	I	CG
Setor 5											

- Vulnerabilidade baixa (V1)
- Vulnerabilidade média (V2)
- Vulnerabilidade alta (V3)
- Vulnerabilidade muito alta (V4)

**Fonte:** Organizado pelos autores.  
Source: Organized by the authors.

#### 4. Conclusão

De acordo com os resultados do mapeamento de vulnerabilidade, a principal contribuição deste trabalho foi identificar categorias que demandam mais atenção quanto à vulnerabilidade, o Bairro dos Estados apresenta uma alta vulnerabilidade física estrutural e social, predominantemente, composta por assentamentos precários e sem infraestrutura básica exposta ao risco de escorregamentos. Destaca-se o Setor 5 como uma área prioritária de ação tanto pelos fatores sociais como físicos.

A avaliação do índice de Sistema Viário (SV) para todos os setores foi de uma vulnerabilidade muito alta, destacada pela falta acesso as principais vias e logradouros, má abastecimento de transporte público, além de não se ter investimento em calçadas e escadarias, tornando o deslocamento da população ainda mais difícil.

Outros índices que potencializam a vulnerabilidade do bairro são à baixa renda e instrução dos moradores, ao traçar um perfil da população com alta vulnerabilidade social e física estrutural, quando associada ao índice de Distância da Moradia até a Encosta (DME), pode-se observar a associação da vulnerabilidade aos processos de escorregamentos. Inferindo que os assentamentos precários estão localizados em áreas de risco.

A vulnerabilidade é um componente do risco chave para a previsão de desastres, logo reduzir é uma das principais alternativas para a redução do risco de desastres, sua análise é um dos caminhos para mitigação do planejamento e gestão territorial de áreas de risco no Brasil e, sobretudo no Nordeste, ainda são incipientes e necessitam de aprimoramentos. Dessa forma, entende-se uma gestão territorial excludente do bairro que não possui uma infraestrutura adequada e é pouco visto a ação de projetos, programas ou mesmo comunicação entre o poder público e a população.

Nesse sentido, há uma necessidade de integrar a comunidade em uma gestão de desastre participativa, que sabem de suas necessidades e apontam para os problemas que passam, a fim de cobrar ao poder público e organizar-se enquanto comunidade.

Os dados apresentados na presente pesquisa podem colaborar com a melhoria no gerenciamento das áreas vulneráveis expostas aos escorregamentos no Bairro dos Estados, município de Camaragibe-PE. Os resultados permitiram a identificação das áreas vulneráveis mais críticas e índices que demandam mais atenção, como o Sistema Viário. Para trabalhos futuros, poderá ser realizada uma análise conjunta da vulnerabilidade associada aos riscos, além da delimitação de mais setores em outros bairros que demandam atenção quanto à gestão de risco de desastres.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa a partir da concessão de bolsa de Mestrado (processo 130815/2020-9), a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto APQ-0966-1.07/21, à Defesa Civil Municipal de Camaragibe pela disponibilização de dados e acompanhamento em trabalhos de campo e ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Ao Grupo de Pesquisa em Geotecnologias Aplicadas a Geomorfologia de Encostas e Planícies (ENPLAGEO - UFPE) e Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA - UFPB)

## 6. Referências

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGÍLI, J. C. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE-CNPq- FAPESP, 1998. p. 243-269.

BRASIL. Ministério das Cidades; IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: MCidades; IPT, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/rYX7IK>>. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. **Vulnerabilidade e a construção social do risco**: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. Cad. Metrop., São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 397-416, maio/ago 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

CARVALHO, C.S.; GALVÃO, T. (Org.) 2006. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas**: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

CARVALHO, C. S.; OGURA; A. T.; MACEDO, E. S. **Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios**. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, p. 9-32.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.**

CPRM, **Serviço Geológico Brasileiro**, 2019. Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações. Recife: CPRM/ DEGET.

DUTRA, Rita de Cássia. Indicadores de vulnerabilidade no contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

FERREIRA, C. J; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 11, São Paulo, 2011. **Anais...**, ABGE, São Paulo, 2011.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2006.  
GUILLARD-GONÇALVES, C.; ZÊZERE, J. L. Combining Social Vulnerability and Physical Vulnerability Analyse Landslide Risk at the Municipal Scale. **Geosciences**, 8 (8). Lisboa, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -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.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Ocupação de Encostas**. Coord. Cunha, M. A. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

LONDE, L. D. R. et al. (2018). Vulnerability, health and disasters in São Paulo coast (Brazil): challenges for a sustainable development. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, n. 0.

PFALTZGRAFF, A. S. **Mapa de Suscetibilidade A Deslizamentos Na Região Metropolitana Do Recife**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação Em Geologia, UFPE, 2007.

SANTOS, E. M. **Aplicação do modelo SHALSTAB na previsão de escorregamentos no Município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2020.

SUDMEIER-RIEUX, K. **On Landslide Risk, Resilience and Vulnerability of Mountain Communities in Central-Eastern Nepal**. Thesis, University of Lausanne, 2011.

SANTOS, E. M. **Aplicação do modelo SHALSTAB na previsão de escorregamentos no Município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2020.

TOMINAGA, L. K. (2007). **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos**:

**Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP.** Tese de Doutorado. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 220 p.

UNISDR- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (Org.). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.** The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, 2015. Disponível em: <[http://www.preventionweb.net/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)>. Acesso em: 02 abril 2022.

WILCHES-CHAUX, Gustavo. **La vulnerabilidad global.** In: MASKREY, Andrew. (Org.). Los desastres no son naturales. Bogotá: Tercer Mundo Editores, 1993. p. 9-50.

XAVIER, J. P. S.; BISPO, C. O.; SANTANA, J. K. R.; LISTO, F. L. R. Metodologias de Identificação de Risco a Escorregamento de Terra Associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Aplicados ao Município do Recife. **Ciência & Trópico**, v. 43, n. 1, p. 73–86, 2019.

XAVIER, J. P. S. **Erosão Pluvial e Escorregamentos no Estado de Pernambuco: Áreas de Ocorrências, Unidades de Paisagem e Banco de Dados Geográfico.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2020.