

# Vulnerabilidade socioambiental e risco de desastre por inundações no Estado da Paraíba, Brasil

Socio-environmental vulnerability and disaster risk by flooding in Paraíba State, Brazil

Vulnérabilité socio-environnementale et risque de catastrophe due aux inondations dans l'état de Paraíba, Brésil



Camila Cunico

Universidade Federal da Paraíba - Paraíba - Brasil

[camila.cunico@academico.ufpb.br](mailto:camila.cunico@academico.ufpb.br)



Daisy Beserra Lucena

Universidade Federal da Paraíba - Paraíba - Brasil

[daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br](mailto:daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br)



Marcelo de Oliveira Moura

Universidade Federal da Paraíba - Paraíba - Brasil

[marcelo.moura@academico.ufpb.br](mailto:marcelo.moura@academico.ufpb.br)

**Resumo:** O artigo objetiva apresentar o Índice de Risco de Desastre por Inundações (IRDI) no estado da Paraíba, considerando os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental e as áreas suscetíveis a inundações. A metodologia consistiu na combinação de indicadores sociais subdivididos em componentes de renda, de infraestrutura e de situação social; indicadores ambientais (proximidade da rede de drenagem, declividade e chuvas intensas); e frequência de registros de desastres hidrometeorológicos nas regiões pluviometricamente homogêneas do estado. Os resultados obtidos indicam que 24 municípios estão

municípios estão classificados como muito alto e alto IRDI. Esses municípios apresentam características bastante similares: presença de aspectos físico-naturais que condicionam a ocorrência de inundações, além de não apresentarem de maneira satisfatória as condições que assegurem o acesso da população à habitação, água potável, esgotamento sanitário, recolhimento e destinação adequada de resíduos sólidos, eletricidade, educação e demais garantias de equidade social. Diante do exposto, a compreensão mais efetiva das condições de vulnerabilidade socioambiental da Paraíba, considerando as suscetibilidades ambientais, vulnerabilidades sociais articuladas no nível municipal, possibilitará avanços mais significativos para o planejamento socioambiental e a gestão dos riscos de desastres ambientais do estado.

**Palavras-chave:** Suscetibilidade ambiental. Vulnerabilidade social. Desastres hidrometeorológicos. Regiões pluviometricamente homogêneas.

**Abstract:** This article presents the Index of Disaster Risk by Flooding (IDRF) in Paraíba state, Brazil, considering different levels of socio-environmental vulnerability and flooding susceptibility areas. The methodology performed a social variables combination subdivided into income, infrastructure, and social situation components; environmental variables (drainage network proximity, declivity, and intense rainfall); and frequency of hydro-meteorological disasters registered in Paraíba's rainfall homogeneous regions. Twenty-four cities were classified as very high and high IDRF. These cities show physical and natural characteristics that shape how flooding is triggered. Also, the cities do not adequately ensure access to housing, potable water, sanitary sewage, solid waste collection and disposal, electric service, education, and other guarantees for social equity. A more effective understanding of socio-environmental vulnerability conditions in Paraíba by considering the environmental susceptibilities and social vulnerabilities at the cities' level will enable significantly advances to socio-environmental planning and disaster risk management.

**Keywords:** Environmental susceptibility. Social vulnerability. Hydro-meteorological disasters. rainfall homogeneous region.

**Résumé:** L'article vise à présenter l'Indice de Risque de Catastrophe due aux Inondations (IRCI), dans l'État de Paraíba, en considérant les différents degrés de vulnérabilité socio-environnementale et les zones susceptibles aux inondations. La méthodologie a consisté en un arrangement

d'indicateurs sociaux subdivisé en composantes de revenu, d'infrastructure et de situation sociale ; indicateurs environnementaux (proximité du réseau de drainage, pente et fortes pluies) et la fréquence des enregistrements de catastrophes hydrométéorologiques dans les régions pluviométriques homogènes de l'État. Les résultats obtenus indiquent que 24 communes sont classées en IRCI très élevé et élevé. Ces communes ont des caractéristiques très similaires : la présence d'aspects physiques qui affectent la survenue des inondations, en plus de ne pas présenter de manière satisfaisante les conditions qui assurent l'accès de la population au logement, à l'eau potable, à des services d'assainissement, à la collecte et à l'élimination adéquate des déchets solides, l'électricité, l'éducation et d'autres garanties d'équité sociale. Compte tenu de ce qui précède, la compréhension plus efficace des conditions de vulnérabilité socio-environnementale à Paraíba, en analysant les susceptibilités environnementales et les vulnérabilités sociales articulées du pont de vue municipal, permettra des progrès plus significatifs dans la planification socio-environnementale et la gestion des risques de catastrophes environnementales dans l'État.

**Mots-clés:** Susceptibilité environnementale. Vulnérabilité sociale. Catastrophes hydrométéorologiques. Régions pluviométriques homogènes.

## Introdução

A Paraíba se destaca nos *rankings* nacional e regional por registrar um expressivo número de desastres ambientais, sendo predominantes os desastres climáticos (estiagem e seca) e hidrológicos (inundações), conforme Moura *et al.* (2016).

Ao considerar que o desastre ambiental é a materialização das suscetibilidades ambientais em um território de elevado grau de vulnerabilidade social, e que a recorrência do desastre reflete o baixo grau de resiliência, é necessário incorporar outras dimensões conceituais e metodológicas ao planejamento e a gestão dos territórios da Paraíba, tais como: a suscetibilidade ambiental, a vulnerabilidade social e a vulnerabilidade socioambiental, em que as populações estão submetidas.

A Paraíba apresenta defasagem e escassez de planejamento socioambiental, em especial, na escala municipal, o que motiva a elaboração de estudos. Esses estudos devem considerar a vulnerabilidade socioambiental balizada pelos princípios sistêmicos, para evidenciar a heterogeneidade espacial dos riscos, bem como expor as diferenciações socioespaciais e a complexidade do espaço geográfico, conforme discutido por Mendonça (2001; 2010), Cardona (2004) e Kaztman; Filgueira (2009).

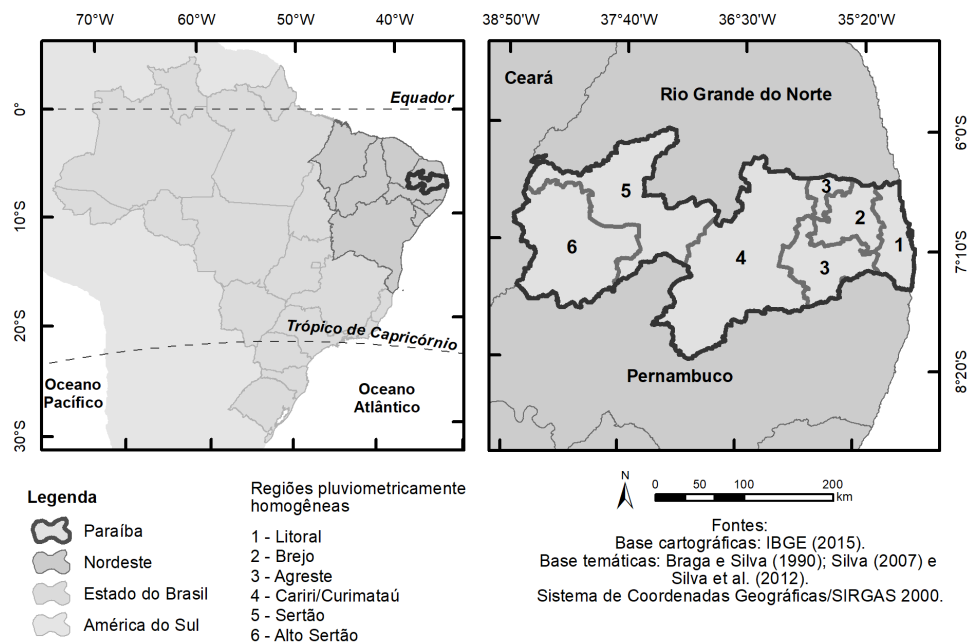
A Paraíba possui uma área territorial de 56.467,242 km<sup>2</sup>, distribuída em 223 municípios. Desse total, segundo a Resolução CONDEL/SUDENE nº 150/2021, 188 municípios localizam-se na região Semiárida, ou seja, aproximadamente 90% da área do Estado. Essa região apresenta uma predisposição à ocorrência de anomalias negativas e positivas da precipitação pluviométrica. A grande maioria das alterações nos padrões de riscos de desastres que afetam diretamente a população é originária de episódios atmosféricos extremos que agem como indutores do risco, os quais, associados a outras modificações ambientais, influenciam o advento de catástrofes, desarticulando o território e atingindo diferentemente os grupos sociais (NUNES, 2009).

No Nordeste brasileiro, região de maior ocorrência de desastres ambientais (40% das ocorrências do país) destacam-se os desastres de estiagem/seca (78% das ocorrências na região); já os relacionados a inundações são 21% das ocorrências (UFSC/CEPED, 2013). Os desastres deflagrados por eventos de chuvas intensas e por chuvas extremas já foram registrados em municípios litorâneos do Nordeste (SOUZA *et al.*, 2012; SILVA, 2018),

2018), e em municípios do interior, cujos eventos acabam por apresentar uma periodicidade esporádica. Deflagrado o desastre nesses municípios, são gerados danos humanos e materiais elevados, principalmente nos municípios de pequeno porte com pouca expressão de centralidade econômica na região semiárida do Nordeste.

O objetivo do artigo consiste em apresentar o Índice de Risco de Desastre por Inundações (IRDI), considerando os graus de vulnerabilidade socioambiental e as áreas suscetíveis a inundações. Para a regionalização, adotaram-se as regiões pluviometricamente homogêneas, definidas por Braga e Silva (1990) e referenciadas pelos trabalhos de Silva (2007) e Silva *et al.* (2012), conforme a Figura 1.

Figura 1 – Regiões pluviometricamente homogêneas do estado da Paraíba



Fonte: Cunico et al. (2021)

## Metodologia

### Indicadores e técnicas para a mensuração da vulnerabilidade social

Foram elencadas três dimensões que refletem as condições da infraestrutura, da renda e da situação social por meio de

da infraestrutura, da renda e da situação social por meio de variáveis selecionadas (Tabela 1) de acordo com procedimentos já existentes (ABGER *et al.*, 2004; DESCHAMPS, 2004), e adaptadas para o recorte geográfico em análise.

Tabela 1 – Atribuição dos pesos para as variáveis que compõem cada dimensão

Dimensão	Nº Variável	Peso	Descrição do Indicador
Infraestrutura	V1	0,3	Percentagem municipal de domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral.
	V2	0,4	Percentagem municipal de domicílios particulares permanentes sem ligação com a rede geral de esgoto ou pluvial.
	V3	0,2	Percentagem municipal de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo.
	V4	0,1	Percentagem municipal de domicílios particulares permanentes sem energia elétrica.
Renda	V5	0,3	Valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios particulares permanentes.
	V6	0,7	Percentagem municipal de domicílios particulares permanentes sem rendimento e com rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> de até 1 salário mínimo.
Situação social	V7	0,2	Percentagem municipal de responsáveis por domicílio com 10 a 19 anos sem rendimento até com rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> de até 1 salário mínimo.
	V8	0,1	Média municipal de moradores em domicílios particulares permanentes.
	V9	0,1	Percentagem municipal da população infantil (até 12 incompletos).
	V10	0,2	Percentagem municipal de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados.
	V11	0,2	Percentagem municipal de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento e com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo.
	V12	0,2	Percentagem municipal de responsáveis por domicílios particulares permanentes acima de 60 anos sem rendimento ou com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo.

Org.: os autores (2022).

As variáveis que compõem as dimensões foram extraídas diretamente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística por meio do Sistema de Recuperação Automática – SIDRA, referentes ao censo demográfico de 2010, e espacializadas com base em cinco classes com intervalos iguais para representar o universo total de dados, os 223 municípios da Paraíba.

A dimensão “Infraestrutura” incorpora as características relacionadas aos domicílios particulares permanentes, cuja ausência propicia o aumento da vulnerabilidade social. A dimensão “Renda” contribui para analisar a capacidade dos indivíduos de manejar os recursos frente a quaisquer mudanças ocorridas em seu entorno imediato. A dimensão que aborda a “Situação Social” salienta os grupos que apresentam maior exposição à vulnerabilidade social, a condição de risco e, por conseguinte, a capacidade de respostas diante dos desastres.

Foi necessária a normalização dos dados por meio da equação Min-Max (Equação 1), com exceção da variável “Valor do rendimento médio domiciliar”, em que se aplicou a Equação 2, uma vez que a interpretação da variável se comporta de maneira inversa.

$$I_{ps} = \frac{I_s - I_v}{I_{+v} - I_v}$$

(Equação 1)

$$I_{ps} = 1 - \frac{I_s - I_v}{I_{+v} - I_v}$$

(Equação 2)

Em que:

$I_{ps}$  = valor normalizado da variável “I” no município “s”;

$I_s$  = valor da variável “I” no município “s”;

$I_v$  = menor valor da variável “I” no universo de municípios; e

$I_{+v}$  = maior valor da variável “I” no universo de municípios.

É necessária a associação das dimensões supracitadas para que sejam representadas em graus de vulnerabilidade social. Atribuiu-se peso 1 para cada dimensão, alterando-se os pesos das variáveis, Tabela 1. Os pesos foram atribuídos com base na

comparação entre elas e foi verificado quais expressam um impacto direto maior nas condições de vida das famílias menos favorecidas socialmente. Frisa-se que cada dimensão resultou num mapeamento síntese e, em seguida, agregaram-se as três dimensões, Equação 3. Para estabelecer o ranqueamento da vulnerabilidade social, aplicou-se novamente a Equação 1.

$$I_{sj} = \frac{\sum_i a_i x_{ij}}{n_i}$$

(Equação 3)

Em que:

$I_{sj}$  = resultado do índice no município "j";

$a_i$  = peso da  $i$ -ésima variável;

$x_{ij}$  = valor da  $i$ -ésima variável observada para  $j$ -ésimo município;

$n_i$  = número de dimensões.

### Indicadores e técnicas para a mensuração das áreas suscetíveis a inundações

Os indicadores utilizados foram a declividade, os *buffers* de drenagem e os eventos extremos de chuva intensa. A proximidade da rede hídrica e a inclinação do relevo foram critérios baseados em Alves (2006), adotando-se a interceptação dos *buffers* de drenagem de 50 metros com as áreas de declividade inferior a 3%. Saliente-se que essas áreas, em função do sistema hídrico nas adjacências e relevos planos e/ou suavemente ondulados, são aquelas propícias à ocorrência de inundações e enchentes. Dessa forma, evita-se a superestimação de áreas suscetíveis a inundações, uma vez que a Paraíba se caracteriza por relevos com declividades pouco acentuadas. Para cada município, foi calculada a porcentagem de área submetida a condição de suscetibilidade a inundações. Para obter tal resultado, utilizaram-se a rede hídrica vetorial da Paraíba, disponibilizada pela Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESAs) e os dados matriciais do TOPODATA/INPE.



A observação dos eventos extremos de chuva foi realizada tendo como base o banco de dados de chuva diária dos 223 postos pluviométricos distribuídos no Estado, que são gerenciados e disponibilizados pela AESA, para o registro compreendido entre 1994 e 2018. Ressalta-se que esse recorte temporal foi variável e optou-se pelo não preenchimento dos dados para trabalhar com uma maior observância da realidade. Esse quantitativo de falhas não prejudicou a análise, uma vez que apenas 16% (36) dos municípios apresentaram um quantitativo de dados abaixo de 70%.

Foi aplicada a técnica dos Percentis para encontrar o limiar da chuva (em milímetros) que definiu os eventos intensos de chuva diária para cada município, considerando suas características e variabilidade específicas. Esse limiar foi definido pelo Percentil 99% (P99), sendo bastante utilizado na identificação e classificação de elementos do clima (GROISMAN *et al.*, 2005; GEMMER *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2016; PALHARINI *et al.*, 2020). Após a identificação foi contabilizada a frequência absoluta que corresponde à Quantidade de Chuvas Intensas Diárias (QCID) e o Coeficiente de Chuvas Intensas Diárias (CCID), que é dado pela quantidade de eventos intensos diários dividido pelo total de dias com chuvas.

### **Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental**

Foi composta a partir da associação da vulnerabilidade social e a suscetibilidade a inundações, constituindo uma síntese final. Para padronizar os resultados obtidos, adotou-se os mesmos critérios de normalização descritos para a vulnerabilidade social.

### **Identificação das ocorrências dos desastres hidrometeorológicos**

Os desastres analisados são classificados como de categoria natural e estão inseridos em dois grupos: hidrológico (inundações, enchentes e enxurradas) e meteorológico (chuvas intensas), conforme a atual Classificação e Codificação Brasileira de Desastres vigente na Instrução Normativa nº 02/2016 (BRASIL, 2016). Tais desastres foram analisados com a denominação de desastres hidrometeorológicos, uma vez que são deflagrados por chuvas excepcionais e concentradas ou por chuvas prolongadas. Também foram categorizados quanto ao nível de intensidade, sendo, de acordo com Brasil (2016): níveis I e II (desastres que almejam decretação por Situação de Emergência - SE) e nível III (almejam decretação por Estado de Calamidade Pública - ECP).

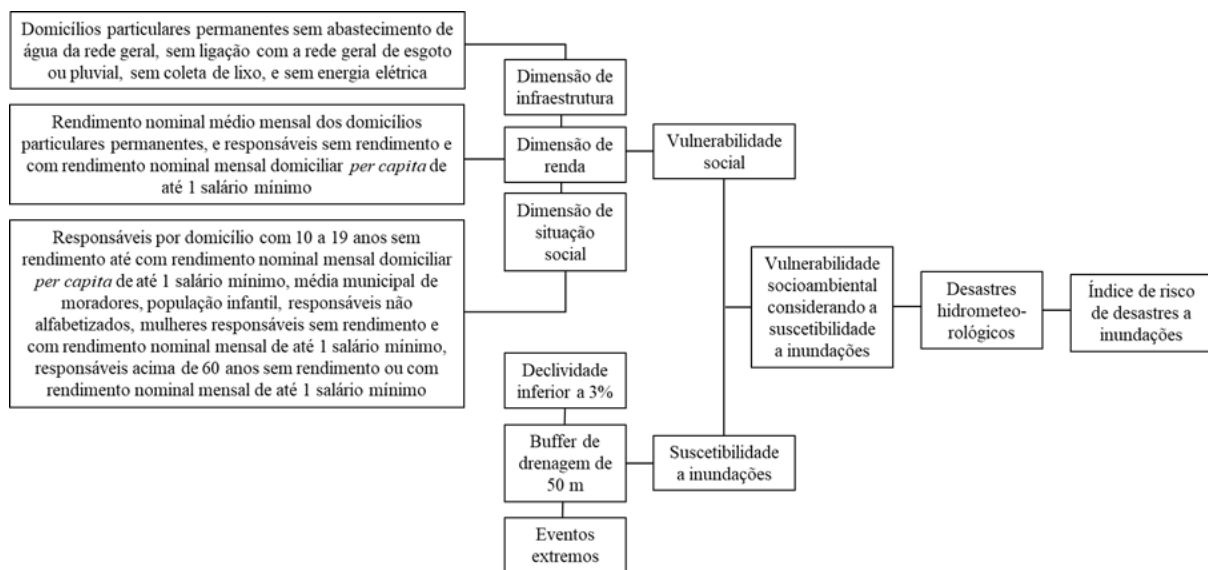
almejam decretação por Situação de Emergência - SE) e nível III (almejam decretação por Estado de Calamidade Pública - ECP).

Para o mapeamento das ocorrências, o recorte temporal adotado contempla a totalidade de informações disponíveis no site do Ministério do Desenvolvimento Regional, acesso à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, ou seja, período de 2003 a 2016. Foram realizados levantamentos exploratórios das séries anuais dos decretos de reconhecimento quanto a sua intensidade, por municípios, que integram as regiões pluviométricas. Foram filtradas todas as ocorrências de desastres reconhecidos com a finalidade de quantificar a frequência absoluta de registros de SE e de ECP.

### Estratégias para elaboração do Índice de Risco de Desastre por Inundação (IRDI)

O IRDI constituiu a síntese da metodologia (Figura 2), ou seja, a associação da vulnerabilidade socioambiental considerando a suscetibilidade a inundação com a frequência absoluta dos registros dos desastres hidrometeorológicos. Foram atribuídos pesos de 0,5 para as variáveis, cujo resultado foi normatizado conforme as equações apresentadas.

Figura 2 – Fluxograma da proposta metodológica



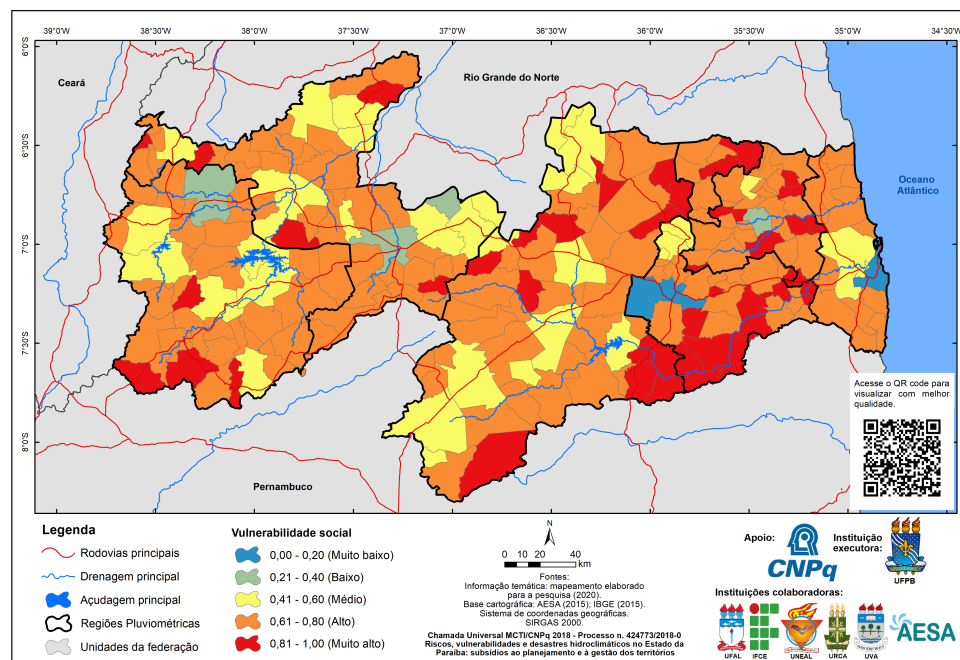
Fonte: os autores (2022).

## Resultados e Discussões

### Vulnerabilidade social

O mapa de vulnerabilidade social (Figura 3) evidencia que, aproximadamente 83% dos municípios da Paraíba encontram-se na categoria de vulnerabilidade alta e muito alta, distribuindo-se em toda a extensão espacial do Estado. Ressalta-se que os maiores problemas permeiam as regiões pluviometricamente homogêneas do Agreste e Cariri/Curimataú (13 municípios cada sob a condição de muito alta vulnerabilidade), Brejo (nove municípios). A exceção é o Litoral onde não foi observado nenhum município sob a condição mencionada.

Figura 3 – Vulnerabilidade social por município no estado da Paraíba

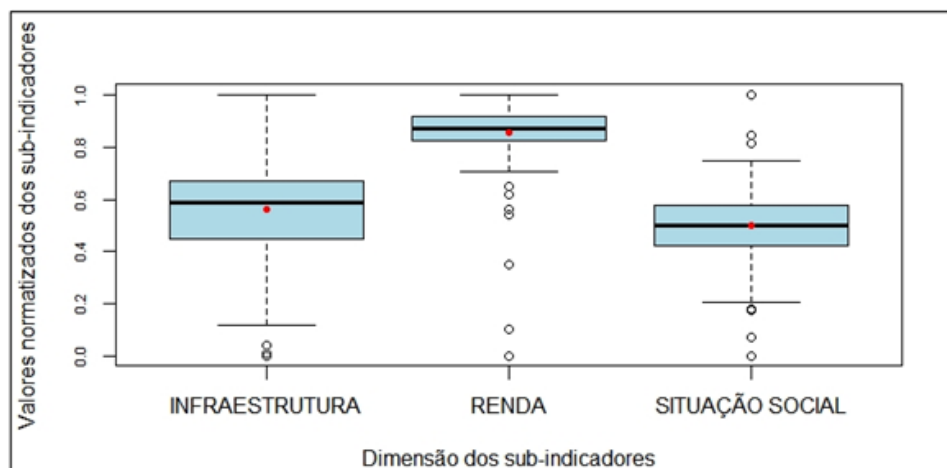


Fonte: os autores (2022).

Verifica-se na Figura 4 os altos níveis críticos com relação à dimensão “Renda”. Esse indicador é analisado diferentemente dos demais: quanto maior o valor expresso pelo indicador, menor será a vulnerabilidade. A renda não apresenta grande variabilidade e isso pode ser evidenciado a partir das caixas do *box-plot* com pequena altura: os municípios apresentam baixo rendimento nominal médio dos domicílios e a presença de responsáveis sem

renda ou com renda de até 1 salário mínimo.

Figura 4 – Variabilidade dos indicadores infraestrutura, renda e situação social



Fonte: os autores (2022).

As exceções (os *outliers* no *box-plot*) são observadas em apenas oito municípios: João Pessoa, Cabedelo, Campina Grande, Patos, Cajazeiras, Sousa, Várzea e Guarabira. Essas exceções podem ser justificadas, tendo em vista que, dentre os municípios mencionados, sete deles correspondem aos que apresentam os maiores valores de rendimento médio dos “ocupados” para o ano de 2010, variando de R\$ 1.665,70 a R\$ 775,52, as maiores porcentagens de “ocupados” com rendimento de até 5 salários mínimos, e os melhores indicadores relacionados à renda, à educação e às questões sociais (IBGE, 2011). O município de Várzea, localizado no Sertão, destaca-se no cenário estadual em função das atividades econômicas relacionadas à exploração mineral (SANTOS *et al.*, 2014).

Em relação à dimensão “infraestrutura”, observa-se a maior variabilidade dos dados, tendo em vista que os indicadores associados a essa dimensão apresentam particularidades entre os municípios, pois envolvem temáticas relacionadas ao saneamento básico e à disponibilidade de energia elétrica. Enfatiza-se que, para o momento de coleta dos dados, era de responsabilidade dos municípios a titularidade dos serviços de saneamento básico, conforme a Lei Federal n. 11.445/2007, o que explica a diferença significativa entre eles.

Os municípios que se destacam com a melhor situação para a

dimensão de infraestrutura são: Patos, Campina Grande (municípios de referência para a Paraíba) e Santa Luzia, pertencente à Região Metropolitana de Patos, município que apresentou índices de destaque, como 99,36% da população em domicílios com energia elétrica e 97,43% de pessoas em domicílios com coleta de lixo.

Na dimensão “social” a variabilidade é menor, contudo, pode-se destacar somente quatro municípios com índices favoráveis: João Pessoa, Cabedelo, Campina Grande e Várzea (*outliers* superiores). Os municípios de São José dos Ramos, Cacimbas, Santa Cecília e Algodão de Jandaíra (*outliers* inferiores) são aqueles que apresentam as condições avaliadas com os piores indicadores. A dimensão “social” comporta a maior quantidade de indicadores, o que pode estar atenuando a realidade.

Seguindo os pressupostos metodológicos, obteve-se a vulnerabilidade social da Paraíba, hierarquizando-se os 223 municípios. A classificação em diferentes categorias e a identificação da vulnerabilidade por meio de mapeamento fornece subsídios aos processos de planejamento, à implementação de políticas públicas integradas com base técnica, científica e operacional. Assim, tais mapeamentos não podem ser compreendidos como o resultado de um processo, e sim como o insumo para medidas mitigadoras passíveis de modificações que poderão reduzir a vulnerabilidade, os riscos e os perigos.

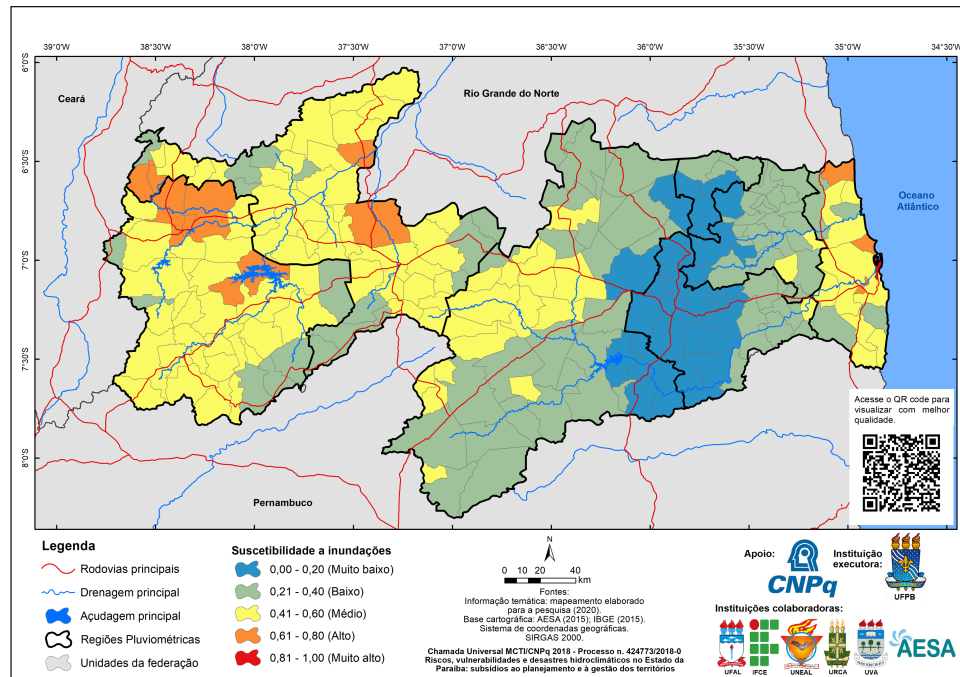
### Suscetibilidade a inundações

A Paraíba apresentou, predominantemente, municípios incluídos nas classes de “baixa” e “muito baixa suscetibilidade”, pois apresenta uma homogeneidade quanto às declividades e altimetrias, resultado, da predominância de formas de relevos moldados sobre rochas pré-cambrianas, de modo que prevalecem unidades geomorfológicas como planaltos, chapadas, platôs e colinas dissecadas.

No tocante ao CCID, foi observado que as maiores amplitudes foram encontradas na região do Cariri/Curimataú e Sertão. O maior número de dias chuvosos em média para as regiões pluviometricamente homogêneas são encontradas no Litoral e diminuem no sentido oeste-leste, em direção a região do Sertão e Alto Sertão, o que está totalmente relacionado com os volumes de chuva e com a quantidade de dias com chuvas acima do limiar definido pelo Percentil 99.

O mapa resultante (Figura 5) revela zonas contínuas e setorizadas, nas quais somente 12 municípios estão compreendidos na classe de alta suscetibilidade a inundações, enquanto somente o município de Cabedelo está incluso na classe de muito alta suscetibilidade. Justifica-se tal constatação, em função do município estar localizado no litoral, além de apresentar drenagens significativas ao longo do seu território.

Figura 5 – Suscetibilidade a inundações por município do estado da Paraíba



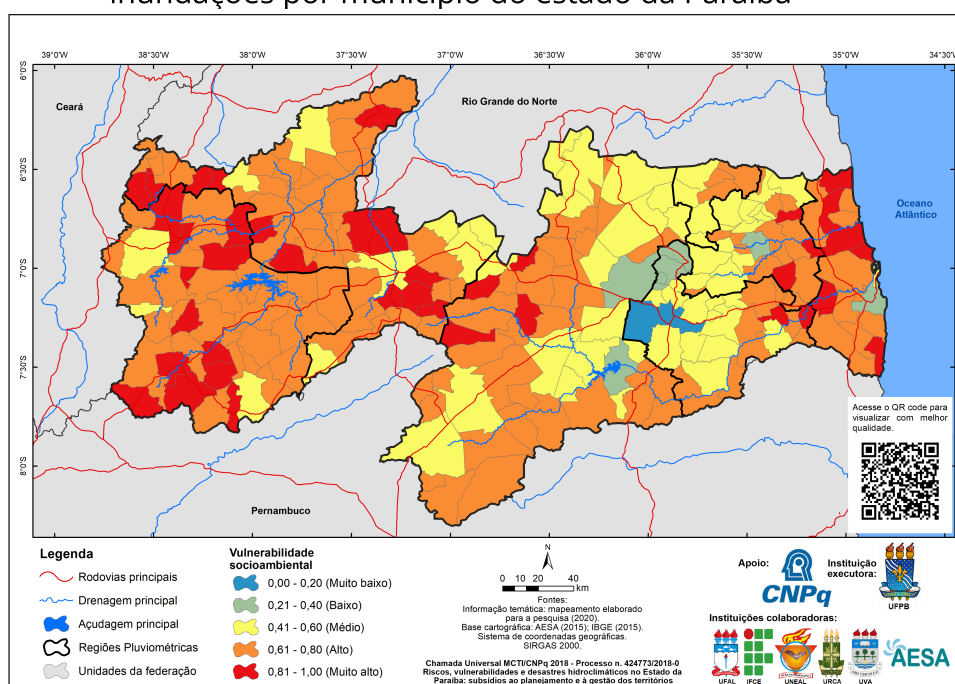
A classe de muito baixa suscetibilidade a inundações corresponde a 38 municípios, localizados nas regiões pluviometricamente homogêneas do Brejo, Agreste e Cariri/Carimataú. Caracterizam-se por relevos com gradientes mais acentuados, possibilitando que haja deslocamento do fluxo da água, e não o seu acúmulo. Por mais que 55,16% do Estado esteja contemplado nas classes de muito baixa e baixa suscetibilidade, isso não significa a inexistência de situações de calamidade pública ou de emergência em decorrência de eventos extremos, tendo em vista que não são somente as condições físicas as condicionantes para a materialização dos desastres.

## Vulnerabilidade socioambiental

Somente 4% dos municípios apresentam a vulnerabilidade socioambiental analisada classificada como muito baixa e baixa. Isso não significa que esses nove municípios não enfrentam situações de vulnerabilidade, uma vez que a pesquisa não detalhou a escala intramunicipal, que é a que pode demonstrar maiores particularidades, focando principalmente as questões da vulnerabilidade concernentes a questões de infraestrutura local. Segundo a metodologia, a vulnerabilidade social e a suscetibilidade ambiental foram consideradas com a mesma hierarquia de importância para a composição da Figura 6.

No total, 155 municípios estão classificados com vulnerabilidade socioambiental alta e muito alta, o que equivale a aproximadamente 70% do Estado. Todas as regiões pluviometricamente homogêneas apresentam municípios sob essa categorização. Porém, o Sertão, composto por 48 municípios, possui 41 deles nas classes mencionadas. Entretanto, se contabilizado o percentual dos municípios para cada região pluviométrica, observa-se que o Alto Sertão apresenta 92,3% dos seus municípios sob a condição de alta e muito alta vulnerabilidade socioambiental diante do cenário de suscetibilidade a inundações, seguido pelas regiões do Litoral (87,5%) e do Sertão (85,4%).

Figura 6 – Vulnerabilidade socioambiental considerando a suscetibilidade a inundações por município do estado da Paraíba

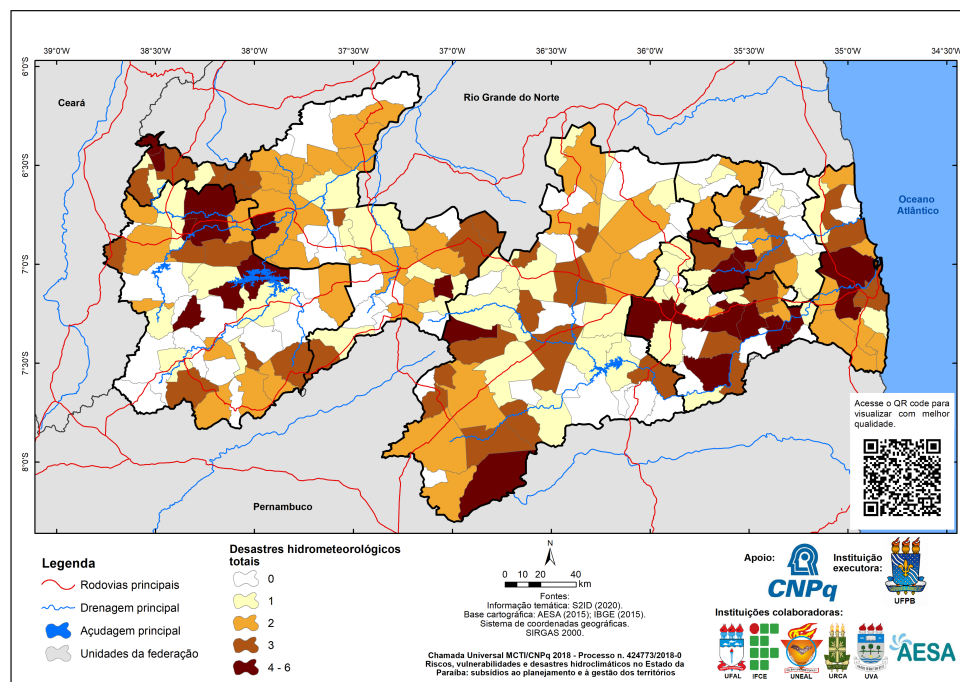


## Registros de desastres hidrometeorológicos

Na região Nordeste, a Paraíba ocupa o primeiro lugar no ranking de reconhecimentos de desastres ambientais, predominantemente, desastres climáticos e hidrometeorológicos, com um total de 3.210 registros. Desse montante, 3.047 são desastres que almejam decretação por SE (324 hidrometeorológicos e 2.723 climáticos) e 163 são desastres que objetivaram decretos por ECP (25 hidrometeorológicos e 138 climáticos).

Os registros estão presentes em todas as regiões pluviometricamente homogêneas (Figura 7), totalizando 70,85% dos municípios com decretos de reconhecimento de desastres hidrometeorológicos. Os maiores quantitativos (de quatro a seis registros por município) são inventariados em 21 municípios, ou seja, 9,41% do total, com destaque para o Agreste, que concentra sete municípios nesse montante.

Figura 7 – Desastres hidrometeorológicos por municípios no estado da Paraíba no período de 2003 a 2016



Fonte: os autores (2022).



A recorrência de registros de desastres também estão presentes nos municípios situados nas regiões pluviométricas inseridas no território do semiárido paraibano (regiões pluviométricas do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão). Essas regiões concentram um expressivo número de registros de desastres hidrometeorológicos do tipo inundações e enxurradas, os quais foram os de maior gravidade no Estado, uma vez que provocaram mais danos humanos e danos materiais, principalmente registros de óbitos. Assim, registraram-se um total de nove óbitos oriundos desses desastres: quatro na região pluviométrica do Cariri/Curimataú (três no município de Serra Branca e um em São João do Cariri); três óbitos na região Sertão (dois no município de São Bento e um em Santa Luzia); e dois óbitos na região do Alto Sertão, registrados no município de São José da Lagoa Tapada.

Essas regiões pluviométricas são formadas, majoritariamente, por municípios de pequeno porte com pouca centralidade/polaridade econômica no Estado, e que concentram os danos humanos, materiais e os prejuízos econômicos oriundos dos desastres. Esse resultado demonstra o baixo grau de resiliência e a necessidade de desenvolver e aprimorar medidas estruturais e não estruturais capazes de melhorar as condições de vida da população, em especial daquela imediatamente atingida por eventos excepcionais de precipitação.

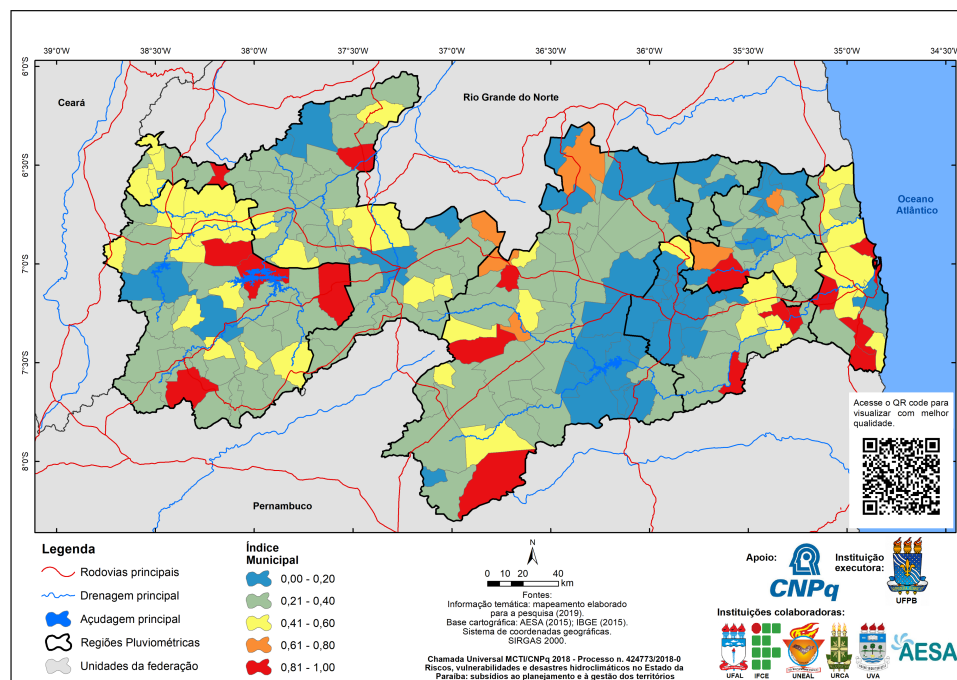
### **Índice de Risco de Desastre por Inundação (IRDI) por município da Paraíba**

A criação do IRDI resultou da combinação da vulnerabilidade socioambiental considerando a suscetibilidade a inundações e os registros de desastres hidrometeorológicos, os quais devem ser compreendidos como a materialização dos riscos a eventos extremos de inundações. Para identificar os municípios com maior possibilidade de ocorrência de desastres por inundação, criou-se um índice que sintetiza as condições físico-naturais, as condições socioeconômicas e a ocorrência de eventos de origem hidrometeorológicas, o qual pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Índice de Risco de Desastre por Inundação (IRDI) por município da Paraíba

## Vulnerabilidade socioambiental e risco de desastre por inundações no Estado da Paraíba, Brasil

Camila Cunico · Daisy Beserra Lucena · Marcelo de Oliveira Moura



Fonte: os autores (2022).

Da Paraíba, 72,64% dos municípios encontram-se com o IRDI expresso nas classes baixa e muito baixa. A classe média, cujos municípios apresentam o índice entre os valores 0,41 e 0,60, correspondem a 16,59% do total. Já os municípios de Areia e Lagoa de Dentro (localizados no Brejo); Junco do Seridó, Pariri e Picuí (Cariri/Curimataú); e São José do Sabugi (Sertão) são aqueles identificados com o alto IRDI.

O maior índice de risco à inundação corresponde espacialmente a 8% dos municípios, ou seja, 18 do total existente (Quadro 1), cujas características são bastante similares: apontam para a presença de aspectos físico-naturais que condicionam a probabilidade de ocorrência de inundações, além de não apresentarem de maneira satisfatória as condições que assegurem o acesso da população à habitação, água potável, esgotamento sanitário, recolhimento e destinação adequada de resíduos sólidos, eletricidade, educação e demais garantias de equidade social. Mesmo não revelando um padrão ou localização geográfica específica dentro do Estado, encontrando-se desde o Litoral até o Sertão, e são os que, em princípio, merecem um detalhamento na escala intramunicipal para verificar as especificidades e tomada de decisão para mitigar os impactos deflagrados e, se possível, sugerir adaptações frente aos riscos recorrentes.

Quadro 1 – Municípios com grau muito alto de Risco de Desastre de Inundações (IRDI)

Município	Índice	Regiões Pluviom. Homogêneas	Município	Índice	Regiões Pluviom. Homogêneas
Coremas	1,0000	Alto Sertão	Pilar	0,9153	Agreste
Santana de Mangueira	0,9796	Alto Sertão	Natuba	0,8977	Agreste
São José da Lagoa Tapada	0,9794	Alto Sertão	São Bento	0,8755	Sertão
Lastro	0,9745	Sertão	Alagoa Grande	0,8576	Brejo
São João do Tigre	0,9545	Cariri/Curimataú	Alhandra	0,8567	Litoral
São José dos Cordeiros	0,9389	Cariri/Curimataú	Caaporã	0,8477	Litoral
Cruz do Espírito Santo	0,9333	Litoral	Cabedelo	0,8407	Litoral
Lucena	0,9194	Litoral	Catingueira	0,8343	Alto Sertão
São José dos Ramos	0,9167	Agreste	Assunção	0,8292	Cariri/Curimataú

Fonte: os autores (2022).

Os achados dessa pesquisa e a hierarquização dos municípios de acordo com a metodologia aplicada que desencadeou no IRDI, possibilitam ações estratégicas de redução de riscos de desastres e da vulnerabilidade socioambiental. É um desafio para os próximos anos que o planejamento e a gestão dos territórios procurem prever os acontecimentos negativos relacionados às questões socioambientais para combatê-los ou minimizá-los.

## Considerações Finais

O IRDI classificado com risco “muito alto” é constituído por municípios que apresentam uma suscetibilidade natural à ocorrência de inundações. No entanto, além dessa característica, é necessário considerar que há uma potencialização da materialização dos riscos quando há uma sobreposição destes com áreas de infraestrutura precária, porções do território ocupadas por populações vulneráveis e sujeitas aos eventos naturais intensos.

Os resultados apresentados consideram uma análise da Paraíba em escala genérica, que permite localizar espacialmente, de forma sistematizada, informações que integram componentes de natureza social, ambiental/climática, econômica e de infraestrutura, possibilitando subsídios para identificação de municípios mais (ou menos) expostos aos riscos de desastres por inundações.

A proposta metodológica e os resultados apresentados abrem reflexões e indícios para estudos mais detalhados dos 18 municípios identificados com o grau mais significativo de risco a inundação, considerando o setor censitário, e esses estudos poderão fornecer bases específicas intramunicipais que contribuam para a gestão de recursos, implementação de políticas públicas mais adequadas, bem como mitigação e adaptação frente aos riscos de desastres hidrometeorológicos.

A metodologia aplicada para a Paraíba pode ser replicada para outros recortes geográficos, uma vez que utiliza banco de dados oficiais e de acesso ao público interessado. No entanto, é necessário destacar que para os resultados se aproximarem ainda mais da realidade, é fundamental a atualização das bases cartográficas utilizadas, tanto no que diz respeito ao nível de detalhamento quanto a periodicidade da coleta das variáveis que constituem a análise social.

## Financiamento

Financiado pelo CNPq do projeto “Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios”. Chamada Universal MCTIC/CNPq nº 28/2018, processo n. 424773/2018-0, com vigência até outubro de 2021.

## Referências

ABGER, W.N; BROOKS, N.; BENTHAM, G.; AGNEW, M.; ERIKSEN, S. **New indicators of vulnerability and adaptive capacity**. Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 7. 2004.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos da População**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 43-59, jan./jun, 2006. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbepop/a/6LBPFTkP3J5BGsdGLmQRsBg/abstract/?lang=pt>> Acesso: 19 jul 2022.

BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, VI, Salvador, BA. Anais 1, p. 200-205, 1990.

BRASIL. **Lei Federal n. 11.445/2007**, de 05 de janeiro de 2005. Dispõe sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso: 04 de maio de 2020.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016 do Ministério da Integração Nacional, 2016. Disponível em <[https://www.in.gov.br/materia/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24789597/do1-2016-12-22-instrucao-normativa-n-2-de-20-de-dezembro-de-2016--24789506](https://www.in.gov.br/materia/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24789597/do1-2016-12-22-instrucao-normativa-n-2-de-20-de-dezembro-de-2016--24789506)> Acesso: 19 jul 2022.

BRASIL. Resolução CONDEL/SUDENE nº 150/2021. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623>> Acesso: 20 fev 2022.

CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G; FRERKS, G; HILHORST, D. (Eds.). **Mapping vulnerability: disasters, development, and people**. London: Earths can Publications, p. 37-51, 2004.

Publications, p. 37-51, 2004.

CUNICO, C.; LUCENA, D.B.; MOURA, M.O.; MOURA C.M.S. Metodologias para identificação da vulnerabilidade socioambiental e dos riscos de desastres hidroclimáticos na Paraíba. 01-25p. In: **Paraíba: pluralidade e representações geográficas**, v.4 / SILVA, A.B; GALVÃO, J.C; LUCENA, D.B (Orgs.). Campina Grande: EDUFCG, 2021.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2004. 155p. Tese de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GEMMER, M.; FISCHER, T.; JIANG, T.; SU, B.; LIU, L. L. Trends in precipitation extremes in the Zhujiang River Basin, South China. **Journal of Climate**, v.24, p. 750–761, 2011.

GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate** v.18, p. 1326–1350, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

KAZTMAN, R; FILGUEIRA. C. **Marco conceptual sobre activos, vulnerabilidad y estructura de oportunidades**. Montevideo, PNUD, 2009.

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. **Revista Terra Livre**, São Paulo, n.16, p.139-158, 2001.

MENDONÇA, F. Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais Urbanos: a contingência climática. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010.

MOURA, M. O; CUNICO, C.; NÓBREGA, R. S.; DUARTE, C. C. Desastres hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço-temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 259-271. 2016.

NUNES, L. H. Mudanças climáticas, extremos atmosféricos e

padrões de risco a desastres hidrometeorológicos. In: HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR., E. **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. Campinas: NEPO/UNICAMP, p. 53 – 73. 2009.

OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C. M. S.; LIMA, K. C. Climatology and trend analysis of extreme precipitation in subregions of Northeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.130, p. 77–90, 2016.

PALHARINI, R. S. A.; VILA, D. A.; RODRIGUES, D. T.; QUISPE, D. P.; PALHARINI, R. C.; SIQUEIRA, R. A.; AFONSO, J. M. S. Assessment of the Extreme Precipitation by Satellite Estimates over South America. **Remote Sensing**. v.12, 2020.

SANTOS, D. A.; GURGEL, M. T.; MOTA, A. F.; PAIVA, F. I. G. Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de Várzea – PB. **Holos**, 2014. Disponível em <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1675/0>> Acesso: 19 de jul 2022.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba**. Dissertação de Mestrado. Campina Grande: Programa de Pós-Graduação em Meteorologia/UFPG, 2007. 114p.

SILVA, L. L.; MENEZES, H. E. A.; DANTAS, R. T.; COSTA, R. F.; MENEZES, H. E. Relações das precipitações da pré-estação com o período chuvoso no estado da Paraíba. **Revista de estudos ambientais**, 2012, n. 4. Disponível em <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/3569/2509>> Acesso em: 19 jul 2022.

SILVA, N. T. **As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e a vulnerabilidade socioambiental**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: 2018. 133p.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250 - 268, 2012.

UFSC/CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED). **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil.** Florianópolis: CEPED-UFSC, 2013.

## Contribuições dos autores

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo. As tarefas de concepção e design do estudo, preparação e redação do manuscrito, bem como, revisão crítica foram desenvolvidas em grupo. A primeira autora, Camila Cunico, ficou especialmente responsável pelo desenvolvimento teórico-conceitual, mapeamento temático presente no artigo, bem como as respectivas interpretações e análises. A segunda autora, Daisy Beserra Lucena, ficou responsável pela manipulação do banco de dados de chuvas e das variáveis socioeconômicas e suas interpretações estatísticas e análises. O terceiro autor, Marcelo de Oliveira Moura, ficou responsável pelos procedimentos técnicos de identificação dos desastres que resultou na elaboração do Índice de Risco de Desastre por Inundação (IRDI), interpretando e analisando os resultados. Esse artigo apresenta resultados do projeto desenvolvido por meio do financiamento Chamada Universal MCTIC/CNPq Nº 28/2018, intitulado Riscos, vulnerabilidades e desastres hidroclimáticos no estado da Paraíba: subsídios ao planejamento e à gestão dos territórios, desenvolvido pelos pesquisadores supracitados, com a colaboração acadêmicos de graduação e pós-graduação.

Recebido para publicação em 18 de junho de 2022

Aceito para publicação em 13 de agosto de 2022

Publicado em 29 de agosto de 2022