



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA - CT**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**TAYANE DE SIQUEIRA SILVA**

**ÍNDICE DE VULNERABILIDADE A DESASTRES RELACIONADOS COM  
FENÔMENOS NATURAIS NOS MUNICÍPIOS DO SERTÃO DO PAJEÚ,  
PERNAMBUCO, BRASIL**

**JOÃO PESSOA - PB**  
**SETEMBRO - 2025**

**TAYANE DE SIQUEIRA SILVA**

**ÍNDICE DE VULNERABILIDADE A DESASTRES RELACIONADOS COM  
FENÔMENOS NATURAIS NOS MUNICÍPIOS DO SERTÃO DO PAJEÚ,  
PERNAMBUCO, BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Graduação em Engenharia Ambiental, da  
Universidade Federal da Paraíba, como  
parte dos requisitos obrigatórios para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Ambiental.**

**Orientador: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira**

**JOÃO PESSOA - PB  
SETEMBRO - 2025**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S5861 Silva, Tayane de Siqueira.

Índice de vulnerabilidade a desastres relacionados com fenômenos naturais nos Municípios do sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil / Tayane de Siqueira Silva. - João Pessoa, 2025.

59 f. : il.

Orientação: Hamilcar José Almeida Filgueira.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. vulnerabilidade. 2. desastres ambientais. 3. gestão de riscos e desastres. 4. índice de vulnerabilidade a desastres. 5. Sertão do Pajeú. I. Filgueira, Hamilcar José Almeida. II. Título.

UFPB/BSCT

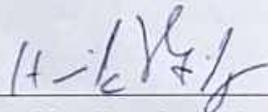
CDU 624(043.2)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

TAYANE DE SIQUEIRA SILVA

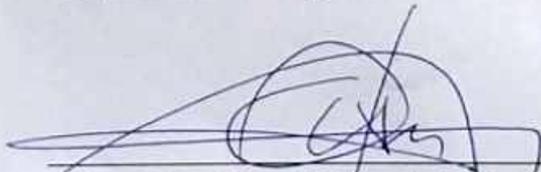
### **ÍNDICE DE VULNERABILIDADE A DESASTRES RELACIONADOS COM FENÔMENOS NATURAIS NOS MUNICÍPIOS DO SERTÃO DO PAJEÚ, PERNAMBUCO, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 30/09/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:



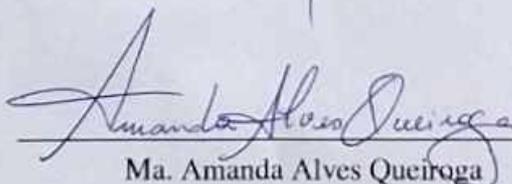
Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

APROVADO  
(Aprovado/Reprovado)



Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

APROVADO  
(Aprovado/Reprovado)



Ma. Amanda Alves Queiroga

APROVADO  
(Aprovado/Reprovado)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ALINE FLAVIA NUNES REMIGIO ANTUNES  
Data: 01/10/2025 16:41:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Aline Flávia Nunes Remigio Antunes  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Aos meus pais, que abdicaram de si para que eu pudesse voar cada vez mais alto. À minha irmã, pela dor com a minha ausência. Ao Samuel, pelo apoio em toda a graduação. Ao meu orientador, Prof.<sup>a</sup> Hamilcar, por sua orientação e confiança. E, por fim, a todos os meus amigos, que tornaram esta jornada mais leve e prazerosa.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as bênçãos, conquistas e pessoas que colocou em minha vida, iluminando meu caminho a cada passo.

Aos meus pais, pelo carinho, cuidado, proteção e compreensão em todas as fases da minha vida. E por, com lágrimas e suor, me darem a oportunidade que não tiveram. Sou eternamente grata por todo o amor e apoio.

À minha irmã, pelo companheirismo e pelo sofrimento que causei ao sair cedo de casa. A distância mudou nossa forma de nos relacionar, mas nunca o sentimento forte que nos une.

Ao meu noivo, Samuel, que foi minha válvula de escape durante toda a graduação. Sem você, eu não teria suportado a distância de casa. Obrigada por me ajudar a entender que lar não é algo singular, mas um sentimento que pode ser construído, refeito e encontrado em pessoas.

Aos meus professores do curso técnico em saneamento, que abriram meus olhos para a Engenharia Ambiental. Aos professores da graduação, que dedicaram seu tempo para compartilhar o bem mais precioso que temos: o conhecimento. Em especial, ao meu orientador, pelo suporte, dedicação e paciência.

Aos meus amigos, pessoas maravilhosas que entraram em minha vida no tempo certo. Jaqueline Silva e Karen Vitória, por estarem dispostas a me ouvir em qualquer horário e sempre trazerem calma ao meu coração. Ana Lívia, Hellen Loyse e Nathália Vitória, por todas as noites em claro estudando, fazendo trabalhos e apoiando umas às outras. Lucas Gomes, João Vitor e Emanuel Gomes, por todo o auxílio e incentivo acadêmico e profissional. Vitória Bitú e Alice Maria, pelo encontro de almas e pela preocupação constante. Francisca Marta, por dividir as preocupações em relação à elaboração dos nossos trabalhos de conclusão de curso.

A todos, meu mais sincero agradecimento.

## RESUMO

A crescente preocupação com os impactos de desastres ambientais e a vulnerabilidade das populações em regiões semiáridas exige uma análise detalhada das condições socioeconômicas e ambientais desses locais. Neste contexto, o presente estudo visa calcular o Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD) para os municípios do Sertão do Pajeú, região semiárida do estado de Pernambuco, Brasil, utilizando variáveis socioeconômicas, ambientais e institucionais. A pesquisa foi de abordagens quantitativa e exploratória, com o intuito de fornecer subsídios para a gestão de riscos e desastres locais. Para a construção do IVD, foram adotadas as metodologias de Azevêdo (2020) e Moraes (2020), adaptadas à realidade da região. A análise das variáveis foi dividida em três dimensões: suscetibilidade, enfrentamento e adaptação; com base em dados secundários provenientes de fontes oficiais, como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O cálculo do IVD permitiu classificar os municípios em diferentes faixas de vulnerabilidade. No geral, a maior parte dos municípios da região foi classificada com vulnerabilidade média. No entanto, os principais resultados mostraram grande disparidade entre os municípios da região, com variações expressivas nos valores dos IVDs. Municípios como Flores, Serra Talhada e Santa Cruz da Baixa Verde apresentam os maiores índices de vulnerabilidade, o que demanda ações urgentes para reduzir os riscos e aumentar a resiliência da população. Por outro lado, municípios como Ingazeira, Tuparetama e Triunfo se destacam por suas estratégias de adaptação e enfrentamento, podendo servir como modelo para os municípios com maiores dificuldades. Os resultados destacaram ainda a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura, saúde e educação, especialmente nos municípios mais vulneráveis. Além disso, aponta-se a importância de fortalecer as capacidades de resposta a desastres e as estratégias de adaptação, considerando as especificidades locais. Este estudo poderá contribuir para a formulação de políticas públicas direcionadas à redução de riscos e à promoção de resiliência, o que fornece uma base para a gestão territorial e a prevenção de desastres ambientais no Sertão do Pajeú.

**Palavras-chave:** vulnerabilidade a desastres ambientais, Sertão do Pajeú, gestão de riscos e desastres, índice de vulnerabilidade a desastres.

## ABSTRACT

The growing concern with the impacts of environmental disasters and the vulnerability of populations in semi-arid regions requires a detailed analysis of the socioeconomic and environmental conditions of these areas. In this context, the present study aims to calculate the Disaster Vulnerability Index (DVI) for the municipalities of the Sertão do Pajeú, a semi-arid region in the state of Pernambuco, Brazil, using socioeconomic, environmental, and institutional variables. The research followed a quantitative and exploratory approach, with the purpose of providing support for local risk and disaster management. For the construction of the DVI, the methodologies of Azevêdo (2020) and Morais (2020) were adopted and adapted to the reality of the region. The analysis of the variables was divided into three dimensions: susceptibility, coping capacity, and adaptation; based on secondary data from official sources, such as the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The calculation of the DVI allowed the classification of municipalities into different levels of vulnerability. Overall, most municipalities in the region were classified as having medium vulnerability. However, the main results revealed significant disparities among municipalities in the region, with considerable variations in DVI values. Municipalities such as Flores, Serra Talhada, and Santa Cruz da Baixa Verde present the highest vulnerability levels, demanding urgent actions to reduce risks and strengthen population resilience. On the other hand, municipalities such as Ingazeira, Tuparetama, and Triunfo stand out for their adaptation and coping strategies, serving as potential models for those facing greater challenges. The results also highlighted the urgent need for investments in infrastructure, health, and education, especially in the most vulnerable municipalities. Furthermore, the study emphasizes the importance of strengthening disaster response capacities and adaptation strategies, while considering local specificities. This study may contribute to the development of public policies aimed at risk reduction and resilience promotion, providing a foundation for territorial management and the prevention of environmental disasters in the Sertão do Pajeú.

**Keywords:** environmental disaster vulnerability, Sertão do Pajeú, risk and disaster management, disaster vulnerability index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos municípios do Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil

Figura 2 - Procedimentos metodológicos da pesquisa

Figura 3 - Indicadores para Avaliação da Vulnerabilidade para os bairros do município de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Figura 4 - Adaptação dos indicadores para o Índice de Vulnerabilidade a Desastres relacionados com fenômenos naturais nas capitais do nordeste

Figura 5 - Classificação da vulnerabilidade nos municípios do Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplo de ameaça, perigo e risco relacionada a um fenômeno ambiental

Quadro 2 - Indicadores para Avaliação da Vulnerabilidade para o Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil

Quadro 3 - Classificação do terreno de acordo com a declividade

Quadro 4 - Relação entre variáveis, forma de tratamento, fonte dos dados e sua relação com o índice de vulnerabilidade

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado dos componentes da suscetibilidade

Tabela 2 - Municípios mais críticos e municípios com os melhores resultados para cada componente da suscetibilidade

Tabela 3 - Resultado dos componentes do enfrentamento

Tabela 4 - Municípios mais críticos e municípios com os melhores resultados para cada componente do enfrentamento

Tabela 5 - Resultado dos componentes da adaptação

Tabela 6 - Municípios mais críticos e municípios com os melhores resultados para cada componente da adaptação

Tabela 7 - Resultado do Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD)

Tabela 8 - Classificação dos municípios segundo o Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD)

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GIRD+10 - Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres

GRDA - Gestão de Riscos e Desastres Ambientais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICM - Indicador de Capacidade Municipal

IVD - Índice de Vulnerabilidade a Desastres

MDE - Modelo Digital de Elevação

ONU - Organização das Nações Unidas

PN-PDC - Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNPDEC - Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

SAMU - Serviços de Atendimento Móvel de Urgência

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

TCE-PE - Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco

UBS - Unidades Básicas de Saúde

UPA - Unidades de Pronto Atendimento

UPAE - Unidades Pernambucanas de Atenção Especializada

USF - Unidades de Saúde da Família

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Desastres relacionados a fenômenos naturais e a vulnerabilidade socioambiental	16
2.2 Ameaça, Perigo e Risco	18
2.3 Gestão de Riscos e Desastres Ambientais (GRDA)	20
2.4 A contribuição dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com ênfase no software QGIS, para o mapeamento de áreas com populações mais vulneráveis	22
2.5 Índice de Vulnerabilidade a Desastres	24
2.6 Fenômenos ambientais no Sertão do Pajeú	26
3. ÁREA DE ESTUDO	27
4. METODOLOGIA	29
4.1 Variáveis do IVD	30
4.1.1 Suscetibilidade	33
4.1.2 Enfrentamento	35
4.1.3 Adaptação	36
4.2 Tratamento estatístico	38
4.3 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade	41
5. RESULTADOS	42
6. CONCLUSÃO	50
7. REFERÊNCIAS	52

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, eventos desastrosos vêm sendo registrados com frequência ao longo do tempo, gerando impactos expressivos nas dinâmicas sociais (Miguel, 2014). Entre os tipos mais recorrentes, destacam-se os relacionados a secas, inundações, movimentos de massa (deslizamentos) e incêndios florestais, os quais têm ocasionado danos relevantes à infraestrutura, à economia e à saúde da população (Medeiros, 2014; Instituto Acende Brasil, 2024). A magnitude desses eventos tem causado prejuízos humanos, materiais e econômicos consideráveis, o que evidenciou a necessidade de políticas públicas eficazes voltadas à redução de risco de desastres.

Com o propósito de melhorar a gestão de risco de desastres no Brasil, foi instituída a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), por meio da Lei nº 12.608/2012, que estabelece diretrizes para a identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, especialmente na esfera municipal, onde essas ações são frequentemente limitadas por carências técnicas e estruturais.

Dentro desse contexto, a vulnerabilidade a desastres é entendida como um fenômeno multifacetado, envolvendo fatores sociais, econômicos, ambientais e institucionais que condicionam a capacidade das populações de reagir e se recuperar diante de eventos extremos (Birkmann, Sorg e Welle, 2017; Santos, 2015).

A compreensão desses múltiplos aspectos da vulnerabilidade é fundamental para o avanço das estratégias de redução de riscos e desastres. Como apontam Cardona et al. (2012), as tendências de vulnerabilidade e exposição são determinantes centrais para a ocorrência e a gravidade dos desastres, uma vez que definem em que medida os eventos climáticos e meteorológicos extremos se traduzem em impactos sociais, econômicos e ambientais. Assim, analisar a vulnerabilidade de forma aprofundada não apenas contribui para entender a gênese dos desastres, mas também orienta a formulação de políticas públicas mais eficazes e adaptadas às realidades locais.

Destaca-se também o conceito de resiliência comunitária, que de acordo com Cutter et al. (2008), depende de condições antecedentes (como infraestrutura, coesão social e acesso a recursos) e da capacidade de resposta adaptativa da população, sendo moldada por características locais e exógenas. Essa abordagem

considera que vulnerabilidade e resiliência não são opostos exatos, mas conceitos interligados que coexistem e se influenciam mutuamente no contexto espacial e social de cada comunidade.

O Sertão do Pajeú, localizado no semiárido pernambucano, tem sido cenário de intensas transformações climáticas e ambientais nas últimas décadas. Estudos indicam que a região apresenta variabilidade às condições pluviométricas, com períodos chuvosos e secos cada vez mais marcados, o que eleva a frequência e a severidade de eventos extremos como estiagens e inundações (Moura & Silva, 2022). A análise de séries históricas na bacia hidrográfica do Rio Pajeú revela tendências negativas estatisticamente significativas nos índices de precipitação, aridez e umidade do solo, especialmente na porção sul, sugerindo uma transição para condições climáticas mais secas e propensas à desertificação (Soares et al., 2018).

Essa condição climática adversa se agrava diante de um contexto estruturalmente vulnerável. Conforme apontam Travassos et al. (2013), o semiárido brasileiro enfrenta desafios históricos de desigualdade social, degradação ambiental e dependência de políticas emergenciais, que comprometem a capacidade adaptativa da população frente aos desastres ambientais. Nesse cenário, compreender os padrões climáticos e suas consequências é fundamental para subsidiar estratégias de prevenção, mitigação e adaptação aos riscos que afetam a região.

Apesar da recorrente exposição do Sertão do Pajeú a riscos climáticos como secas severas e, em menor escala, inundações pontuais, a região ainda carece de instrumentos técnicos específicos que permitam avaliar, com profundidade, sua vulnerabilidade a desastres. Essa carência compromete a formulação de políticas públicas eficientes e eficazes e dificulta que os gestores locais priorizem ações de mitigação e adaptação em consonância com os riscos reais enfrentados pela população.

A literatura especializada e os marcos legais nacionais, como a própria PNPDEC, reforçam a importância da produção de diagnósticos territoriais fundamentados em indicadores sociais, econômicos, ambientais e institucionais como base para ações de redução de riscos e desastres. Assim, os índices sintéticos de vulnerabilidade surgem como ferramentas essenciais por sua capacidade de integrar múltiplas dimensões em um único valor, permitindo melhor

compreensão acerca das necessidades de desenvolvimento de uma região (ONU, 2024).

A elaboração de diagnósticos de vulnerabilidade também dialoga com a Agenda 2030 da ONU, especialmente com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima- que ressalta a necessidade de fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa frente a riscos climáticos e desastres (IPEA, 2019). Nesse sentido, o presente estudo contribui tanto para orientar políticas públicas locais quanto para o cumprimento de metas globais de sustentabilidade e ação climática.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo calcular o Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD) para os municípios do Sertão do Pajeú. Para tanto, foram adaptadas as metodologias propostas por Azevêdo (2020), aplicada aos bairros do município de João Pessoa (PB), e Morais (2020), aplicada às capitais do nordeste. Essa adaptação metodológica foi necessária para contemplar as especificidades ambientais, climáticas e socioeconômicas do semiárido pernambucano.

A construção deste índice por município buscou preencher uma lacuna técnica na produção de conhecimento sobre os riscos da região. Buscou também em oferecer uma base concreta para que o poder público local possa identificar os municípios mais fragilizados, promovendo uma gestão territorial mais justa, eficaz e resiliente. Trata-se, portanto, de um esforço técnico-científico que alia diagnóstico e aplicabilidade prática, contribuindo com os princípios do desenvolvimento sustentável e com o fortalecimento da gestão de riscos de desastres no contexto do semiárido brasileiro.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Desastres relacionados a fenômenos naturais e a vulnerabilidade socioambiental

De acordo com o Manual Técnico de Defesa Civil do estado de Pernambuco (2019), desastres são eventos adversos, que podem ser de origem natural, tecnológica ou antrópica, que ocorrem em cenários vulneráveis expostos a ameaças. Esses eventos resultam em danos humanos, materiais e ambientais, além

de gerarem prejuízos econômicos e sociais. O manual também destaca que os danos ambientais, devido à sua dificuldade de reversão, desempenham um papel significativo no agravamento dos desastres.

Os desastres ambientais são definidos como eventos extremos que resultam em perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais, impactando de forma significativa a dinâmica das sociedades. Esses eventos ocorrem quando fenômenos naturais, como secas, enchentes, deslizamentos ou tempestades, atingem populações e territórios em situação de vulnerabilidade, transformando ameaças naturais em desastres sociais (Andrade et al., 2022; Cutter et al., 2003).

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE (2012), organiza os desastres registrados no Brasil em mais de 50 tipos ou subtipos, com o objetivo de padronizar a identificação e a atuação da Defesa Civil Nacional. Essa codificação segue padrões internacionais e busca facilitar a gestão de riscos em um país de grandes dimensões como é o Brasil.

Para Trajber et al. (2017) “o desastre é o resultado da combinação de ameaças/perigo, condições de vulnerabilidade e da insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas e potenciais do risco”. Sendo assim, a ocorrência de desastres ambientais está intimamente ligada à exposição e suscetibilidade (ou sensibilidade) de populações humanas a riscos ambientais e à sua capacidade de resposta e recuperação (capacidade adaptativa).

Desse modo, o conceito de vulnerabilidade socioambiental adquire centralidade para a compreensão destes desastres, pois permite identificar os fatores que tornam certos grupos e territórios mais suscetíveis a danos.

Para Birkmann, Sorg e Welle (2017), a vulnerabilidade abrange as capacidades e fragilidades de pessoas, infraestruturas e comunidades, que podem estar sujeitas a danos em função de eventos adversos. Essa abordagem amplia a noção tradicional de vulnerabilidade ao incluir dimensões físicas, sociais e institucionais que influenciam a exposição ao risco e a resiliência das populações.

Já Cutter (2011) define a ciência da vulnerabilidade como um campo interdisciplinar, que integra as ciências sociais, naturais e da engenharia para compreender as condições que colocam populações e territórios em risco, bem como os fatores que ampliam ou reduzem sua capacidade de resposta e recuperação.

Santos (2015) corrobora ao afirmar que a situação torna-se ainda mais crítica nas áreas habitadas por populações em maior vulnerabilidade social, que carecem de infraestrutura adequada para lidar com cenários de crise. Esse quadro se agrava diante da precariedade vivida por esses grupos, somada à limitada capacidade de resposta do poder público frente a tais emergências.

A vulnerabilidade, portanto, deve ser entendida como uma condição estrutural e processual, que envolve aspectos históricos, sociais, econômicos, ambientais e institucionais. Não se trata apenas da presença de riscos para ameaças naturais, por exemplo, mas da maneira como esses riscos interagem com as desigualdades sociais e a capacidade dos indivíduos e instituições de enfrentá-los.

Segundo Moura, Cunico e Lucena (2023), a vulnerabilidade socioambiental emerge da interdependência entre fatores físicos e sociais que se acumulam espacialmente, sendo agravada por processos de exclusão, ausência de políticas públicas e fragilidades institucionais. Essa condição multidimensional é o que torna certos territórios mais suscetíveis aos efeitos adversos de eventos extremos e compromete sua capacidade de recuperação.

Além disso, autores como Oviedo e Czeresnia (2015) argumentam que a vulnerabilidade deve ser compreendida como um fenômeno biossocial, ou seja, não apenas como fragilidade física ou material, mas também como uma condição existencial e relacional, que abrange tanto os aspectos individuais quanto os contextos sociais mais amplos.

Com base nessas perspectivas, torna-se evidente que a análise da vulnerabilidade exige um olhar complexo e territorializado, capaz de considerar as múltiplas camadas de exposição ao risco e as distintas capacidades de enfrentamento das populações.

Trazer a vulnerabilidade como ponto de partida para a análise dos riscos e desastres permitiu entender por que os mesmos processos físicos causam danos mais amplos e consequências mais profundas nos territórios mais pobres e menos organizados socialmente (GIRD+10, 2021).

## 2.2 Ameaça, Perigo e Risco

No campo da gestão de risco a desastres ambientais, os termos ameaça, perigo e risco são frequentemente utilizados de forma próxima, mas possuem significados distintos e complementares.

Perigo refere-se a uma condição ou conjunto de circunstâncias com potencial de causar dano, lesão ou morte. É uma característica inerente a um agente físico, químico, biológico ou natural que, mesmo sem causar dano imediato, representa uma fonte potencial de risco. Como definido por Sanders e McCormick (1993, p. 675): “perigo é uma condição ou um conjunto de circunstâncias que têm o potencial de causar ou contribuir para uma lesão ou morte”.

No contexto ambiental, o perigo pode estar associado, por exemplo, à presença de substâncias tóxicas, instabilidade de encostas, volume elevado de água em rios ou altas temperaturas prolongadas.

Ameaça é o evento em si, com potencial de acionar o perigo e desencadear impactos negativos. De acordo com Sobral (2005): “a ameaça é um evento que acarreta perigo a algum bem”. Essas ameaças podem ser de origem natural (chuvas intensas, seca, terremotos), antrópica acidental (erros humanos, falhas técnicas), ou até intencionais (ações deliberadas que violam medidas de segurança). Assim, a ameaça representa a ocorrência real ou potencial de um fator desencadeador do perigo.

O risco é a probabilidade de ocorrência de um evento adverso e seus potenciais danos, considerando tanto a natureza do perigo quanto a vulnerabilidade dos receptores afetados. Segundo o Manual Técnico de Defesa Civil do estado de Pernambuco (2019), ele é definido como a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor aos seus efeitos.

Como explica Dagnino (2007), o risco resulta de uma função que envolve o tipo de perigo, a via de contato (exposição), as características da população exposta (receptores), a probabilidade de ocorrência e a magnitude das consequências. Trajber et al. (2017) reforçam que o risco não é sinônimo de desastre, mas sim a sua possibilidade, sendo que o desastre é um risco que se concretizou.

O Quadro 1 apresenta exemplos de ameaças, perigos e riscos relacionados a fenômenos naturais.

**Quadro 1** - Exemplo de ameaça, perigo e risco relacionada a um fenômeno ambiental

ENCHENTES	
Elemento	Exemplo
Ameaça	Chuvas intensas e prolongadas
Perigo	Rios com alto volume de água próximos a áreas urbanas
Risco	Probabilidade de inundações em bairros próximos aos corpos hídricos
SECA	
Elemento	Exemplo
Ameaça	Ausência prolongada de chuvas
Perigo	Altas temperaturas e baixa umidade do solo
Risco	Insegurança hídrica para a população

Fonte: autora (2025)

### 2.3 Gestão de Riscos e Desastres Ambientais (GRDA)

A gestão de riscos e desastres ambientais envolve um conjunto de ações e estratégias destinadas a minimizar os danos causados por eventos adversos, com ênfase em sua prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Esses processos são essenciais para garantir a resiliência das comunidades e a proteção dos ecossistemas, especialmente diante da crescente urbanização e das mudanças climáticas. Como destaca o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PN-PDC, 2024), a gestão de riscos e desastres deve ser integrada, considerando as particularidades de cada região e atuando de forma preventiva, antes que os eventos catastróficos ocorram, mas também com uma resposta eficaz durante e após os desastres para minimizar suas consequências.

O Quadro de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres (2015-2030), endossado pela Assembleia Geral da ONU após a Terceira Conferência Mundial da sobre Redução de Riscos de Desastres de 2015, trouxe uma inovação importante ao focar na gestão de riscos em vez de apenas na gestão do desastre. O acordo estabelece sete metas, que incluem a redução de riscos existentes e a criação de medidas para prevenir novos riscos, além de promover a resiliência das comunidades (ONU, 2025).

A GRDA deve também contar com a colaboração de diversos atores, incluindo o setor público, a sociedade civil e o setor privado. Para Filgueira (2013, p. 54), “um desastre é um problema da relação entre o natural e a organização e estrutura da sociedade”. A coordenação entre esses grupos é essencial para garantir uma resposta eficaz. A educação ambiental é um elemento central nesse processo, pois contribui para a conscientização da população, especialmente nas áreas propensas a risco de desastres relacionados com fenômenos naturais. Como observa Spink (2014), a compreensão do risco e a capacidade de adaptação das comunidades dependem da construção de uma cultura de prevenção e resiliência, em que as pessoas possam reconhecer os riscos e adotar medidas para se protegerem de forma autônoma.

Além disso, deve considerar as condições socioambientais que influenciam a vulnerabilidade das populações. Em áreas com alta densidade populacional e falta de infraestrutura adequada, como muitas das favelas urbanas, os riscos de desastres são mais elevados. Segundo Trajber et al. (2017), fatores como o crescimento urbano desordenado e a degradação ambiental aumentam a exposição das populações a eventos extremos, como inundações e deslizamentos de terra. A vulnerabilidade social, portanto, precisa ser integrada ao planejamento de gestão de riscos para garantir que as respostas sejam adequadas às necessidades das comunidades mais afetadas.

A implementação de uma cultura de prevenção e a capacitação das comunidades são fundamentais para melhorar a capacidade de resposta local aos desastres. Segundo Freitas (2014), o fortalecimento das capacidades locais de gestão é essencial para reduzir os impactos dos desastres e aumentar a resiliência das populações, principalmente em contextos de vulnerabilidade social e econômica. Nesse sentido, a educação e a conscientização pública desempenham um papel importante na redução da vulnerabilidade e na promoção de ações preventivas.

Além disso, a gestão de riscos ambientais no Brasil deve considerar as especificidades territoriais e as dinâmicas locais, como a variação geológica e climática de cada região. O mapeamento de áreas suscetíveis a riscos, por exemplo, é uma ferramenta essencial para planejar ações preventivas. O Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres - GIRDA+10 (2021) destaca a importância de utilizar mapas de suscetibilidade e aptidão geotécnica para orientar a ocupação urbana de forma segura, reduzindo a vulnerabilidade das populações. Como

apontado no caderno, "os mapeamentos de riscos são importantes instrumentos de planejamento e prevenção, fundamentais para delimitar os espaços territoriais sujeitos a riscos e para a análise das potencialidades e limitações dos terrenos para sua ocupação". Essas ferramentas, quando aplicadas de forma integrada, podem ajudar a minimizar os impactos de desastres e a promover a resiliência das comunidades.

Portanto, a gestão de riscos e desastres ambientais não se limita a uma abordagem técnica, mas exige uma integração entre diferentes esferas de ação, com a participação ativa da população e de diversos setores. As políticas públicas, aliadas à educação ambiental e à cooperação interinstitucional, são fundamentais para garantir a redução dos riscos e a construção de comunidades mais resilientes.

2.4 A contribuição dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com ênfase no *software* QGIS, para o mapeamento de áreas com populações mais vulneráveis

O aumento da frequência e intensidade dos desastres ambientais nas últimas décadas tem colocado em evidência a necessidade de um planejamento mais eficaz para mitigar os impactos desses eventos. Esse cenário destaca a urgência de se adotar estratégias de monitoramento e gestão de risco que visem à prevenção e o controle dessas catástrofes. Nesse contexto, os SIGs desempenham um papel fundamental ao permitir o mapeamento detalhado de áreas suscetíveis a esses riscos, auxiliando na tomada de decisões e na elaboração de políticas públicas adequadas (Souza et al., 2014).

O uso de SIGs na temática dos desastres relacionados com fenômenos naturais, proporciona uma análise mais aprofundada dos riscos e das ameaças, além de facilitar a elaboração de estratégias de prevenção e resposta a desastres. O QGIS, uma das ferramentas mais acessíveis dentro do universo dos SIGs, principalmente por ser um *software* livre, tem sido amplamente utilizado para esse fim. Como demonstrado por Leite et al. (2019), o QGIS permite integrar diferentes fontes de dados espaciais, como imagens de satélite, informações de uso do solo e dados hidrológicos, gerando mapas temáticos que ajudam a visualizar áreas vulneráveis e propensas a risco. O uso dessas informações contribui para a definição de áreas prioritárias para intervenções e para a implementação de políticas de mitigação eficazes.

Em Pernambuco, Borges et al. (2016) utilizaram um SIG para analisar a correlação entre dados socioeconômicos e eventos de desastres ambientais, evidenciando como o mapeamento geoespacial pode identificar as áreas mais afetadas e expostas a riscos. O QGIS foi essencial na criação dos mapas que permitiram associar variáveis ambientais, como a precipitação e a vegetação, a dados socioeconômicos, como a renda e a densidade populacional. Esses mapas ajudam os gestores públicos a direcionar os esforços de prevenção e resposta a desastres de forma mais precisa e estratégica.

Da mesma forma, Pessoa Neto *et al.* (2024) destacam a importância do QGIS no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na bacia hidrográfica do Rio Duas Unas, em Pernambuco. O estudo utilizou a combinação de dados pluviométricos, de uso do solo e de declividade para gerar mapas de áreas suscetíveis a risco que facilitaram a identificação das regiões mais propensas a inundações. A precisão dessas análises foi possível graças à capacidade do QGIS de processar e integrar grandes volumes de dados espaciais, permitindo uma visualização clara das informações.

Além de permitir a criação de mapas temáticos detalhados, o QGIS também facilita o monitoramento contínuo das áreas propensas a riscos. Feltrin e Raia Junior (2013) observaram que a utilização do QGIS, combinada com outras ferramentas, é útil na gestão da logística humanitária durante desastres, já que os mapas gerados indicam não apenas as áreas suscetíveis a riscos, mas também as rotas de acesso, os pontos críticos de inundação e as zonas de maior vulnerabilidade. Essa integração de dados espaciais e socioeconômicos é essencial para a elaboração de planos de contingência mais eficazes, baseados em informações precisas e atualizadas.

Porém, o uso de SIGs também enfrenta desafios. A escassez de dados de qualidade, a complexidade da integração de diferentes fontes e a falta de capacitação técnica em algumas regiões podem limitar o potencial dessas ferramentas. No entanto, como Oliveira (2017) sugere, a participação da comunidade na coleta de dados por meio de sistemas colaborativos baseados em informações geográficas voluntárias pode ajudar a superar algumas dessas limitações, ampliando a cobertura geoespacial e melhorando a precisão das análises.

Em resumo, o QGIS se destaca como uma plataforma eficaz para o mapeamento de áreas suscetíveis a risco e análise de dados geoespaciais. Sua flexibilidade e acessibilidade permitem que seja amplamente utilizado em projetos de gestão de desastres ambientais. Como afirma Bruno (2017), o QGIS pode ser considerado uma plataforma abrangente para o processamento e divulgação do conhecimento, facilitando a análise espacial e a tomada de decisões na gestão pública de riscos.

## 2.5 Índice de Vulnerabilidade a Desastres

Nos estudos sobre a vulnerabilidade a desastres, a utilização de índices e indicadores desempenha um papel importante, especialmente no que se refere à análise de riscos e à formulação de políticas públicas eficazes. Entretanto, a compreensão da diferença entre esses dois conceitos é essencial para uma aplicação correta dessas ferramentas.

Siche et al. (2007) fazem uma distinção clara entre índices e indicadores. Para esses autores, um indicador é uma variável selecionada que pode ser considerada isoladamente ou em combinação com outras para refletir as condições de um sistema analisado. Esses parâmetros são usados como um "pré-tratamento" dos dados originais, oferecendo uma visão simplificada e clara de aspectos específicos do sistema. Como tal, um indicador deve ser fácil de entender, quantificável e coerente com a realidade do fenômeno que se pretende avaliar. Eles são fundamentais para fornecer dados e tendências sobre as condições de um sistema, mas sua utilidade é mais limitada quando considerados isoladamente.

Já o índice é um nível superior de agregação, que combina múltiplos indicadores, ou até mesmo subíndices, para oferecer uma visão mais completa de um sistema. Siche et al. (2007) explicam que um índice é uma medida sintética capaz de representar a realidade de sistemas simples ou complexos, como os naturais, sociais ou econômicos, utilizando metodologias apropriadas e bases científicas. Esses índices, portanto, são ferramentas de decisão e previsão que possibilitam uma análise mais holística e agregada. No caso dos índices de vulnerabilidade a desastres, eles podem integrar dados sobre condições socioeconômicas, ambientais e de saúde.

Em termos de aplicação prática, Braga et al. (2003) destacam que, ao construir indicadores de qualidade ambiental e sustentabilidade, é possível não

apenas avaliar a performance relativa de diferentes áreas, mas também identificar tendências e chamar atenção para pontos fracos, permitindo que se tomem decisões mais informadas e precisas. Esses indicadores podem ser utilizados para comparar a qualidade de vida e as condições ambientais de diferentes municípios, apontando áreas de melhor ou pior performance, importante para o planejamento de ações que visam à melhoria das condições de vida e à prevenção de desastres.

No caso específico da vulnerabilidade socioambiental, Malta et al. (2017) ressaltam que ela é frequentemente agravada por situações de risco e degradação ambiental, com destaque para o adensamento das áreas mais pobres, como as favelas. Essas áreas, muitas vezes localizadas em regiões de risco, como encostas e margens de rios, estão mais expostas a desastres ambientais, como movimentos de massa e inundações. O índice de vulnerabilidade a desastres, ao integrar dados sobre a infraestrutura, saúde e segurança pública, pode refletir essas condições de risco, indicando as áreas que demandam intervenções mais urgentes.

Ramos (1997), por sua vez, enfatiza a importância dos índices e indicadores ambientais na gestão da informação, ressaltando que, embora esses instrumentos tenham limitações, como a perda de detalhes nos processos de agregação, eles facilitam a comunicação e a tomada de decisões. O autor destaca ainda que esses instrumentos são especialmente úteis em processos de gestão ambiental, sendo empregados para identificar a vulnerabilidade de sistemas e orientar estratégias de mitigação e adaptação a desastres e outros riscos ambientais.

Schumann e Moura (2015) ressaltam a importância da delimitação cuidadosa dos componentes e indicadores ao construir índices sintéticos de vulnerabilidade, argumentando que a avaliação desses deve levar em consideração as limitações e as vantagens das metodologias adotadas. Os autores enfatizam que a construção de índices sintéticos de vulnerabilidade, como os utilizados para analisar desastres ambientais, deve ser cuidadosamente planejada para garantir que as decisões tomadas sejam bem fundamentadas e que os impactos de longo prazo sejam adequadamente considerados. Esses índices devem ser flexíveis e adaptáveis para se adequar à realidade de diferentes contextos geográficos e sociais, oferecendo uma base sólida para as políticas públicas e a gestão da vulnerabilidade.

Em resumo, enquanto os indicadores são ferramentas que ajudam a mensurar aspectos específicos e a monitorar o estado de um sistema, os índices oferecem uma visão mais integrada e holística, combinando múltiplos indicadores

para uma avaliação mais ampla. No contexto da vulnerabilidade a desastres, essas ferramentas são essenciais para identificar as áreas mais suscetíveis aos impactos a desastres, orientar políticas públicas e contribuir para a redução dos riscos socioambientais.

## 2.6 Fenômenos ambientais no Sertão do Pajeú

O Sertão do Pajeú, localizado no semiárido pernambucano, apresenta uma série de fenômenos ambientais interligados que resultam tanto das características climáticas naturais da região quanto da ação antrópica sobre os recursos naturais. A paisagem, marcada pela presença do bioma Caatinga, tem sofrido alterações significativas ao longo das últimas décadas, com impactos diretos sobre a biodiversidade, a disponibilidade hídrica e a qualidade ambiental.

De acordo com Gonçalves et al. (2022), as principais problemáticas ambientais do Sertão do Pajeú estão associadas ao desmatamento sistemático, seguido por queimadas e processos erosivos, originados do uso desequilibrado dos recursos naturais. Essas práticas têm contribuído para a degradação da Caatinga, comprometendo sua capacidade de manter o equilíbrio entre água, solo, vegetação e atmosfera. Os autores ainda afirmam que a análise por geoprocessamento, utilizando o algoritmo Landscape Ecology, demonstrou que a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Pajeú, que representava 77% da área total em 1991, foi reduzida para 73% em 2021 (correspondendo a uma perda de aproximadamente 610 km<sup>2</sup>). Essa redução da cobertura vegetal ocorre em um contexto de variabilidade temporal e espacial da precipitação, característica marcante do clima semiárido.

Além da redução da vegetação, os recursos hídricos da região enfrentam sérios desafios. Mendonça e Sauer (2021), ao analisarem a qualidade da água do Rio Pajeú no trecho correspondente ao município de Serra Talhada, constataram que, embora a essa apresente conformidade com os padrões para águas doces em alguns pontos, há significativa elevação de parâmetros de poluição após o rio adentrar o perímetro urbano, ultrapassando em até 20% os limites normativos. Essa deterioração está associada ao lançamento de efluentes domésticos, mas também sugere a existência de outras fontes de contaminação. Os autores destacam que o município de Serra Talhada exerce forte impacto na qualidade ambiental do rio, exigindo maior atenção e cuidado da população e do poder público.

A problemática hídrica no Sertão do Pajeú não se limita à qualidade da água, mas também envolve conflitos pelo acesso a esse recurso. Lucena (2015), ao estudar o município de São José do Egito, identificou que os conflitos estão profundamente relacionados a relações de poder historicamente enraizadas na política e na economia local. Durante períodos de estiagem prolongada, essas relações se intensificam, sendo mediadas por políticas e programas redistributivos, que deixam em segundo plano a resolução estrutural do problema: a ausência de políticas hídricas eficazes, especialmente para as áreas rurais.

Outro aspecto relevante diz respeito às mudanças no regime pluviométrico. Lacerda et al. (2009) identificaram aumento no número de dias secos, no tamanho médio dos veranicos e nos máximos veranicos na microrregião do Pajeú. Paralelamente, verificou-se também um aumento na frequência de chuvas intensas. Esses padrões extremos (estiagens prolongadas e precipitações concentradas) intensificam a vulnerabilidade socioambiental da região.

As condições extremas do Sertão do Pajeú, como estiagens prolongadas e chuvas irregulares, aumentam a vulnerabilidade da população a desastres ambientais. A escassez de água e a fragilidade das políticas públicas de gestão hídrica agravam o risco de secas e outros eventos climáticos, afetando a segurança alimentar e a saúde. A combinação de fatores naturais e ações humanas, como a degradação ambiental e conflitos pelo uso da água, exige uma gestão integrada e políticas públicas eficazes para promover a resiliência e mitigar os impactos na região.

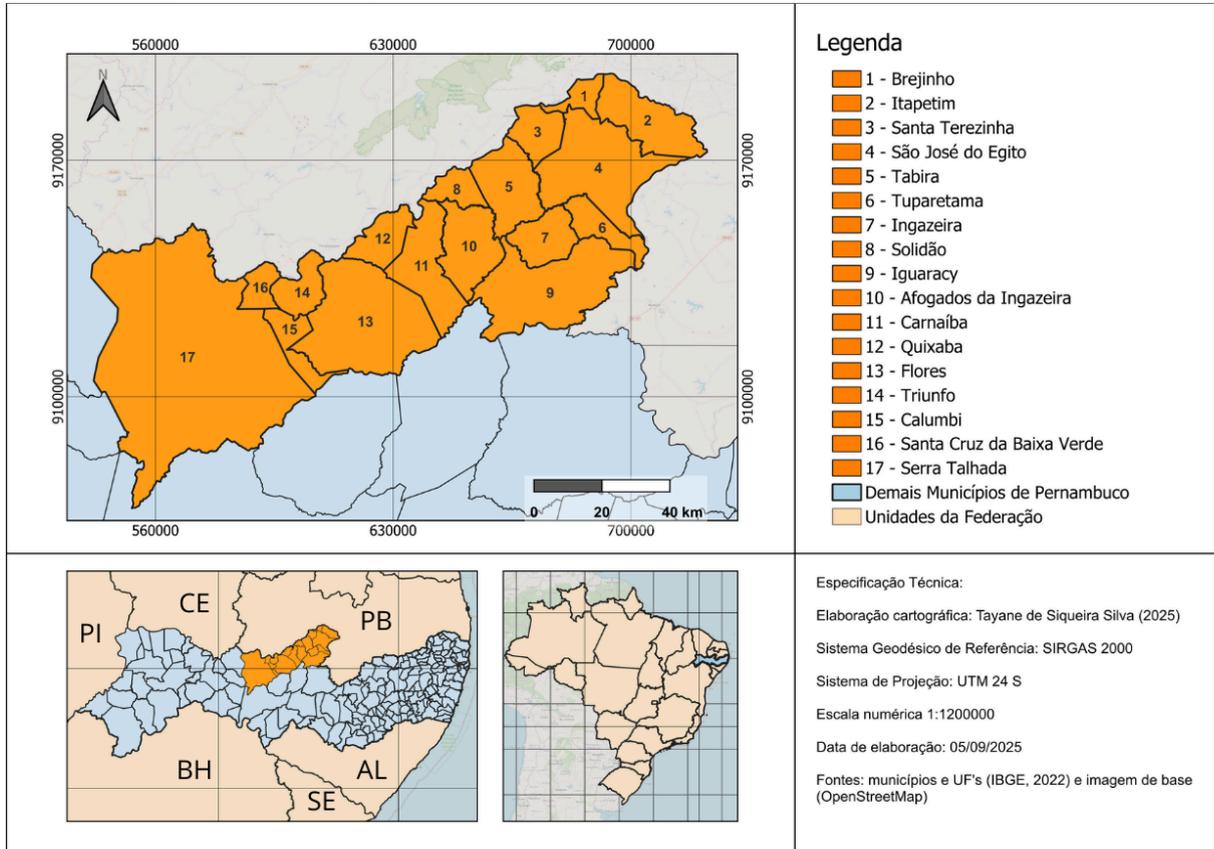
### 3. ÁREA DE ESTUDO

O estudo contempla os 17 municípios integrantes da Região de Desenvolvimento do Sertão do Pajeú, no estado de Pernambuco, conforme definido pelo BDE - Banco de Dados do Estado (2000). São eles: Afogados da Ingazeira, Brejinho, Calumbi, Carnaíba, Flores, Igaraci, Ingazeira, Itapetim, Quixaba, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra Talhada, Solidão, Tabira, Triunfo e Tuparetama (Figura 1).

O Sertão do Pajeú está situado no bioma Caatinga, a maior região de florestas tropicais secas da América do Sul. A precipitação diminui de norte para sul na bacia hidrográfica do Rio Pajeú, sendo que a porção centro-sul enfrenta sérios

problemas de degradação ambiental, como desertificação, especialmente nas áreas próximas à foz do rio (Ribeiro et al., 2016).

**Figura 1** - Localização dos municípios do Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil



Fonte: autora (2025)

O Rio Pajeú, principal fonte hídrica da região, nasce na serra do Balanço, em Brejinho, e percorre 353 km até desaguar no Lago de Itaparica, na divisa com o estado da Bahia. Esse rio é de grande relevância para a região, sendo o maior afluente do Rio São Francisco e a maior bacia hidrográfica do estado de Pernambuco (ISPN, 2022). No entanto, o uso inadequado das margens e da água por pequenos produtores têm afetado o fluxo dos rios e a qualidade da água, comprometendo o abastecimento de várias comunidades da região (Agrega, 2022).

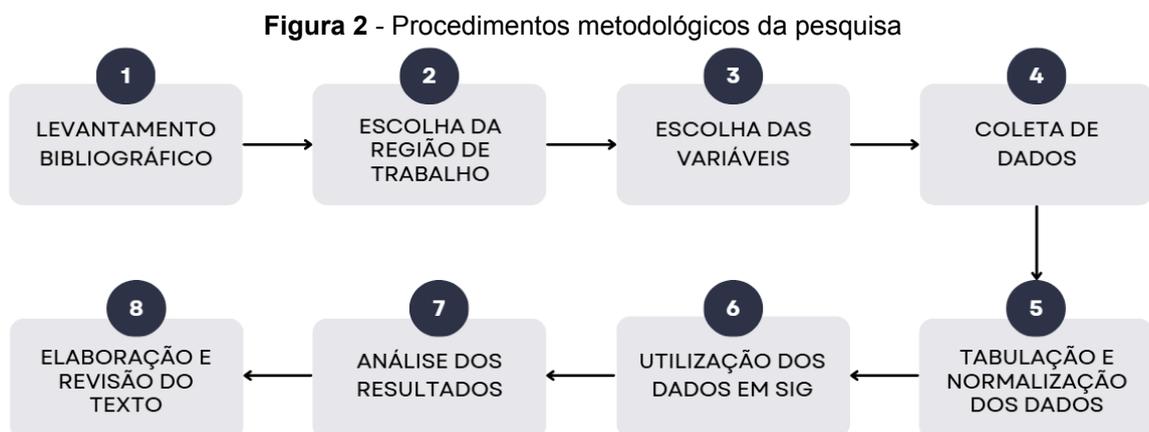
A economia da região é baseada principalmente na agropecuária, com destaque para a avicultura, pecuária de corte, ovinocaprinocultura e a produção de cana-de-açúcar. Esta última abastece cerca de 100 engenhos que produzem mel, rapadura e cachaça, importantes produtos da economia local. A região também se destaca no setor de serviços, especialmente no turismo e na produção de cachaça, que têm forte vínculo cultural com a população local (ISPN, 2022; Algodão Agroecológico, 2022).

A vulnerabilidade no Sertão do Pajeú é amplificada por fatores ambientais e sociais interligados. A degradação do solo, a desertificação e o uso inadequado dos recursos hídricos afetam a qualidade de vida das populações locais. O uso inadequado das margens do Rio Pajeú e de seus afluentes tem comprometido o abastecimento de água para as famílias da região, colocando em risco a segurança hídrica da área (Agrega, 2022).

A escassez de água e a degradação do solo comprometem as atividades produtivas, especialmente a agricultura e a pecuária, fundamentais para a subsistência local. A região enfrenta desafios ambientais e sociais, como a desertificação, que agravam a vulnerabilidade das populações. A dependência de recursos hídricos, como o rio Pajeú, e práticas inadequadas de manejo intensificam os riscos socioambientais. Assim, é essencial implementar políticas públicas focadas na recuperação ambiental, manejo sustentável dos recursos naturais e diversificação econômica para garantir a resiliência da região.

#### 4. METODOLOGIA

A presente pesquisa, realizada em várias etapas (Figura 2), caracteriza-se como aplicada, pois visa fornecer subsídios para a gestão de riscos e desastres na região do Sertão do Pajeú. Quanto à abordagem, trata-se de um estudo quantitativo, baseado na análise de variáveis representativas da vulnerabilidade socioambiental, utilizadas na composição de um índice. Em relação aos objetivos, configura-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, uma vez que busca compreender a realidade regional frente à ocorrência de desastres ambientais e descrever os padrões de vulnerabilidade observados.



Fonte: autora, 2025

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa documental, fundamentada em dados secundários provenientes de plataformas oficiais. Além disso, a pesquisa também é bibliográfica, pois se apoia em literatura científica e técnica para embasar os conceitos de vulnerabilidade, orientar a escolha das variáveis utilizadas e estruturar a metodologia de cálculo do índice.

#### 4.1 Variáveis do IVD

Para orientar a construção dos indicadores e o cálculo do IVD, adotou-se como principal referência o modelo proposto por Azevêdo (2020), que elaborou um índice de vulnerabilidade a desastres relacionados a fenômenos naturais para os bairros do município de João Pessoa - PB (Quadro 2). Esse modelo baseia-se na metodologia de Sorg et al. (2018), desenvolvida no projeto europeu PEARL, com base no WorldRiskIndex de Birkmann e Welle (2015), considerando três dimensões principais: suscetibilidade, enfrentamento e adaptação.

**Figura 3** - Indicadores para Avaliação da Vulnerabilidade para os bairros do município de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Suscetibilidade	Enfrentamento	Adaptação
<b>1 Demografia</b> 1.1 Grupos de idade vulnerável (menos de 5 anos e mais de 60 anos de idade) 1.2 Densidade Populacional 1.3 Pessoa responsável pelo domicílio abaixo de 15 e acima de 60 anos	<b>5 Serviços de Saúde</b> 5.1 Unidades de atendimento hospitalar público	<b>8 Educação</b> 8.1 Taxa de alfabetização dos adultos 8.2 Escolaridade da pessoa responsável pelo domicílio
<b>2 Condições sanitárias</b> 2.1 Pessoas sem banheiro de uso exclusivo em seu domicílio	<b>6 Cobertura Econômica</b> 6.1 Rendimento mensal domiciliar acima de 10 salários mínimos	<b>9 Condições Ambientais</b> 9.1 Estado dos Recursos Hídricos próximos 9.2 Arborização e áreas de proteção 9.3 Declividade
<b>3 Renda e Pobreza</b> Pessoas em situação de pobreza (Rendimento mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário mínimo) Pessoas com rendimento mensal domiciliar per capita acima de 5 salários mínimos - relação inversa	<b>7 Centros de apoio</b> 7.1 Escolas públicas 7.2 Centros religiosos 7.3 Centros comunitários	
<b>4 Infraestrutura Pública</b> 4.1 Moradores de domicílio sem acesso à rede de coleta de esgoto 4.2 Moradores de domicílio sem acesso à rede de abastecimento de água 4.3 Moradores de domicílio sem acesso ao serviço municipal de coleta de resíduos sólidos		

Fonte: Azevêdo (2020).

Adicionalmente, a presente pesquisa incorporou variáveis propostas por Morais (2020), que adaptou a metodologia desenvolvida por Yusuf e Francisco (2009) ao contexto das capitais do Nordeste brasileiro alinhado às particularidades regionais e à disponibilidade de dados nacionais (Quadro 3).

**Figura 4** - Adaptação dos indicadores para o Índice de Vulnerabilidade a desastres relacionados com fenômenos naturais nas capitais do nordeste

Indicadores	Subindicadores	Variáveis	Tendência
Exposição (1/3)*	Desastres (1/2)*	Alagamentos (0,33)*	↑
		Inundações (0,33)	↑
		Movimento de massa (0,33)	↑
	Pluviosidade (1/2)	Índice de Anomalia de chuva – IAC (1/2)	↑
Sensibilidade (1/3)	População (1/3)	Densidade Demográfica (0,5)	↑
	Áreas verdes (1/3)	Porcentagem de áreas protegidas (0,25)	↓
	Superfície do terreno (1/3)	Declividade do relevo (0,25)	↑
Capacidade adaptativa (1/3)	Desenvolvimento (1/8)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM (0,5)	↑
	Desigualdade (1/8)	Índice de GINI (0,5)	↓
	Eletricidade (1/8)	Porcentagem de cobertura de energia elétrica da companhia distribuidora	↑
	Comunicação (1/8)	Porcentagem de cobertura por rede telefônica de comunicação (0,5)	↑
		Porcentagem de cobertura por rede de internet (0,5)	↑
	Saneamento (1/8)	Porcentagem de cobertura de abastecimento de água (0,25)	↑
		Porcentagem de cobertura de esgotamento sanitário (0,25)	↑
		Porcentagem de cobertura de coleta de lixo (0,25)	↑
		Porcentagem de cobertura de drenagem urbana (0,25)	↑
	Pavimentação (1/8)	Densidade de ruas pavimentadas	↑
	Mitigação (1/8)	Existência de tecnologia de sistema de monitoramento, alarme ou alerta (0,25)	↑
		Existência de programas de educação e treinamento para redução dos riscos e desastres (0,25)	↑
		Existência de obras de contenção nas áreas de riscos (0,25)	↑
		Existência de planos de contingência e emergência (0,25)	↑
	Recuperação (1/8)	Existência de abrigos (0,5)	↑
Existência de ações para recuperação após desastres (0,5)		↑	

Fonte: Morais (2020).

Com base nessas referências, foram definidos os indicadores para avaliação da vulnerabilidade a desastres para os municípios do Sertão do Pajeú, conforme três dimensões (Quadro 2). Cada variável tem um peso que reflete no seu respectivo indicador, bem como cada indicador forma a sua dimensão e as três dimensões formam o IVD.

**Quadro 2** - Indicadores para Avaliação da Vulnerabilidade do Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil

SUSCETIBILIDADE ( $\frac{1}{3}$ )	
Demografia ( $\frac{1}{4}$ )	Grupos de idade vulnerável ( $\frac{1}{4}$ )
	Densidade populacional ( $\frac{1}{4}$ )
	Pessoa responsável pelo domicílio abaixo de 17 e acima de 60 anos ( $\frac{1}{4}$ )
	Pessoas com deficiência e autismo ( $\frac{1}{4}$ )
Condições sanitárias ( $\frac{1}{4}$ )	Pessoas com banheiro de uso exclusivo em seu domicílio (1)
Renda e pobreza ( $\frac{1}{4}$ )	Pessoas com rendimento mensal domiciliar percapita de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo ( $\frac{1}{2}$ )
	Pessoas com rendimento mensal domiciliar per capita acima de 5 salários mínimos ( $\frac{1}{2}$ )
Infraestrutura pública ( $\frac{1}{4}$ )	Pessoas em domicílios particulares permanentemente ocupados (DPPO) com esgotamento sanitário em rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede ( $\frac{1}{4}$ )
	Pessoas em DPPO que possuem ligação à rede geral e a utiliza como forma principal ( $\frac{1}{4}$ )
	Pessoas em DPPO com lixo coletado ( $\frac{1}{4}$ )
	Iluminação pública ( $\frac{1}{4}$ )
ENFRENTAMENTO	
Serviços de saúde ( $\frac{1}{2}$ )	Unidades de atendimento hospitalar público (1)
Centros de apoio ( $\frac{1}{2}$ )	Escolas públicas ( $\frac{1}{2}$ )
	Centros religiosos e comunitários ( $\frac{1}{2}$ )

ADAPTAÇÃO	
Educação (¼)	Taxa de alfabetização de pessoas 15 anos ou mais (⅓)
	Pessoas sem instrução ou com nível fundamental incompleto (⅓)
	Pessoas com nível superior completo (⅓)
Condições ambientais (¼)	Arborização (½)
	Declividade (½)
Preparo institucional em proteção e defesa civil (¼)	Posição geral no ICM - Indicador de Capacidade Municipal (1)
Comunicação (¼)	Uso de internet dentro do município (1)

Fonte: autora, 2025.

#### 4.1.1 Suscetibilidade

A primeira dimensão do IVD refere-se à suscetibilidade que, de acordo com o dicionário de *Oxford Languages*, é “disposição especial para sentir influências” e pode ser entendida como a predisposição da população a sofrer os impactos adversos de desastres ambientais. Essa dimensão foi dividida em quatro componentes: demografia, condições sanitárias, renda e pobreza e infraestrutura pública.

No componente de demografia foram utilizadas variáveis que representam grupos populacionais considerados mais vulneráveis diante de situações de risco. Isso inclui a proporção de grupos etários vulneráveis, responsáveis pelo domicílio em idade vulnerável e pessoas com deficiência. Essa abordagem se justifica pelo reconhecimento estabelecido no Protocolo Nacional Conjunto para Proteção Integral a Crianças e Adolescentes, Pessoas Idosas e Pessoas com Deficiência em Situações de Riscos e Desastres (2013), que destaca a necessidade de atenção diferenciada para crianças, adolescentes, idosos e pessoas com deficiência, considerados sujeitos de direitos com maior vulnerabilidade.

Considerou-se também a densidade demográfica, uma vez que sua elevação está associada à saturação dos serviços públicos e a um maior potencial de afetados (Azevêdo, 2020), enquanto sua baixa densidade indica áreas com menor acessibilidade e oferta de oportunidades em saúde, educação e emprego (Drachler ML *et al.*, 2014; Oliveira, Costa e Ribeiro Filho, 2017). Ambos os extremos estão relacionados a maiores níveis de vulnerabilidade social.

Para avaliar às condições sanitárias, foi selecionada a variável que representa o percentual de domicílios com banheiro de uso exclusivo. Este indicador é considerado fundamental pois afeta a saúde, a dignidade e o desenvolvimento social, perpetuando um ciclo de pobreza. Crianças sem acesso a saneamento adequado tendem a adoecer mais, impactando seu rendimento escolar e, futuramente, sua renda adulta. Esse ciclo de doenças também reduz a produtividade no trabalho, afetando a economia familiar (Trata Brasil, 2024).

No componente de renda e pobreza, como os dados do Censo de 2022 ainda não foram disponibilizados pelo IBGE, foi feita uma projeção das variáveis de renda e pobreza com base no crescimento populacional. O cálculo foi realizado ajustando cada variável proporcionalmente ao aumento da população entre 2010 e 2022. Para o cálculo, utilizou-se a Equação 1:

$$\text{Valor projetado} = \text{valor do censo do IBGE (2010)} * \frac{\text{População de 2022}}{\text{População de 2010}} \quad (\text{Equação 1})$$

Essa abordagem assume que as variáveis de renda e pobreza crescem na mesma proporção da população, oferecendo uma estimativa razoável para 2022, dada a falta de dados atualizados.

No componente de infraestrutura pública, foram utilizadas variáveis que avaliam o acesso a serviços urbanos básicos. Foram considerados o percentual de pessoas em domicílios permanentemente em situação regular com ligação à rede geral de esgoto, abastecimento de água potável por rede pública e coleta regular de lixo. Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, essas ações contribuem para o fornecimento de alimento seguro à população, a interrupção da cadeia de contaminação humana e a redução do impacto ambiental e a minimização da proliferação de vetores de doenças (BRASIL, 2017).

Além disso, foi incluído o acesso à iluminação pública, que tem implicações diretas na segurança da população, no tráfego, na interação social, na preservação

do patrimônio da cidade e na proteção ao meio ambiente, conforme destacado pela Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar - Iluminação Pública, do CREA-PR (2016).

#### 4.1.2 Enfrentamento

A segunda dimensão adotada para a construção do IVD refere-se ao enfrentamento, entendido como a capacidade institucional e estrutural dos municípios de responder de maneira imediata aos impactos causados por eventos adversos (Birkmann et al., 2017). Ao contrário da suscetibilidade, que reflete a condição pré-existente de exposição ao risco, o enfrentamento concentra-se nas condições disponíveis para mitigar, suportar ou absorver os efeitos de um desastre assim que ele ocorre.

Essa dimensão foi estruturada em três componentes: serviços de saúde, cobertura econômica e centros de apoio comunitário. A escolha dessas categorias baseou-se na ideia de que o enfrentamento não depende apenas de infraestrutura formal de resposta (como hospitais ou equipes de emergência), mas também da presença de estruturas sociais que favoreçam a articulação comunitária e a mobilização de recursos.

Para a composição do indicador "Serviços de Saúde", procedeu-se à quantificação das unidades de atendimento hospitalar público presentes em cada município analisado. Foram considerados os seguintes tipos de estabelecimentos: Unidades de Saúde da Família (USF), Unidades Básicas de Saúde (UBS), Centros de Inclusão para Pessoas com Deficiência, Unidades de Pronto Atendimento (UPA), Unidades Pernambucanas de Atenção Especializada (UPAE), Serviços de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), Hospitais de emergência e trauma, além de demais hospitais públicos.

A identificação das unidades foi realizada por meio do *software* Google Earth Pro, utilizando-se pesquisas com os seguintes termos: “unidades de saúde públicas em Município X”, “hospitais públicos em Município X” e “atendimento de emergência público em Município X”, substituindo-se “Município X” pelo nome de cada município em estudo.

Os pontos localizados foram salvos em formato .kml e posteriormente convertidos para o *software Microsoft Excel*, permitindo a organização dos dados em planilha com a respectiva identificação e localização geográfica das unidades.

Foram adotados critérios de verificação da natureza pública dos estabelecimentos e eliminadas duplicidades. Ao final, foi construída uma tabela com a quantidade total de unidades de atendimento hospitalar público por município.

O terceiro componente da dimensão de enfrentamento considera os centros de apoio, que englobam escolas públicas e centros religiosos e comunitários existentes nos municípios analisados. Embora esses espaços não tenham como função principal a gestão de emergências, eles podem ser mobilizados em contextos de crise para oferecer suporte à população, atuando como abrigos temporários, pontos de triagem, redes de apoio ou centros de mobilização social.

A quantidade de escolas públicas foram obtidas por meio do Censo Escolar (2024), enquanto os demais dados foram obtidos e tratados seguindo a mesma metodologia utilizada no componente “Serviços de Saúde”, com os seguintes termos para busca: “igrejas em Município x”, “capelas em Município x”, “centros espíritas em Município x” e “centros comunitários em Município x”.

A inclusão desse componente visa representar a capacidade instalada dos municípios para lidar com os efeitos imediatos de eventos extremos, contribuindo para a mitigação de danos e promoção da estabilidade no curto prazo.

#### 4.1.3 Adaptação

A terceira dimensão considerada na construção do Índice de Vulnerabilidade a Desastres é a adaptação, entendida como a capacidade dos municípios e de suas populações de antecipar, planejar e implementar estratégias eficazes para lidar com os efeitos de eventos extremos ao longo do tempo (Birkmann, 2011). Ao contrário do enfrentamento, que se relaciona com a resposta imediata, a adaptação diz respeito à resiliência estrutural e institucional no médio e longo prazo, refletindo investimentos contínuos em educação, tecnologia, serviços urbanos e políticas públicas.

A primeira categoria dentro da dimensão de adaptação refere-se à educação, cuja importância se justifica pela relação direta entre níveis educacionais e a capacidade de interpretar riscos, acessar informação, compreender alertas precoces e adotar comportamentos preventivos. Foram utilizados três indicadores: a taxa de alfabetização da população com 15 anos ou mais, o percentual de pessoas sem instrução formal ou com apenas o ensino fundamental incompleto e, por fim, a proporção de pessoas com nível superior completo.

O segundo componente engloba as condições ambientais, analisadas por meio da arborização urbana e da declividade do terreno. A arborização foi incluída como indicador por seu papel fundamental no favorecimento a infiltração (RODRIGUES *et al.*, 2008), na regulação microclimática e conforto técnico (Pinheiro e Souza, 2017), tornando-se um elemento importante no enfrentamento de secas, chuvas intensas e elevação de temperaturas.

Para o fator declividade, conforme feito por Azevêdo (2020), foram levantadas as áreas de terreno plano, que é mais propenso a inundações ou alagamentos, e fortemente ondulado e montanhoso, que é mais propensos a movimentos de massa úmida. Segundo Moraes (2012), áreas de terreno plano possuem declividade até 3%, enquanto terreno fortemente ondulado e montanhoso possuem declividade superior a 20% (Quadro 3). Esse indicador foi gerado a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e tratados no *software* QGIS.

**Quadro 3** - Classificação do terreno de acordo com a declividade

<b>Declividade</b>	<b>Classificação do terreno</b>
0 - 3%	Plano
3 - 8%	Suave ondulado
8 - 13%	Moderadamente ondulado
13 - 20%	Ondulado
20 - 45%	Fortemente ondulado
> 45%	Montanhoso

Fonte: Moraes (2012)

Outra categoria foi o preparo institucional dos municípios em proteção e defesa civil, quantificado pelo Indicador de Capacidade Municipal (ICM), conforme levantamento realizado pelo Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE, 2024). Esse indicador considera fatores como planejamento, coordenação, recursos e ações preventivas. A pontuação atribuída à variável segue a posição de cada município no ranking estadual: quanto melhor a classificação, maior a pontuação, refletindo maior capacidade adaptativa diante de desastres ambientais.

A avaliação da comunicação foi baseada na proporção de domicílios com acesso à internet. Embora se desejasse incluir também a cobertura de rede de telefonia móvel, isso não foi possível devido à falta de dados sobre esse indicador no Censo do IBGE de 2022. A importância de analisar a comunicação reside no fato de que ela representa os principais meios de disseminação de alertas, orientações e informações em tempo real, especialmente em regiões remotas. Em situações de emergência, esses canais tornam-se instrumentos essenciais para o contato com órgãos públicos, localização de familiares, solicitação de socorro e monitoramento das condições meteorológicas.

#### 4.2 Tratamento estatístico

Para garantir a comparabilidade entre os diferentes indicadores e permitir sua posterior integração na fórmula do Índice de Vulnerabilidade a Desastres, foi necessário aplicar procedimentos específicos de tratamento estatístico, conforme a natureza de cada variável. Esse cuidado metodológico buscou evitar distorções provocadas por diferentes unidades de medida, magnitudes absolutas ou escalas de referência, garantindo, assim, a coerência interna do índice e a possibilidade de análise comparativa entre os municípios.

As variáveis representadas por quantidades absolutas de elementos físicos ou populacionais, como número de pessoas em faixas etárias vulneráveis (menores de 5 anos e maiores de 60 anos), serviços de saúde e centros de apoio foram tratadas mediante padronização populacional. Ou seja, esses valores foram divididos pela população total de cada município, de forma a expressar uma razão proporcional.

Enquanto o valor da variável “pessoa responsável pelo município abaixo de 17 e acima de 60 anos” foi dividido pelo total geral de responsáveis por domicílios. Essas transformações foram adotadas para corrigir o viés demográfico e permitir a comparação entre municípios com tamanhos populacionais muito distintos. Assim, por exemplo, não se considerou apenas o número bruto de escolas, mas sim a relação entre escolas públicas e número de habitantes, de modo a indicar a densidade relativa desses equipamentos por município.

Outros indicadores já estavam expressos em formato percentual ou proporcional nas bases de dados consultadas, o que dispensou ajustes adicionais antes da normalização. São exemplos: o percentual de pessoas com deficiência ou autismo, a proporção de domicílios com banheiro exclusivo, os percentuais de moradores com acesso à rede de esgoto, abastecimento de água, coleta de lixo e iluminação pública, entre outros (Quadro 4). Esses indicadores, por já estarem em formato percentual, foram diretamente incorporados na base de dados para posterior normalização.

**Quadro 4** - Relação entre variáveis, forma de tratamento, fonte dos dados e sua relação com o índice de vulnerabilidade

<b>Variáveis</b>	<b>Forma de tratamento</b>	<b>Fonte de dados</b>
Grupos de idade vulnerável	/hab	IBGE - Censo 2022
Densidade populacional	apenas normalizado	IBGE - Censo 2022
Responsável pelo domicílio abaixo de 17 e acima de 60 anos	/total de responsáveis por domicílio	IBGE - Censo 2022
Pessoas com deficiência e autismo	/hab	IBGE - Censo 2022
Pessoas com banheiro de uso exclusivo em seu domicílio	percentual	IBGE - Censo 2022
Pessoas com rendimento mensal domiciliar per capita de até ½ salário mínimo	projeção a partir dos valores do censo 2010	IBGE - SIDRA
Pessoas com rendimento mensal domiciliar per capita acima de 5 salários mínimos	projeção a partir dos valores do censo 2010	IBGE - SIDRA
Pessoas em DPPO com esgotamento sanitário em rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede	percentual	IBGE - SIDRA
Pessoas em DPPO que possuem ligação à rede geral e a utiliza como forma principal	percentual	IBGE - SIDRA
Pessoas em DPPO com lixo coletado	percentual	IBGE - SIDRA

Iluminação pública	percentual	IBGE - SIDRA
Unidades de atendimento hospitalar público	hab/unidades	Google Earth
Escolas públicas	hab/unidades	Censo Escolar
Centros religiosos e comunitários	hab/unidades	Google Earth
Taxa de alfabetização de pessoas 15 anos ou mais	percentual	IBGE - Censo 2022
Pessoas sem instrução ou com nível fundamental incompleto	percentual	IBGE - Censo 2022
Pessoas com nível superior completo	percentual	IBGE - Censo 2022
Arborização	percentual	IBGE - Censo 2022
Declividade	percentual	QGIS
Posição Geral no Indicador de Capacidade Municipal	apenas normalizado	TCE-PE
Uso de internet	percentual	IBGE - Censo 2022

Fonte: autora, 2025.

Posteriormente, todos os indicadores passaram por um processo de normalização estatística em escala adimensional de 0 a 1, utilizando a fórmula linear *min-max* (Equação 2):

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (\text{Equação 2})$$

Nessa Equação 2, X representa o valor original da variável para um determinado município; Xmin é o menor valor encontrado entre todos os municípios; e Xmax é o maior valor. Dessa forma, o município com o menor desempenho relativo em determinado indicador recebe o valor 0, e o com o melhor desempenho recebe o valor 1. A adoção dessa técnica garante a padronização das diferentes escalas numéricas, permitindo a integração dos indicadores no modelo geral do IVD.

A dimensão suscetibilidade reúne variáveis que expressam as condições que tornam a região mais propensa à ocorrência de desastres. Para os indicadores em que valores mais altos representam maior suscetibilidade, utilizou-se diretamente o resultado da normalização. Já para aqueles em que valores mais altos indicam menor suscetibilidade (por exemplo, Pessoas com banheiro de uso exclusivo em seu domicílio), aplicou-se a transformação complementar ( $X_{comp}$ ), conforme Equação 3:

$$X_{comp} = 1 - X_{norm} \quad (\text{Equação 3})$$

Essa inversão assegura que todos os indicadores da dimensão apresentem a mesma lógica: quanto maior o valor, mais suscetível o município.

Enquanto isso, as dimensões de enfrentamento e adaptação pontuam de forma que valores maiores representam uma menor vulnerabilidade.

Todas as variáveis utilizadas para elaboração do enfrentamento medem a pressão sobre os recursos disponíveis (a relação entre habitantes e unidades de saúde e ou apoio). Dessa forma, valores mais altos indicam pior capacidade de enfrentamento. Por esse motivo, após a normalização, todos os indicadores dessa dimensão foram transformados de forma complementar, através da equação 3. Assim, valores mais elevados passaram a representar melhores condições de enfrentamento.

A dimensão adaptação contempla tanto variáveis que contribuem positivamente para seu valor quanto variáveis que impactam de forma negativa. As variáveis positivas, como a taxa de alfabetização, indicam que quanto maiores os valores, melhor é a adaptação e menor a vulnerabilidade, sendo tratadas apenas pela normalização *min-max*.

Já as variáveis negativas, como a proporção de pessoas sem instrução, apresentam efeito inverso, pois valores mais altos indicam menor adaptação e maior vulnerabilidade; nesses casos, aplicou-se a transformação complementar (Equação 3). Esse procedimento assegura que, dentro da dimensão de adaptação, valores mais altos estejam sempre associados a melhores condições adaptativas.

#### 4.3 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade

Após o tratamento das três dimensões, procedeu-se ao cálculo final do índice, seguindo a fórmula proposta por Azevêdo (2020) (Equação 4):

$$\text{Índice de Vulnerabilidade} = \frac{S+(1-E)+(1-A)}{3} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

S = Suscetibilidade

E = Enfrentamento (complementar, pois valores altos indicam menor vulnerabilidade)

A = Adaptação (idem ao enfrentamento).

Dessa forma, o índice reflete o equilíbrio entre os fatores que aumentam e aqueles que reduzem a vulnerabilidade. O resultado final varia de 0 a 1, sendo que valores mais próximos de 1 representam maior vulnerabilidade.

Para facilitar a interpretação, os resultados foram classificados em cinco faixas: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta vulnerabilidade. Essa classificação foi obtida a partir da amplitude dos valores do IVD entre os municípios, dividindo-se o intervalo em cinco classes iguais. Para melhor visualização das classes de vulnerabilidade de cada município, foi elaborado um mapa utilizando o software QGIS, permitindo uma representação geográfica clara da situação de vulnerabilidade em cada localidade.

## 5. RESULTADOS

O resultado da suscetibilidade é proporcional ao resultado da vulnerabilidade, ou seja, municípios com valores mais altos de suscetibilidade são mais suscetíveis à vulnerabilidade. Com base nos dados, pode-se observar variações expressivas entre os municípios da região do Sertão do Pajeú (Tabela 1).

Entre os municípios com maior suscetibilidade, Flores se destaca, com um índice de 0,722. Em seguida, ocupando o segundo e terceiro lugar, respectivamente, Brejinho com índice de 0,672 e Solidão com um índice de 0,642. Os municípios com menores valores de suscetibilidade são, respectivamente, Tuparetama (índice de 0,352), Afogados da Ingazeira (índice de 0,375) e Serra Talhada (índice de 0,401).

A diferença entre o maior e o menor valor de suscetibilidade é de 0,371, refletindo uma variação considerável na exposição a riscos ambientais entre os municípios da região.

**Tabela 1** - Resultado dos componentes da suscetibilidade

Municípios	Demografia	Condições Sanitárias	Renda	Infraestrutura Pública	Suscetibilidade
Flores	0,719	0,814	0,584	0,772	0,722
Brejinho	0,628	1,000	0,514	0,546	0,672
Solidão	0,476	0,956	0,497	0,638	0,642
Iguaracy	0,610	0,656	0,520	0,577	0,591
Santa Cruz da Baixa Verde	0,539	0,655	0,524	0,592	0,577
Quixaba	0,364	0,976	0,514	0,446	0,575
Itapetim	0,598	0,666	0,515	0,388	0,542
Carnaíba	0,554	0,545	0,575	0,477	0,538
Triunfo	0,533	0,264	0,467	0,779	0,511
Ingazeira	0,696	0,409	0,497	0,400	0,501
Calumbi	0,508	0,302	0,489	0,613	0,478
Santa Terezinha	0,426	0,580	0,529	0,311	0,462
São José do Egito	0,552	0,302	0,532	0,242	0,407
Tabira	0,613	0,202	0,589	0,217	0,405
Serra Talhada	0,357	0,606	0,500	0,139	0,401
Afogados da Ingazeira	0,619	0,186	0,537	0,156	0,375
Tuparetama	0,671	0,000	0,495	0,242	0,352

Fonte: autora, 2025.

A Tabela 2 evidencia os cinco municípios com resultados mais críticos e os cinco com os melhores resultados para cada componente da dimensão de suscetibilidade, a fim de contribuir para identificação dos pontos fortes e fracos dos municípios.

**Tabela 2** - Municípios com piores e melhores resultados para os componentes da suscetibilidade

Demografia	Condições Sanitárias	Renda	Infraestrutura Pública
<b>MAIS CRÍTICOS NOS COMPONENTES DA SUSCETIBILIDADE</b>			
Flores	Brejinho	Tabira	Triunfo
Ingazeira	Quixaba	Flores	Flores
Tuparetama	Solidão	Carnaíba	Solidão
Brejinho	Flores	Afogados da Ingazeira	Calumbi
Afogados da Ingazeira	Itapetim	São José do Egito	Santa Cruz da Baixa Verde
<b>MENOS CRÍTICOS NOS COMPONENTES DA SUSCETIBILIDADE</b>			
Serra Talhada	Tuparetama	Triunfo	Serra Talhada
Quixaba	Afogados da Ingazeira	Calumbi	Afogados da Ingazeira
Santa Terezinha	Tabira	Tuparetama	Tabira
Solidão	Triunfo	Solidão	Tuparetama
Calumbi	São José do Egito	Ingazeira	São José do Egito

Fonte: autora, 2025.

Com isso, percebe-se que dentre os 17 municípios, Flores, Ingazeira, Tuparetama, Brejinho e Afogados da Ingazeira possuem mais habitantes em situações de vulnerabilidade (tanto em relação à idade, quanto a pessoas com deficiência em relação ao total de habitantes), indicando a necessidade de elaboração de protocolos específicos de prevenção, preparação e resgate para estes, corroborando com a análise feita por Bodstein et al. em 2014.

Brejinho, Quixaba, Solidão, Flores e Itapetim precisam investir em políticas públicas que contribuam para o aumento de banheiros de usos exclusivos nos domicílios dos respectivos municípios.

Tabira, Flores, Carnaíba, Afogados da Ingazeira e São José do Egito são os municípios com mais pessoas em situação de pobreza, necessitando investir em melhores condições de trabalho para a população e mais ofertas de empregos dignos. Ressalta-se que esse dado pode não refletir a real situação dos 17 municípios, visto que considerou-se que a quantidade de pessoas em situação de pobreza e a quantidade de pessoas com mais de 5 salários mínimos cresceu proporcionalmente em relação ao crescimento populacional de cada município.

Triunfo, Flores, Solidão, Calumbi, Santa Cruz da Baixa Verde necessitam melhorar a cobertura de abastecimento de água, coleta de esgoto sanitário, coleta de resíduos sólidos e cobertura de iluminação pública.

A dimensão enfrentamento é determinada pela capacidade de resposta dos municípios frente aos desastres, especialmente considerando a quantidade de unidades de saúde e centros de apoio disponíveis. Esses espaços são fundamentais para garantir a mobilização da população em momentos de emergência, além de servirem como locais de acolhimento e prestação de serviços essenciais. Municípios com maior número de unidades de saúde e centros de apoio apresentam melhores condições para enfrentar situações de crise, enquanto aqueles com menos recursos enfrentam maiores dificuldades (Tabela 3).

Entre os municípios com maior capacidade de enfrentamento, Ingazeira se destaca com um índice de 0,944. Isso sugere que o município possui uma boa quantidade de unidades de saúde e centros de apoio, o que lhe confere melhor capacidade de mobilização e resposta frente a desastres. Em seguida, Calumbi com um índice de 0,875 e Quixaba, com um índice de 0,854.

Os municípios que apresentam menor capacidade de enfrentamento, de acordo com as variáveis analisadas, são Serra Talhada (com um índice de 0,132), São José do Egito, com um índice de 0,373 e Brejinho, com um valor de 0,449. Isso indica que esses municípios possuem uma maior saturação das unidades de saúde, necessitando de uma rede de apoio adequada para situações de emergência e de investimentos na ampliação de unidades de saúde e centros de apoio para melhorar a resposta a desastres.

**Tabela 3 - Resultado dos componentes do enfrentamento**

<b>Municípios</b>	<b>Serviços de Saúde</b>	<b>Centros de Apoio</b>	<b>Enfrentamento</b>
Ingazeira	0,887	1,000	0,944
Calumbi	0,848	0,902	0,875
Quixaba	0,875	0,832	0,854
Iguaracy	0,823	0,755	0,789
Tuparetama	1,000	0,511	0,756
Triunfo	0,918	0,587	0,752
Itapetim	0,902	0,523	0,712
Carnaíba	0,766	0,614	0,690
Santa Cruz da Baixa Verde	0,996	0,362	0,679
Santa Terezinha	0,919	0,380	0,650
Solidão	0,633	0,634	0,634
Flores	0,435	0,653	0,544
Tabira	0,708	0,268	0,488
Afogados da Ingazeira	0,613	0,339	0,476
Brejinho	0,899	0,000	0,449
São José do Egito	0,508	0,237	0,373
Serra Talhada	0,000	0,263	0,132

Fonte: autora, 2025.

A amplitude da dimensão de enfrentamento é de 0,812, Essa amplitude reflete a grande disparidade nas condições de enfrentamento entre os municípios, com uma diferença considerável na quantidade de unidades de saúde e centros de apoio disponíveis, em relação à quantidade de habitantes nos municípios. Ressalta-se que esse componente não retrata a dimensão nem a área das unidades, apenas da quantidade.

Ao analisar as duas variáveis que compõem o enfrentamento, resulta-se que Serra Talhada, Flores, São José do Egito, Afogados da Ingazeira e Solidão são que possuem menos unidades de serviço de saúde em relação a quantidade de habitantes e Brejinho, São José do Egito, Serra Talhada, Tabira e Afogados da Ingazeira possuem as menores quantidades de centros de apoio ao relacionar com seus habitantes (Tabela 4).

**Tabela 4** - Municípios mais críticos e municípios com os melhores resultados para cada componente do enfrentamento

Serviços de Saúde	Centros de Apoio
MAIS CRÍTICOS NOS COMPONENTES DO ENFRENTAMENTO	
Serra Talhada	Brejinho
Flores	São José do Egito
São José do Egito	Serra Talhada
Afogados da Ingazeira	Tabira
Solidão	Afogados da Ingazeira
MENOS CRÍTICOS NOS COMPONENTES DO ENFRENTAMENTO	
Tuparetama	Ingazeira
Santa Cruz da Baixa Verde	Calumbi
Santa Terezinha	Quixaba
Triunfo	Iguaracy
Itapetim	Flores

Fonte: autora, 2025.

A dimensão adaptação foi avaliada com base em variáveis essenciais para entender a capacidade de um município se adaptar aos desafios impostos por desastres ambientais, pois refletem a preparação da população, a qualidade dos serviços públicos e a infraestrutura disponível para enfrentar tais eventos (Tabela 5).

Entre os municípios com maior capacidade de adaptação, Afogados da Ingazeira se destaca, com um índice de 0,723. Esse alto valor sugere que o município possui boas condições em termos de educação, infraestrutura ambiental, classificação no ICM e acesso à comunicação. Em seguida, Triunfo apresenta um índice de 0,705 e Ingazeira, com um índice de 0,690.

Os municípios com menor capacidade de adaptação são Flores, com um índice de 0,241, Quixaba, com um índice de 0,251 e Santa Cruz da Baixa Verde, com um valor de 0,292. Refletindo limitações em termos de educação, condições ambientais e infraestrutura.

A amplitude da adaptação é de 0,482, que revela uma disparidade significativa na capacidade de adaptação entre os municípios, evidenciando que a região do Sertão do Pajeú apresenta variações consideráveis em termos de preparação para enfrentar desastres ambientais.

**Tabela 5 - Resultado dos componentes da adaptação**

<b>Municípios</b>	<b>Educação</b>	<b>Condições Ambientais</b>	<b>ICM TCE-PE</b>	<b>Comunicação</b>	<b>Adaptação</b>
Afogados da Ingazeira	0,793	0,663	0,709	0,727	0,723
Triunfo	0,912	0,126	0,977	0,805	0,705
Ingazeira	0,385	0,955	0,442	0,976	0,690
Brejinho	0,258	0,608	0,890	1,000	0,689
Tuparetama	0,666	0,768	0,378	0,908	0,680
Serra Talhada	0,927	0,694	0,331	0,599	0,638
Solidão	0,328	0,387	1,000	0,499	0,554
Carnaíba	0,327	0,762	0,837	0,281	0,552
Santa Terezinha	0,474	0,693	0,349	0,633	0,537
Tabira	0,541	0,665	0,267	0,646	0,530
Calumbi	0,154	0,563	0,424	0,719	0,465
Itapetim	0,328	0,816	0,000	0,663	0,451
São José do Egito	0,538	0,707	0,192	0,359	0,449
Iguaracy	0,208	0,738	0,390	0,090	0,357
Santa Cruz da Baixa Verde	0,417	0,167	0,401	0,184	0,292
Quixaba	0,167	0,754	0,081	0,000	0,251
Flores	0,027	0,781	0,064	0,092	0,241

Fonte: autora, 2025.

Abaixo estão os cinco municípios com os melhores resultados, bem como os cinco mais críticos nos componentes da adaptação (Tabela 6).

Em resumo, a análise da dimensão Adaptação revela que a região do Sertão do Pajeú apresenta variações significativas em termos de capacidade de adaptação. A amplitude de 0,482 reforça a necessidade de uma abordagem diferenciada nas políticas públicas, que considere as especificidades de cada município. É fundamental que os municípios com menores índices de adaptação recebam suporte nas áreas de educação, comunicação e gestão ambiental, enquanto aqueles com maiores índices possam continuar a expandir e melhorar suas estratégias de adaptação, servindo de modelo para os demais.

**Tabela 6** - Municípios mais críticos e municípios com os melhores resultados para cada componente da adaptação

<b>Educação</b>	<b>Condições Ambientais</b>	<b>ICM TCE-PE</b>	<b>Comunicação</b>
<b>MAIS CRÍTICOS PARA OS COMPONENTES DA ADAPTAÇÃO</b>			
Flores	Triunfo	Itapetim	Quixaba
Calumbi	Santa Cruz da Baixa Verde	Flores	Iguaracy
Quixaba	Solidão	Quixaba	Flores
Iguaracy	Calumbi	São José do Egito	Santa Cruz da Baixa Verde
Brejinho	Brejinho	Tabira	Carnaíba
<b>MENOS CRÍTICOS PARA OS COMPONENTES DA ADAPTAÇÃO</b>			
Serra Talhada	Ingazeira	Solidão	Brejinho
Triunfo	Itapetim	Triunfo	Ingazeira
Afogados da Ingazeira	Flores	Brejinho	Tuparetama
Tuparetama	Tuparetama	Carnaíba	Triunfo
Tabira	Carnaíba	Afogados da Ingazeira	Afogados da Ingazeira

Fonte: autora, (2025).

O IVD foi calculado com base nas três dimensões analisadas: Suscetibilidade, Enfrentamento e Adaptação. Municípios com maiores valores de IVD possuem uma maior vulnerabilidade, enquanto aqueles com menores valores indicam uma maior resiliência e capacidade de gestão de desastres (Tabela 7).

Entre os municípios com maior vulnerabilidade, destaca-se Flores, com um índice de 0,646. Esse alto valor de IVD reflete que o município enfrenta desafios significativos em termos de suscetibilidade, enfrentamento e adaptação, o que o torna mais vulnerável aos impactos de desastres ambientais. Serra Talhada, com um índice de 0,544, segue em segundo lugar, com uma vulnerabilidade considerável, embora apresente menores valores de suscetibilidade. Santa Cruz da Baixa Verde, com um valor de 0,535, também possui um índice elevado de IVD, o que reforça a necessidade de políticas públicas focadas em mitigar os riscos e melhorar as condições de resposta e adaptação.

Por outro lado, os municípios com menor vulnerabilidade são Ingazeira, com um índice de 0,289, Tuparetama, com 0,305, e Triunfo, com 0,351. Esses municípios se destacam pela sua maior resiliência, refletindo boas condições de adaptação, enfrentamento mais eficiente e níveis de suscetibilidade relativamente menores. A combinação de fatores que favorecem sua capacidade de resposta pode servir de

modelo para outros municípios da região, auxiliando na implementação de boas práticas e na redução da vulnerabilidade.

**Tabela 7 - Resultado do Índice de Vulnerabilidade a Desastres**

Municípios	Suscetibilidade	Enfrentamento	Adaptação	IVD
Flores	0,722	0,544	0,241	0,646
Serra Talhada	0,401	0,132	0,638	0,544
Santa Cruz da Baixa Verde	0,577	0,679	0,292	0,535
São José do Egito	0,407	0,373	0,449	0,528
Brejinho	0,672	0,449	0,689	0,511
Quixaba	0,575	0,854	0,251	0,49
Solidão	0,642	0,634	0,554	0,485
Iguaracy	0,591	0,789	0,357	0,482
Tabira	0,405	0,488	0,53	0,462
Itapetim	0,542	0,712	0,451	0,459
Carnaíba	0,538	0,69	0,552	0,432
Santa Terezinha	0,462	0,65	0,537	0,425
Afogados da Ingazeira	0,375	0,476	0,723	0,392
Calumbi	0,478	0,875	0,465	0,379
Triunfo	0,511	0,752	0,705	0,351
Tuparetama	0,352	0,756	0,68	0,305
Ingazeira	0,501	0,944	0,69	0,289

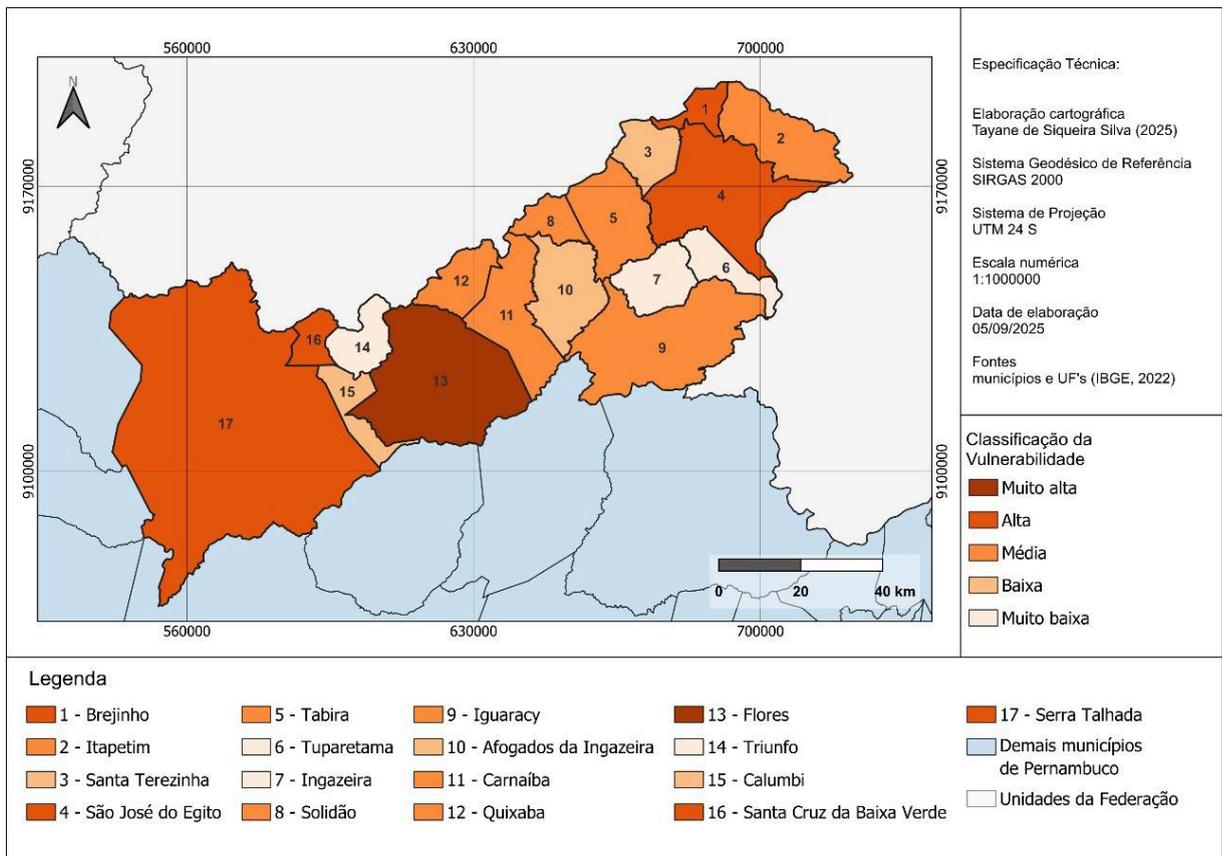
Fonte: autora, 2025.

A amplitude do IVD, que representa a diferença entre o maior e o menor valor dessa dimensão, é de 0,351. A partir disso, ao dividir os municípios em classes, apenas Flores é classificado com vulnerabilidade “Muito alta” e a classe mais numerosa é a “Média”, com seis municípios (Tabela 8, Figura 3).

**Tabela 8 - Classificação dos municípios segundo o Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD)**

Intervalo do IVD	Classificação da vulnerabilidade	Municípios	Quantidade de municípios
0,646-0,574	Muito alta	Flores	1
0,573-0,503	Alta	Serra Talhada, Santa Cruz da Baixa Verde, São José do Egito e Brejinho	4
0,503-0,432	Média	Quixaba, Solidão, Iguaracy, Tabira, Itapetim e Carnaíba	6
0,431-0,360	Baixa	Santa Terezinha, Afogados da Ingazeira e Calumbi	3
0,361-0,289	Muito baixa	Triunfo, Tuparetama e Ingazeira	3

Fonte: autora, 2025.

**Figura 5** - Classificação da vulnerabilidade nos municípios do Sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil

Fonte: autora, 2025.

O uso de indicadores e índices auxilia na priorização de instrumentos para o planejamento territorial de municípios em situação mais crítica (Andrade et. al, 2022). Os resultados obtidos reforçam a importância de uma abordagem diferenciada nas políticas públicas, com foco na redução da vulnerabilidade nos municípios mais afetados, como Flores, Serra Talhada e Santa Cruz da Baixa Verde, ao mesmo tempo em que se aproveita a experiência de Ingazeira, Tuparetama e Triunfo para fortalecer as estratégias de resiliência em toda a região.

## 6. CONCLUSÃO

A análise das três dimensões que compõem o Índice de Vulnerabilidade a Desastres evidenciou grandes disparidades entre os municípios da região do Sertão do Pajeú, refletindo uma complexa realidade em termos de vulnerabilidade e resiliência ambiental. A dimensão de suscetibilidade revelou uma grande variação no grau de exposição dos municípios a riscos ambientais, com destaque para a necessidade de investimentos em infraestrutura e políticas públicas para mitigar as condições mais críticas, especialmente nos municípios de Flores, Brejinho e Solidão.

A dimensão de Enfrentamento destacou a discrepância nas condições de resposta dos municípios frente a desastres ambientais, com municípios como Ingazeira se destacando pela quantidade de unidades de saúde pública, escolas e centros de apoio, enquanto localidades como Serra Talhada e São José do Egito apresentam maior saturação. A diferença de 0,812 entre os extremos da dimensão de enfrentamento reforça a necessidade de uma rede de apoio mais robusta e acessível para enfrentar crises sanitárias e ambientais.

A dimensão de Adaptação revelou que a capacidade de se adaptar aos desafios impostos por desastres ambientais também é desigual entre os municípios. Municípios como Afogados da Ingazeira e Triunfo possuem melhores condições para enfrentar esses desafios, destacando-se pela infraestrutura e preparo da população. No entanto, municípios como Flores e Quixaba enfrentam sérias limitações em termos de educação, condições ambientais e infraestrutura, indicando a necessidade de uma intervenção mais intensa.

O Índice de Vulnerabilidade a Desastres (IVD) consolidou as análises anteriores, reforçando a disparidade entre os municípios da região. Municípios como Flores, Serra Talhada e Santa Cruz da Baixa Verde apresentam os maiores índices de vulnerabilidade, o que demanda ações urgentes para reduzir os riscos e aumentar a resiliência da população. Por outro lado, municípios como Ingazeira, Tuparetama e Triunfo se destacam por suas estratégias de adaptação e enfrentamento, podendo servir como modelo para os municípios com maiores dificuldades.

Diante deste panorama, é evidente a necessidade de políticas públicas direcionadas e regionais que considerem as especificidades de cada município. A implementação de medidas que abordem as lacunas identificadas nas dimensões de suscetibilidade, enfrentamento e adaptação é necessária para garantir a segurança e o bem-estar das populações da região do Sertão do Pajeú. Além disso, é fundamental fortalecer a capacitação e a estrutura das áreas mais resilientes, para que possam se tornar agentes de disseminação de boas práticas, contribuindo para o fortalecimento coletivo da região frente aos desastres ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS

AGREGA. **A Bacia do Pajeú e seu papel estratégico**. 2022. Disponível em: <https://www.agrega.org.br/2022/02/23/topicos-do-semiarido-a-bacia-do-pajeu-e-seu-papel-estrategico/>. Acesso em 01 de junho de 2025.

ALGODÃO AGROECOLÓGICO. **Sertão do Pajeú**. 2022. Disponível em: <https://www.algodaoagroecologico.com/sertao-do-pajeu/>. Acesso em 01 de junho de 2025.

ANDRADE, M. M. N.; ANDRADE, A. S.; BEZERRA, P. E. S. **ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DO PARÁ (BRASIL)**. Vol 10 n° 30. Revista DELOS. 2022. Disponível em <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/569>. Acesso em 03 de agosto de 2024.

AZEVÊDO, B. M. L. **ÍNDICE DE VULNERABILIDADE A DESASTRES RELACIONADOS COM FENÔMENOS NATURAIS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL**. Orientador: José Hamilcar Almeida Filgueira. 2020. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BDE - BASE DE DADOS DO ESTADO. Relação dos municípios, por Região de Desenvolvimento. 2000. Disponível em: [www.bde.pe.gov.br/visualizacao/VISUALIZACAO\\_FORMATO2.ASPX?COD=1&codPermissao=&codFormatacao=695&codInformacao=798](http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/VISUALIZACAO_FORMATO2.ASPX?COD=1&codPermissao=&codFormatacao=695&codInformacao=798). Acesso em 14 maio de 2025.

BIRKMANN, J. First- and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. **Natural Hazards**, v. 58, p. 811–840, 2011.

BIRKMANN, J.; SORG, L.; WELLE, T. **Disaster Vulnerability**. In: POMPELLA, M.; SCORDIS, N. A. (Eds.). *The Palgrave Handbook of Unconventional Risk Transfer*. Stuttgart, Alemanha: [s.n.]. p. 329–355, 2017.

BIRKMANN, J.; WELLE, T. **Assessing the risk of loss and damage : exposure, vulnerability and risk to climate-related hazards for different country classifications**. *Int. J. Global Warming*, p. 22, 2015.

BODSTEIN, A.; LIMA, V. V. A. de; BARROS, A. M. B. de,. **A vulnerabilidade do idoso em situações de desastres: necessidade de uma política de resiliência eficaz**. *Ambient. soc.* 17 (2). Jun 2014. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200011> acesso em 06 de outubro de 2025.

BORGES, M. A. L.; SILVA, H. P.; CALDAS, K. F. R. **MAPEAMENTO DE PERNAMBUCO FRENTE AOS DESASTRES NATURAIS - UMA ANÁLISE SOCIOECONÔMICA**. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed. Esp. V CBEAGT, 2016. p.57-72. eISSN 2177-4307.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G.; DUARTE, G. S.; CAREPA-SOUSA, J. **ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE MUNICIPAL: O DESAFIO DE MENSURAR**. Belo Horizonte, 2003. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/4805673\\_Indices\\_de\\_sustentabilidade\\_municipal\\_o\\_desafio\\_de\\_mensurar](https://www.researchgate.net/publication/4805673_Indices_de_sustentabilidade_municipal_o_desafio_de_mensurar)>. Acesso em 26 de julho de 2025.

BRASIL. **Saneamento para Promoção da Saúde**. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. 2017. Disponível em:

<<https://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude>>. Acesso em 12 de junho de 2025.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC**. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em 11 de junho de 2025.

BRUNO, L. O. **Aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) livres nas ciências ambientais: o uso do QGIS**. 2017. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. DOI: 10.21438/rbgas.040807. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/321322804\\_Aplicabilidade\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Informacoes\\_Geograficas\\_SIGs\\_livres\\_nas\\_ciencias\\_ambientais\\_o\\_uso\\_do\\_QGIS](https://www.researchgate.net/publication/321322804_Aplicabilidade_de_Sistemas_de_Informacoes_Geograficas_SIGs_livres_nas_ciencias_ambientais_o_uso_do_QGIS)>. Acesso em 02 de julho de 2025.

Cardona, O. D., Van Aalst, M. K., Birkmann, J., Fordham, M., Mc Gregor, G., Rosa, P., Pulwarty, R. S., Schipper, E. L. F., Sinh, B. T., Décamps, H., Keim, M., Davis, I., Ebi, K. L., Lavell, A., Mechler, R., Murray, V., Pelling, M., Pohl, J., Smith, A. O., & Thomalla, F. (2012). **Determinants of risk: Exposure and vulnerability**. In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 9781107025066, pp. 65-108). Cambridge University Press. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.005>>. Acesso em 03 de outubro de 2025.

CENSO ESCOLAR. **Escolas em Pernambuco**. 2024. Disponível em:

<<https://escolas.com.br/brasil/pe>>. Acesso em 14 de junho de 2025.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. 2012.

Disponível em:

<[https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU\\_cobra-de.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobra-de.pdf)>. Acesso em 02 de julho de 2025.

CUTTER, S. **A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e**

**indicadores**. Tradução: Victor Ferreira. Revista Crítica de Ciências Sociais [Online], 93 | 2011, colocado online no dia 01 outubro 2012, criado a 19 abril 2019. Título original: Vulnerability Science: Models, Methods, and Indicators. DOI: 10.4000/rccs.165.

CUTTER, S., BARNES, L., BERRY, M., BURTON, C., EVANS, E., TATE, E., ERBB, J. **A place-based model for understanding community resilience to natural disasters**. *Global Environmental Change*, v. 18, n. 4, p. 598-606, 2008.

CUTTER, S., BORUFF, B., SHIRLEY, L. **Social Vulnerability to Environmental Hazards**. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 1, p. 242-261, 2003. Disponível em <<https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>>. Acesso em 03 de julho de 2025.

DAGNINO, R. S. **Risco: o conceito e sua aplicação**. UNICAMP. Módulo de Riscos e Unidades Ambientais. Campinas, 2007. Disponível em: <<https://professor.ufrgs.br/dagnino/presentations/risco-o-conceito-e-sua-aplicação>>. Acesso em 02 de agosto de 2025.

DRACHLER, M. L.; LOBATO, M. A. O.; LERMEN, J. I.; FAGUNDES, S.; FERLA, A. A.; DRACHLER, C. W.; TEIXEIRA, L. B.; LEITE, J. C. C. **Desenvolvimento e validação de um índice de vulnerabilidade social aplicado a políticas públicas do SUS**. P. 3849-3858. DOI: 10.1590/1413-81232014199.12012013.

FELTRIN, T. F.; RAIA JUNIOR, A. A. **GESTÃO DE SITUAÇÕES DE DESASTRES NATURAIS COM O USO DE SIG E DE SOFTWARE DE LOGÍSTICA HUMANITÁRIA**. 2013. Disponível em: <[https://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/234\\_RT.pdf#:~:text=A%20partir%20desse%20mapeamento%20e%20da%20utilização%20da,humanitária%2C%20a%20gestão%20e%20controle%20dos%20locais%20estratégicos](https://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/234_RT.pdf#:~:text=A%20partir%20desse%20mapeamento%20e%20da%20utilização%20da,humanitária%2C%20a%20gestão%20e%20controle%20dos%20locais%20estratégicos)>. Acesso em 26 de julho de 2025.

FILGUEIRA, H. J. A. **Os desastres relacionados com fenômenos naturais no contexto dos sistemas organizacionais**. In: GARCIA, J. P. M. (Org.). *Desastres na Paraíba: riscos, vulnerabilidade e resiliência*. João Pessoa, PB: Editora Universitária da UFPB, 2013. p. 53-63.

FREITAS, C. G. F. **PERSPECTIVAS E DESAFIOS À GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES: UMA ANÁLISE SOBRE A CONFIGURAÇÃO DO DIREITO DE DESASTRES NO MUNDO E NO BRASIL**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 2014. Acesso em 15 de junho de 2025.

GONÇALVES, B. D.; BARROS JUNIOR, G.; BARBOSA, M. F. N. **Bacia hidrográfica do rio Pajeú - PE: uso dos recursos naturais, mudanças e problemáticas ambientais de 1991 a 2022**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 15, e186111537031, 2022, ISSN 2525-3409. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.37031.

GRD+10. **CADERNO TÉCNICO DE GESTÃO INTEGRADA DE RISCOS E DESASTRES**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>>. Acesso em 14 de agosto de 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2022*. Rio de Janeiro. IBGE, 2022. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=destaques>>. Acesso em 05 de maio de 2025.

Instituto Acende Brasil. **Eventos Climáticos Extremos e o Setor Elétrico Brasileiro**. XIV Fórum Acende Brasil. 2024. Disponível em <[XIV\\_Forum\\_AcendeBrasil\\_Eventos\\_Climaticos\\_Extremos\\_rev\\_7\\_Site.pdf](#)>. Acesso em 14 de julho de 2025.

IPEA - Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima**. 2019. Disponível em <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods13.html>>. Acesso em 03 de outubro de 2025.

ISPN - Instituto Sociedade, População e Natureza. **Estratégia de Paisagem para o Sertão do Pajeú, Pernambuco**. Caderno, 2022. Acesso em 05 de junho de 2025.

LACERDA, F. F.; DIAS, H.; ASSAD, E. D.; SANTOS, A. A. SILVA, A. A. G. DETECÇÃO DE SINAIS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA ALGUMAS LOCALIDADES DO SERTÃO DO PAJEÚ - PE. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/513503/deteccao-de-sinais-de-mudancas-climaticas-para-algumas-localidades-do-sertao-do-pajeu---pe>>. Acesso em 24 de julho de 2025.

LEITE, G. T. D.; PINHEIRO, R. Z. G., PAMBOUKIAN, S. V. D.; **MONITORAMENTO DE ÁREAS DE RISCO COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 28-47, 2019. Disponível em: <[https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2019/Trabalhos/MONITORAMENTO\\_DE\\_ÁREAS\\_DE\\_RISCO\\_COM\\_A\\_UTILIZAÇÃO\\_DE\\_TÉCNICAS\\_DE\\_GEOPROCESSAMENTO.pdf](https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/laboratorios/labgeo/2019/Trabalhos/MONITORAMENTO_DE_ÁREAS_DE_RISCO_COM_A_UTILIZAÇÃO_DE_TÉCNICAS_DE_GEOPROCESSAMENTO.pdf)>. Acesso em 13 de junho de 2025.

LUCENA, F. G. **Conflitos socioambientais por acesso à água no território do sertão do Pajeú pernambucano**. Revista Espaço Acadêmico, nº 167, ano XIV. ISSN 1519-6186. Disponível em: <[https://www.academia.edu/87196167/Conflitos\\_socioambientais\\_por\\_acesso\\_à\\_água\\_no\\_território\\_do\\_sertão\\_do\\_Pajeú\\_pernambucano](https://www.academia.edu/87196167/Conflitos_socioambientais_por_acesso_à_água_no_território_do_sertão_do_Pajeú_pernambucano)>. Acesso em 12 de julho de 2025.

MALTA, F. S.; COSTA, E. M.; MAGRINI, A. **Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil**. DOI: 10.1590/1413-812320172212.25032017. p. 3933-3944.

**MANUAL TÉCNICO DE DEFESA CIVIL: para gestão de riscos e desastres relacionados a intensas precipitações pluviométricas**. 2019. Pernambuco. Disponível em <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/boas-praticas/M anual2019finaltamanhomenor.pdf>>. Acesso em 13 de agosto de 2025.

Medeiros, C. B. **Vulnerabilidade Socioambiental do Município de Caucaia (CE): Subsídios ao Ordenamento Territorial**. 2014. Tese (Doutorado). Fortaleza, Universidade Estadual do Ceará. Disponível em <[https://www.uece.br/propgeowp/wp-content/uploads/sites/60/2014/08/cleyber\\_nascimento\\_medeiros.pdf](https://www.uece.br/propgeowp/wp-content/uploads/sites/60/2014/08/cleyber_nascimento_medeiros.pdf)>. Acesso em 14 de agosto de 2025.

MENDONÇA, A. A.; SAUER, A. C. **ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO PAJEÚ NO TRECHO DO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA - PE**. Revista Multidisciplinar do Sertão. Vol .03, n. 3, p. 323-330, Jul-Set, 2021. Disponível em: <<https://revistamultisert1.websiteseguro.com/index.php/revista/article/view/358/216>>. Acesso em 24 de julho de 2025.

MIGUEL, Priscila. **Gestão de Risco de Desastres Naturais no Brasil**. FGV EAESP - Relatórios Técnicos. 2014. Disponível em <<https://repositorio.fgv.br/items/028fa717-1235-4def-aadf-8c6e0c88612f>>. Acesso em 12 de agosto de 2025.

MORAES, I. B. C. M. **Mapeamento digital de áreas suscetíveis a escorregamento na parte continental do município de Angra dos Reis, RJ**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado - Curso de Engenharia de Computação), Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MORAIS, P. D. **VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E A PERSPECTIVA DE RESILIÊNCIA A DESASTRES NAS CIDADES DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL: JOÃO PESSOA, RECIFE E MACEIÓ**. Orientador: José Hamilcar Almeida Filgueira. 2020. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

MOURA, M. O.; CUNICO, C.; LUCENA, D. B. **Riscos, vulnerabilidades e desastres socioambientais: concepções e estudos de caso**. João Pessoa, PB: Editora Universitária da UFPB, 2023. ISBN: 978-65-5942-215-9.

MOURA, T. C. C.; SILVA, G. L. **Variabilidade climática no Sertão do Pajeú em Pernambuco e os desastres decorrentes das mudanças climáticas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES - END, 3., 2022. Anais. Recife: END, 2022.

OLIVEIRA, G. A. **DESASTRES HIDROLÓGICOS E INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS VOLUNTÁRIAS: CONCEPÇÃO DE SISTEMA COLABORATIVO PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCOS**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2017.

OLIVEIRA, L. P.; COSTAS, E. P. V. S. M.; RIBEIRO FILHO, V. **UMA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DAS MICRORREGIÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL**. Geo UERJ. 2017. E-ISSN 1981-9021. DOI: 10.12957/geouerj.2017.29321.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030**. 1ª edição. 2015. Disponível em <[https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)>. Acesso em 25 de agosto de 2025.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Por que o Índice de Vulnerabilidade Multidimensional (MVI) é importante**. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. 2024. Disponível em <<https://www.un.org/en/desa/why-multidimensional-vulnerability-index-mvi-matters>>. Acesso em 13 de junho de 2025.

OVIEDO, R. A. M.; CZERESNIA, D. **O conceito de vulnerabilidade e seu caráter biossocial**. 2015. p. 237-249. DOI: 10.1590/1807-57622014.0436.

PESSOA NETO, A. G.; SILVA, S. R., BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Unas, em Pernambuco. Geografia (Londrina) v. 33. n. 1. pp. 265 – 284, janeiro/2024. ISSN 2447-1747.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. de. **A IMPORTÂNCIA DA ARBORIZAÇÃO NAS CIDADES E SUA INFLUÊNCIA NO MICROCLIMA**. 2017. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Dd-Souza/publication/318218850\\_A\\_IMPORTANCIA\\_DA\\_ARBORIZACAO\\_NAS\\_CIDADES\\_E\\_SUA\\_INFLUENCIA\\_NO\\_MICROCLIMA/links/5b0ddc30aca2725783f1c143/A-IMPORTANCIA-DA-ARBORIZACAO-NAS-CIDADES-E-SUA-INFLUENCIA-NO-MICROCLIMA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dd-Souza/publication/318218850_A_IMPORTANCIA_DA_ARBORIZACAO_NAS_CIDADES_E_SUA_INFLUENCIA_NO_MICROCLIMA/links/5b0ddc30aca2725783f1c143/A-IMPORTANCIA-DA-ARBORIZACAO-NAS-CIDADES-E-SUA-INFLUENCIA-NO-MICROCLIMA.pdf)>. Acesso em 22 de julho de 2025.

PN-PDC. **Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil: fortalecendo a gestão de risco e desastres no Brasil**. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024. Disponível em: <<https://pnpc.com.br>>. Acesso em 22 de julho de 2025.

**Protocolo Nacional Conjunto para Proteção Integral a Crianças e Adolescentes, Pessoas Idosas e Pessoas com Deficiência em Situações de Riscos e Desastres**. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República. (2013). Disponível em: <[https://wrd.unwomen.org/sites/default/files/2023-02/protocolo\\_nacional\\_conjunto\\_protocao\\_integral\\_riscos\\_e\\_desastres\\_sdh\\_2013.pdf](https://wrd.unwomen.org/sites/default/files/2023-02/protocolo_nacional_conjunto_protocao_integral_riscos_e_desastres_sdh_2013.pdf)>. Acesso em 14 de junho de 2025.

RAMOS, T. B. **SISTEMAS DE INDICADORES E ÍNDICES AMBIENTAIS**. IV Congresso Nacional dos Engenheiros do Ambiente. 1997. Disponível em: <[https://www.academia.edu/1015511/Sistemas\\_de\\_indicadores\\_e\\_índices\\_ambientais](https://www.academia.edu/1015511/Sistemas_de_indicadores_e_índices_ambientais)>. Acesso em 26 de julho de 2025.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA E. B. **Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. 2016. DOI:

<https://doi.org/10.5007/2177-5230.2016v31n62p59>. Disponível em:  
<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2016v31n62p59>>  
. Acesso em 30 de junho de 2025.

RODRIGUES, C. A. G.; BEZERRA, B. da C.; ISHII, I. H.; CARDOSO, E. L.; SORIANO, B. M. A.; OLIVEIRA, H. de. **Árvores: importância para a arborização urbana**. 2008. Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/783759/arvores-importancia-para-a-arborizacao-urbana>>. Acesso em 30 de junho de 2025.

SANTOS, J. O. **RELAÇÕES ENTRE FRAGILIDADE AMBIENTAL E VULNERABILIDADE SOCIAL NA SUSCEPTIBILIDADE AOS RISCOS**. Mercator, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, mai./ago. 2015. DOI: 10.4215/RM2015.1402.0005.

SANDERS, M. S.; McCORMICK, E. J. **HUMAN FACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN**. 7ª Edição. ISBN 0-07-054901-X.

SCHULZ, W. Iluminação Pública. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. CREA-PR. 2016. Disponível em:  
<<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/iluminacao-publica.pdf>>. Acesso em 29 de junho de 2025.

SCHUMANN, L. R. M. A.; MOURA, L. B. A. **Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura**. Ciência & Saúde Coletiva, Vol 20, nº 7, p 2105-2121. 2015. DOI: 10.1590/1413-81232015207.10742014.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. **ÍNDICES VERSUS INDICADORES: PRECISÕES CONCEITUAIS NA DISCUSSÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PAÍSES**. 2007. Ambiente & Sociedade, Campinas. Vol X, n. 2, p. 137-148.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Banco de Tabelas e Estatística**. 2022. Disponível em:  
<<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em 30 de maio de 2025.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNIO, J. D. **INDICADORES CLIMÁTICOS DE DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO**. Revista Brasileira de Climatologia, Ano 14 - Vol. 22 - jan/jun 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em:  
<<https://revistas.ufpr.br/revistabrasileiradeclimatologia/article/view/61336>>. Acesso em 30 de agosto de 2025.

SOBRAL, J. B. M. **VISÃO GERAL DOS RISCOS**: Pensando em Ameaças e Riscos. 2005. Segurança em computação distribuída. Disponível em:  
<<https://www.inf.ufsc.br/~bosco.sobral/ensino/ine5680/slides/Visao%20Geral%20dos%20Riscos.pdf>>. Acesso em 28 de agosto de 2025.

SORG, L. et al. **Capturing the multifaceted phenomena of socioeconomic vulnerability**. *Natural Hazards*, v. 92, n. 1, p. 257–282, 2018.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; OLIVEIRA, J. M. A.; SOBRAL, M. C. **Áreas de risco mais vulneráveis aos desastres decorrentes das chuvas em Recife-PE**. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 34. 2014. ISSN Eletrônico 2176-9478.

SPINK, M. J. P. **Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco no cotidiano**. 2014. P. 3743-3754. DOI: 10.1590/1413-81232014199.01182014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/270724031\\_Viver\\_em\\_areas\\_de\\_risco\\_tensoes\\_entre\\_gestao\\_de\\_desastres\\_ambientais\\_e\\_os\\_sentidos\\_de\\_risco\\_no\\_cotidiano](https://www.researchgate.net/publication/270724031_Viver_em_areas_de_risco_tensoes_entre_gestao_de_desastres_ambientais_e_os_sentidos_de_risco_no_cotidiano)>. Acesso em 31 de julho de 2025.

**SUSCETIBILIDADE**. In: Oxford Languages. Disponível em: <[https://www.google.com/search?q=suscetibilidade&oq=suscetibilidade&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyEQgAEEUYORhGGPkbGLEdGIAEMgclARAAGIAEMgclAhAAGIAEMgclAxAAGIAEMgclBBAAGIAEMgclBRAAGIAEMgclBhAAGIAEMgclBxAAGIAEMgclCBAAGIAEMgkICRAAGAoYgATSQkxNDU3MGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=suscetibilidade&oq=suscetibilidade&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyEQgAEEUYORhGGPkbGLEdGIAEMgclARAAGIAEMgclAhAAGIAEMgclAxAAGIAEMgclBBAAGIAEMgclBRAAGIAEMgclBhAAGIAEMgclBxAAGIAEMgclCBAAGIAEMgkICRAAGAoYgATSQkxNDU3MGowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)>. Acesso em 28 de junho de 2025.

TCE-PE. **Fiscalização 2024: Diagnóstico das Capacidades Municipais em Proteção e Defesa Civil de Pernambuco**. Indicador de Capacidade Municipal (ICM - TCE/PE). 2024. Disponível em: <[https://docs.google.com/document/d/10y8bB7nvMioxDK5MgR6y6UxUBXGHMrId27JtdmJAQ\\_c/preview?tab=t.0](https://docs.google.com/document/d/10y8bB7nvMioxDK5MgR6y6UxUBXGHMrId27JtdmJAQ_c/preview?tab=t.0)>. Acesso em 30 de junho de 2025.

TRAJBER, R., OLIVATO, D., MARCHEZINE, V. **CONCEITOS E TERMOS PARA A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES NA EDUCAÇÃO**. 2017. CEMADEN. Disponível em: <[https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/Conceitos\\_riscos\\_desastres\\_Trajber\\_Olivatto\\_Marchezine.pdf](https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/Conceitos_riscos_desastres_Trajber_Olivatto_Marchezine.pdf)>. Acesso em 27 de agosto de 2025.

TRATA BRASIL. **Banheiro: dignidade negligenciada**. 2024. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/banheiro-dignidade-negligenciada/>>. Acesso em 27 de junho de 2025.

TRAVASSOS, L.; SOUZA, B. I.; SILVA, A. B. **SECAS, DESERTIFICAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO BRASILEIRO**. *Revista OKARA: Geografia em Debate*, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 147–164, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/10741>>. Acesso em 10 de agosto de 2025.

YUSUF, A. A. & FRANCISCO, H. **Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia**. *Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA)*. 2009.