

EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS RELACIONADOS À ÁGUA E A CAPACIDADE ADAPTATIVA: UMA ANÁLISE ESPACIAL EM CAMPINA GRANDE/PB

Compound extreme events related to water and coping capacity: a spatial analysis in Campina Grande/PB

Eventos extremos compuestos relacionados con el agua y la capacidad adaptativa: un análisis espacial en Campina Grande/PB

Carla Caroline Alves CARVALHO – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8796-7585>
URL: <http://lattes.cnpq.br/9780387460937797>
EMAIL: carvcarolc@gmail.com

Iana Alexandra Alves RUFINO – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0450-4647>
URL: <http://lattes.cnpq.br/7751984072554691>
EMAIL: ianaalexandra@ufcg.edu.br

Higor Costa de BRITO – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4721-7197>
URL: <http://lattes.cnpq.br/3121463726712511>
EMAIL: hgorcb@gmail.com

Priscila Barros Ramalho ALVES – University of Maryland, College Park (UMD- EUA)
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3489-8552>
URL: <http://lattes.cnpq.br/4688782694423463>
EMAIL: pbralves@umd.edu



Histórico do artigo

Recebido: 18 janeiro, 2023
Aceito: 20 fevereiro, 2023
Publicado 01 junho, 2023

RESUMO

As mudanças climáticas contribuem para uma maior variabilidade e intensidade da ocorrência de eventos extremos compostos relacionados à água (secas e chuvas). O objetivo principal deste estudo é analisar espacialmente a capacidade adaptativa a eventos extremos compostos na cidade de Campina Grande, Paraíba-Brasil, que apresenta alta frequência de escassez de água e inundações. A análise espacial foi realizada a partir de uma perspectiva de resiliência urbana. Para tanto, foram aplicadas duas abordagens principais: i) suscetibilidade (espacial) a eventos extremos múltiplos e ii) índice de vulnerabilidade social (espacial). Inicialmente foram combinados dois modelos anteriores desenvolvidos para a risco ao desabastecimento de e a suscetibilidade a inundações na cidade. As áreas mais críticas de ambos os modelos são relacionadas e analisadas com um Índice de Vulnerabilidade Social, com a finalidade de avaliar a capacidade adaptativa, necessária para a construção da resiliência urbana indicando as áreas mais crítica onde a capacidade adaptativa leva a uma maior resiliência urbana. Os resultados indicam que maior suscetibilidade a eventos extremos e maiores vulnerabilidades sociais geram uma exposição mais significativa aos impactos dos perigos, ou seja, áreas com critérios hidráulicos e socioeconômicos desfavoráveis, como a não disposição de infraestrutura urbana de drenagem e baixa capacidade de reservação associadas a baixas rendas domiciliar e altas densidades demográficas. Esses

achados revelam como uma baixa capacidade adaptativa necessita de maior atenção às políticas públicas e ações mitigadoras para aumentar a resiliência por meio de um melhor planejamento, gestão, melhorias de infraestrutura e ações de monitoramento.

Palavras-chave: Resiliência urbana; Vulnerabilidade social; Capacidade Adaptativa; Escassez de água; Inundações.

ABSTRACT

Climate change contributes to greater variability and intensity in the occurrence of compound extreme events related to water (droughts and rains). The main objective of this study is to spatially analyze the adaptive capacity to compound extreme events in the city of Campina Grande, Paraíba-Brazil, which has a high frequency of water shortages and floods. The spatial analysis was carried out from an urban resilience perspective. To this end, two main approaches were applied: i) susceptibility (spatial) to multiple extreme events and ii) social vulnerability index (spatial). Initially, two previous models developed for the risk of water shortages and susceptibility to flooding in the city were combined. The most critical areas of both models are related and analyzed with a Social Vulnerability Index, in order to assess the adaptive capacity, necessary for building urban resilience, indicating the most critical areas where adaptive capacity leads to greater urban resilience. The results indicate that greater susceptibility to extreme events and greater social vulnerabilities generate a more significant exposure to the impacts of hazards, that is, areas with unfavorable hydraulic and socioeconomic criteria, such as the lack of urban drainage infrastructure and low reserve capacity associated with low household incomes and high demographic densities. These findings reveal how a low adaptive capacity needs greater attention to public policies and mitigating actions to increase resilience through better planning, management, infrastructure improvements and monitoring actions.

Keywords: Urban resilience; Social vulnerability; Coping Capacity; Water shortages; Floods.

RESUMEN

El cambio climático contribuye a una mayor variabilidad e intensidad en la ocurrencia de eventos extremos compuestos relacionados con el agua (sequías y lluvias). El objetivo principal de este estudio es analizar espacialmente la capacidad de adaptación a eventos extremos compuestos en la ciudad de Campina Grande, Paraíba-Brasil, que tiene una alta frecuencia de escasez de agua e inundaciones. El análisis espacial se realizó desde una perspectiva de resiliencia urbana. Para ello, se aplicaron dos enfoques principales: i) susceptibilidad (espacial) a múltiples eventos extremos y ii) índice de vulnerabilidad social (espacial). Inicialmente, se combinaron dos modelos anteriores desarrollados para el riesgo de escasez de agua y susceptibilidad a inundaciones en la ciudad. Las áreas más críticas de ambos modelos se relacionan y analizan con un Índice de Vulnerabilidad Social, con el fin de evaluar la capacidad adaptativa necesaria para construir resiliencia urbana, indicando las áreas más críticas donde la capacidad adaptativa conduce a una mayor resiliencia urbana. Los resultados indican que una mayor susceptibilidad a eventos extremos y mayores vulnerabilidades sociales generan una exposición más significativa a los impactos de las amenazas, es decir, áreas con criterios hidráulicos y socioeconómicos desfavorables, como la falta de infraestructura de drenaje urbano y baja capacidad de reserva asociada con baja ingresos familiares y altas densidades demográficas. Estos hallazgos revelan cómo una baja capacidad de adaptación necesita una mayor atención a las políticas públicas y acciones de mitigación para aumentar la resiliencia a través de una mejor planificación, gestión, mejoras de infraestructura y acciones de monitoreo.

Palabras clave: Resiliência urbana; Vulnerabilidade social; Capacidad de enfrentamento; Escassez de agua; Inundaciones.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos do aquecimento global e das ações humanas tendem a aumentar a frequência e a intensidade de eventos extremos em todo o planeta. Segundo o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), na América do Sul, diferentes áreas serão afetadas com destaque para o aumento de secas, precipitações extremas e inundações.

Estima-se uma maior probabilidade de ocorrência de eventos extremos mensais de alta temperatura, com aumento de 2°C em todas as regiões do mundo, além de aumento de precipitação extrema em mais de 85% da superfície terrestre (WIEL, BINTANJA; 2021). Neste cenário, cresce a probabilidade de ocorrência de eventos extremos recordes, e de eventos extremos compostos (FISCHER et al., 2021; HEROLD et al., 2021, ZSCHEISCHLER et al., 2020).

Além disso, as áreas com maior potencial de impacto são aquelas onde estão localizados os centros urbanos, que têm interferência na provisão sustentável de serviços essenciais como saneamento e transporte, (PHILLIPS et. al., 2018; DHIMAN et al., 2019; OTTO et al.; 2018). A população em situação de vulnerabilidade social é mais afetada, dada a sua menor capacidade de resiliência a tais situações (JI et al., 2022; JOHANNESSEN e WAMSLER, 2017; DONG et al., 2017).

A capacidade adaptativa pode ser definida como “a capacidade de uma comunidade de aprender com as experiências passadas para se preparar, ajustar e reduzir os impactos de futuros eventos extremos” (MARTÍN e PANEQUE, 2022). Reflete a busca por respostas adaptativas tanto por ações do estado quanto de sua população para se adaptar e se recuperar quando um evento extremo acontece. Para isso, estudos destacam a necessidade de promover a redução de vulnerabilidades por meio da aplicação de ações de mitigação que promovam avanços na resiliência urbana (BERNAT, 2019; ENGSTRÖM et al., 2020). Por esse motivo, estudos sobre eventos extremos e adaptação são cruciais para tomadores de decisão e formuladores de políticas associados aos diversos setores sensíveis ao clima (LANDRUM e HOLLAND, 2020).

O Brasil, localizado na América do Sul, possui uma das maiores reservas de água do mundo, mas também experimentou severa escassez de água em todas as regiões ao longo de sua história (ROSSI et al., 2021). No país, 85% dos desastres naturais estão relacionados a chuvas extremas ou à falta delas, com maior frequência de secas e

inundações (TRAVASSOS et al., 2020; CEMADEN, 2019). Mais de 78% dos cidadãos brasileiros já foram afetados por alguma seca, enquanto as enchentes e movimentos de massa geraram o maior número de mortes (Souza; Oliveira, 2019). A mortalidade por eventos extremos de inundações e secas é 15 vezes maior para países classificados como altamente vulneráveis em comparação com aqueles classificados como de baixa vulnerabilidade (BIRKMANN et al., 2022).

Portanto, este artigo tem como objetivo realizar uma análise espacial da capacidade adaptativa a eventos extremos compostos na cidade de Campina Grande, Paraíba – Brasil, que é a segunda maior cidade do interior do Nordeste, caracterizando-se como um polo regional. A população da cidade está exposta a múltiplos perigos, ou seja, escassez histórica de água de longa duração (CORDÃO et al., 2020; DEL GRANDE et al., 2016; DUARTE et al., 2018) e inundações (ALVES et al., 2018; SILVA e ARAÚJO, 2016; DANTAS et al., 2015).

Para o efeito, este estudo apresenta uma análise cruzada de um modelo de risco de desabastecimento de água (CORDÃO et al., 2020) e um modelo de risco de inundações (ALVES et al., 2018). Além disso, também são realizados mapeamentos de suscetibilidade e vulnerabilidade a riscos múltiplos para embasar um modelo espacial de capacidade adaptativa a eventos extremos sob a ótica da resiliência urbana na cidade de Campina Grande.

Dessa maneira, o artigo está organizado da seguinte forma: primeiramente, são apresentados os impactos causados por eventos extremos de secas e inundações, seguidos de um referencial teórico e conceitual sobre vulnerabilidade, suscetibilidade, capacidade adaptativa e resiliência. As seções a seguir descrevem a cidade de Campina Grande, as etapas metodológicas e os resultados. A discussão é então apresentada no contexto dos impactos gerados pelos múltiplos eventos em um contexto de desigualdade social, mostrando diferentes níveis de capacidade adaptativa.

2 EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS: SECAS E CHUVAS

Em termos meteorológicos ou climáticos, os eventos extremos são desvios que ocorrem em escalas de tempo que variam de dias a milênios e podem ocorrer de diversas formas, por exemplo, inundações, secas prolongadas, ondas de calor, tufões e tornados (MARENGO, 2009). Conforme cresce a frequência de ocorrência de eventos extremos, torna-se mais provável que eventos diferentes coincidam (HEROLD et al., 2021).

São denominados de eventos compostos quando dois ou mais eventos extremos acontecem simultaneamente ou sucessivamente, ou seja, é quando diferentes eventos extremos combinados implicam na amplificação de impactos, ou até quando eventos individuais concomitantes e que não são extremos levam tanto a um evento quanto a impacto considerado extremo, induzindo a riscos sociais e ambientais maiores (ZSCHEISCHLER et al., 2020). Apesar de representarem perigos mais fortes do que aqueles causados por eventos isolados, ainda se sabe pouco sobre os eventos compostos ou multivariados, comparado as investigações de eventos separados, configurando-se como uma literatura recente mas que tem despertados interesse crescente (VOGEL et al., 2020, GIMENO-SOTELO e GIMENO, 2022).

As mudanças climáticas associadas ao crescimento da urbanização trazem novos desafios para a sustentabilidade e resiliência das cidades, especialmente no que diz respeito a secas extremas e eventos de chuvas intensas, pois muitas cidades no mundo enfrentam problemas relacionados tanto a inundações quanto a longos períodos de seca que afetam a segurança hídrica local (BATALINI et al., 2021).

A seca é um período prolongado com um nível de precipitação abaixo da média, resultando em escassez de água. Pode durar meses ou anos, tem início lento o que dificulta a percepção e previsão com precisão de seu início ou término (CUNHA et al., 2019). Entre as consequências da seca estão o comprometimento da segurança hídrica, que gera interferência na segurança alimentar e energética, na higiene e no saneamento, o que contribui para a proliferação de doenças, deterioração da rede de abastecimento e surgimento de conflitos pelo uso da água (DINIZ, 2019).

A vulnerabilidade a impactos severos associados a eventos de seca é complexa de avaliar e depende de muitos fatores, como exposição do setor, contexto geográfico, sistemas agrícolas, vulnerabilidade local e populações sob análise (MEZA et al., 2019). Nas cidades, a vulnerabilidade à escassez de água não atinge a população de forma homogênea, de modo que as desigualdades sociais são ratificadas nesse contexto.

Os eventos extremos de chuva, por sua vez, podem variar de tempestades locais a ciclones tropicais, de modo que chuvas intensas podem ocorrer de minutos a dias, tendo como principais consequências diretas inundações e deslizamentos de terra (PERKINS-KIRKPATRICK, 2018). Dentre elas, a inundação urbana é considerada uma das os principais desafios globais do século XXI, pois as tendências das mudanças climáticas alteram o microclima urbano, intensificando a formação de ilhas de calor que implicam em maior variabilidade climática nesses locais e tornam as chuvas mais severas (POUR et al.,

2020).

Além disso, há a ocupação desordenada das margens dos rios devido à falta de planejamento do uso do solo e aumento da impermeabilização do solo por processos construtivos sem drenagem adequada (AL-RUZOUQ et al., 2019). Portanto, as inundações urbanas causam diversos impactos nos sistemas humanos e ambientais; que representam riscos à vida, danos em edifícios e falhas de infraestrutura, como redes de transporte e eletricidade (O'DONNELL e THORNE, 2020). Além disso, há a contaminação dos recursos hídricos que, por sua vez, aumentam os riscos de propagação de doenças e, a longo prazo, as interrupções causadas por inundações podem ter consequências econômicas que repercutem além das fronteiras das áreas afetadas (HAMMOND et al. 2015).

3 ESTRUTURA CONCEITUAL

O trabalho pressupõe o entendimento de que a diminuição da vulnerabilidade e suscetibilidade a múltiplos eventos extremos contribui para o aumento da capacidade de enfrentamento. Todos esses conceitos correlatos interferem na formação da resiliência a eventos extremos como um conceito mais amplo.

3.1 Suscetibilidade

A suscetibilidade é a probabilidade de quanto um indivíduo está exposto ao risco independentemente dos fatores sociais (GIRÃO et al., 2018). Portanto, em situações de alta vulnerabilidade, a população pode se tornar mais suscetível aos impactos do evento extremo, com maior necessidade de resiliência ou de adquirir capacidade de adaptação e redução dos danos (IPCC, 2014).

Os principais fatores considerados para caracterizar a suscetibilidade à seca são o índice de aridez, erosão, uso da terra, salinidade e textura do solo, dias de precipitação, proximidade de rios, lençóis freáticos e declividade (MOKARRAM et al., 2020). No caso de uma análise de suscetibilidade a inundações em áreas urbanas, fatores como precipitação diária máxima anual, frequência de tempestades, elevação, declividade, topografia, umidade do solo, distâncias de corpos d'água, densidade de drenagem e distância a estradas e acessos a vias são frequentemente usado (ZHAO et al., 2021; ZENG et al., 2021).

Portanto, os impactos dos eventos extremos também estão relacionados à

vulnerabilidade social. Mesmo quando esses eventos afetam toda uma população, as comunidades mais vulneráveis sofrerão mais impactos, pois geralmente estão mais expostas e vulneráveis.

3.2 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é um conceito multidimensional. Em geral, indica as condições dadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas a serem afetados por ameaças (UNDRR, 2017; IPCC, 2014).

A dimensão da vulnerabilidade social está vinculada às noções de desenvolvimento humano, exclusão, pobreza, necessidades básicas não atendidas e falhas na oferta de bens e serviços públicos, configurando condições para além da análise monetária (IPEA, 2015). Fatores pessoais podem indicar a presença de vulnerabilidades, como raça, gênero, idade, deficiência e escolaridade, mas não necessariamente levam a elas. Estas características dizem respeito ao contexto social, hierarquias de poder, discriminação e existência ou não de serviços de apoio social (MORSUT et al., 2022).

Todo esse contexto contribui para que a população em situação de vulnerabilidade social seja menos capaz de resistir a eventos extremos, pois, em geral, essas pessoas não possuem poupança, suas casas são frágeis e localizadas em áreas de maior risco, o seguro privado é inacessível e os recursos de adaptação são distribuídos de forma desigual (PELLING e GARSHAGEN, 2019). Vulnerabilidade é a tendência ou disposição de ser afetado desfavoravelmente por um perigo (IPCC, 2014). Apesar dessa tendência, a vulnerabilidade social não é permanente e é dinâmica e situacional, mudando ao longo do tempo e do espaço de acordo com as tendências históricas.

3.3 Capacidade adaptativa

A vulnerabilidade inclui suscetibilidade e falta de enfrentamento e capacidade adaptativa. Por outro lado, a capacidade adaptativa ajuda a reduzir os níveis de exposição e suscetibilidade, diminuindo a vulnerabilidade (THOMAS et al., 2019). Melhorar a capacidade de adaptação urbana é, portanto, melhorar a capacidade que uma comunidade tem de aprender com as experiências passadas, se preparar e se ajustar melhor para reduzir os impactos de eventos extremos futuros (MARTÍN e PANEQUE, 2022).

Assim, um sistema urbano com melhor capacidade de adaptação tem maior probabilidade de ser resiliente ao estresse climático (HU e HE, 2018; ARAYA-MUÑOZ et al., 2016). Nesse sentido, todos os indivíduos da cidade devem adquirir a capacidade de se recuperar e se adaptar para minimizar as perdas econômicas, ambientais e sociais (RANI et al., 2018). Portanto, para construir essa capacidade adaptativa, as cidades precisam não apenas melhorar os resultados resilientes, sustentáveis e habitáveis, mas também incluir a consolidação de elementos específicos necessários para superar eventos climáticos extremos, como informações climáticas, planos preventivos e de resposta e investimentos em infraestrutura (TRAVASSOS et al., 2021).

Nota-se que essa capacidade adaptativa às mudanças climáticas está integrada em muitos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, apresentados pela Organização das Nações Unidas (PNUD, 2020), especialmente aqueles associados ao crescimento socioeconômico (Objetivo 8) e à ação climática (Objetivo 13). A adoção de práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) é importante para essa abordagem, pois seus benefícios variam de acordo com seus propósitos (BATALINI et al., 2021).

Portanto, são necessárias medidas de adaptação que vão além das práticas convencionais, apenas de infraestrutura, como barreiras de inundação mais altas, que geralmente são de alto custo e difíceis de implementar e promover a construção de resiliência. Para cidades localizadas em países em desenvolvimento, como Campina Grande-Brasil, existem muitas fragilidades quanto à prevenção. Em geral, as práticas adotadas foram pós-desastre, em memória de eventos passados para evitar situações como enchentes, deslizamentos de terra e outros impactos relacionados a eventos extremos (TORRES et al., 2020).

3.4 Resiliência

Um dos conceitos mais gerais sobre resiliência é o adotado pela Redução de Risco de Desastres das Nações Unidas (UNDRR, 2017), que a define como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade, que, diante da exposição a perigos, tem que resistir, absorver, acomodar, adaptar, transformar e se recuperar dos efeitos de um perigo, para que seja possível preservar e restaurar suas estruturas essenciais por meio da gestão de riscos.

No entanto, a resiliência não é apenas uma habilidade já existente, mas é o processo de ajustes, adaptações e mudanças proativas e/ou reativas feitas na vida

cotidiana, especificamente por meio de riscos e crises (MORSUT et al., 2022). Portanto, para alcançar a resiliência em um território, é necessário reduzir as vulnerabilidades, buscar avanços na capacidade de aprendizagem social e institucional e investir em governança territorial e ações mitigadoras que promovam avanços na resiliência urbana (BRUNETTA e SALATA, 2019; BERNAT, 2019).

Assim, desenvolver indicadores que relacionem vulnerabilidade e capacidade de adaptação são importantes para analisar tais vulnerabilidades e, assim, apontar alternativas para aumentar a capacidade adaptativa para diferentes escalas de tempo (PHILLIPS, 2015). Essas alternativas devem considerar não apenas a modificação das concepções de infraestrutura, mas também a governança por meio de ações intersetoriais que permitam ao governo e à sociedade atuarem conjuntamente no desenvolvimento de medidas de redução de riscos associados a eventos extremos, de forma que o planejamento considere as peculiaridades locais, estruturas sociais, experiências passadas, e a cultura das populações afetadas (SENA e BARCELOS, 2019; KIM et al., 2018).

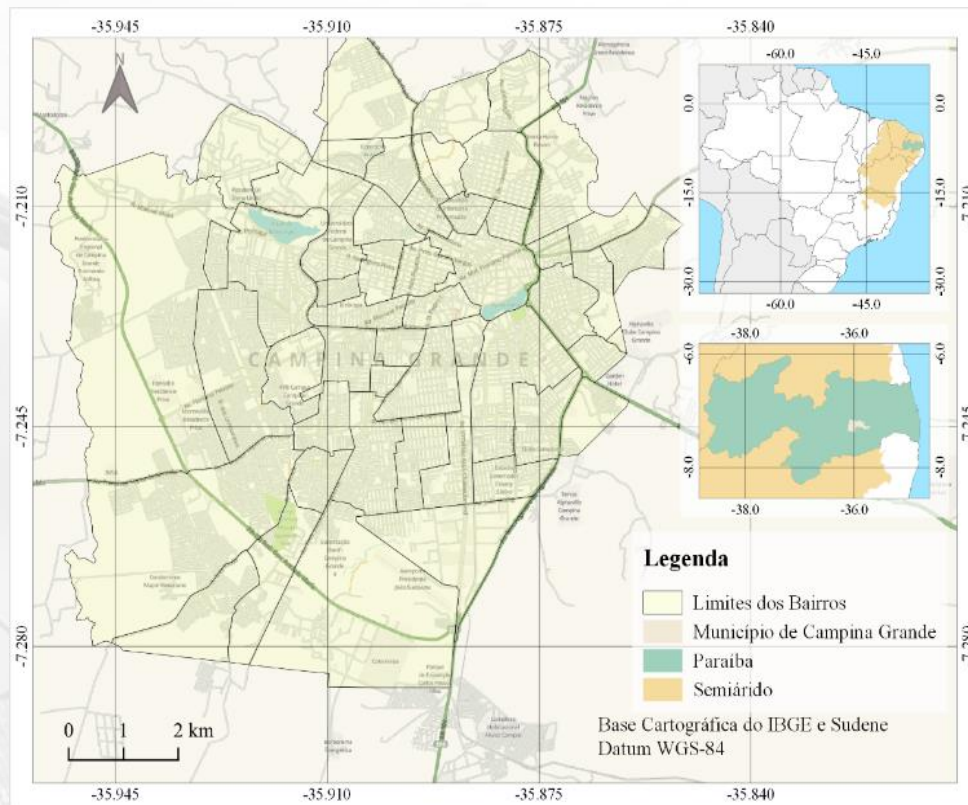
4 ESTUDO DE CASO: UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE NO BRASIL

A cidade de Campina Grande está localizada no estado da Paraíba, situada na região Nordeste do Brasil (Figura 01). A cidade está inserida em uma zona de transição entre o litoral e o sertão, situada no Planalto da Borborema, planalto com altitudes entre 337m e 665m acima do nível do mar. A precipitação média anual é de 850,5 mm (LIMA et al.; 2017), com temperatura média de 23,3 °C (mínima: em torno de 18,4 °C e máxima em torno de 30,9 °C). Todos esses fatores contribuem para um clima mais ameno (MEDEIROS; et al., 2011).

Campina Grande é considerada uma cidade de porte médio na gestão territorial do país (IBGE, 2020), e assim classificada por influenciar outras cidades de seu estado e de estados próximos. Apresenta uma população de 418.140 habitantes (IBGE, 2022). Assim, Campina Grande se destaca na rede urbana regional como polo de serviços, educação, saúde, comércio e indústria (ARAÚJO, 2016; NASCIMENTO, 2019).

O abastecimento da cidade é proveniente do reservatório Epitácio Pessoa, conhecido como "Boqueirão" (município homônimo onde está localizada a barragem), localizado a 40 km de distância, com capacidade máxima de volume de 411,69 milhões de m³, fornecendo água também para outros 26 municípios (AES, 2019).

Figura 01 - Localização de Campina Grande (PB)



Fonte: Autores (2023).

Mediante o longo período de estiagem vivenciado no Nordeste, entre 2010 e 2017, diversas medidas de racionamento de água foram adotadas, porém o reservatório chegou aos menores valores de volume de água acumulada em sua história, aproximadamente 12 hm³ (2,9%) em março de 2017, o que tornou a utilização das vazões provenientes do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) mais urgentes (GONDIM et al., 2017). Vale ressaltar que a suscetibilidade ao desabastecimento é um problema recorrente na história da cidade (Duarte, et al.2018), se evidencia tanto por questões operacionais, demográficas ou geográficas (CORDÃO et al., 2020) quanto por questões sociais e renda (DEL GRANDE et al., 2016).

Além disso, as deficiências na gestão dos recursos hídricos integradas ao planejamento urbano também se estendem à estação chuvosa. Enchentes e desabastecimentos são frequentes em Campina Grande, causando impactos econômicos, ambientais e sociais (SANTOS e CARVALHO, 2017; ALVES et al., 2018; SILVA e ARAÚJO, 2021; DANTAS et al., 2015). Ou seja, frequentemente acontecem dois eventos extremos na cidade, que repercutem em diversos impactos.

5 METODOLOGIA

Os passos metodológicos para um Mapa de Capacidade adaptativa (CCMap) são baseados em análises espaciais em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram aplicadas duas abordagens principais: i) suscetibilidade (espacial) a eventos extremos múltiplos e ii) índice de vulnerabilidade social (espacial). A suscetibilidade a eventos extremos é baseada em modelos de risco de escassez de água (CORDÃO et al., 2020) e suscetibilidade a inundações (ALVES et al., 2018) publicados anteriormente. O índice de vulnerabilidade social utilizou os últimos dados censitários disponíveis (IBGE, 2010). A visão geral dos procedimentos metodológicos desenvolvidos neste artigo é apresentada na figura 02.

Figura 02 – Modelo espacial de capacidade adaptativa a eventos extremos



Fonte: Autores (2023).

5.1 Modelagem de perigos para eventos extremos múltiplos

A modelagem de perigos extremos foi realizada em duas fases principais. Primeiramente, foram analisados os modelos de risco de desabastecimento de água – RDA (CORDÃO et al., 2020) e suscetibilidade a inundações – SUI (ALVES et al., 2018). A segunda fase é a combinação de RDA e SUI usando a linguagem de programação R (TEAM

et al., 2013). O principal objetivo da sobreposição é identificar áreas onde havia alta suscetibilidade a múltiplos eventos extremos. Considera-se assim a combinação de situações de alta exposição e risco a secas e cheias, um indicador inicial de áreas em que a resiliência tem sido uma necessidade constante.

Portanto, uma reamostragem foi realizada, mantendo ambos os mapeamentos na mesma resolução espacial (5x5 metros). Em seguida, foi executado um processo de reclassificação para melhor padronização do número de classes para permitir uma tabulação cruzada mais eficiente. Em seguida, os modelos foram submetidos a um processo de reclassificação para uma melhor padronização do número de classes, de forma a permitir uma tabulação cruzada mais eficiente entre os dois modelos. Neste caso, quatro classes foram estabelecidas, atribuindo-se valores numéricos e qualitativos (valor “0” refere-se à categoria “muito baixa” e valor “4” à categoria “muito alta”).

O conceito de tabulação cruzada de dados (PONTIUS JR, 2006) foi utilizado para permitir uma sobreposição mais precisa. Assim, áreas com altos valores de suscetibilidade a inundações e risco de escassez hídrica foram consideradas as mais críticas de suscetibilidade a eventos extremos (EES).

A tabulação cruzada resultou na matriz 5x5, onde o número do par (m, n) refere-se ao risco de escassez de água (m) e suscetibilidade a inundações (n). Por exemplo, o valor de 2,3 representa um pixel com risco médio de escassez de água e alta suscetibilidade a inundações. Para as próximas etapas metodológicas foram consideradas apenas as áreas críticas de suscetibilidade: crítica moderada, crítica severa e crítica excepcional.

Com base nos pressupostos conceituais, foi desenvolvida uma análise espacial das três classes de EES, além de uma avaliação analítica das causas, consequências e impactos. São apresentadas propostas mitigadoras de curto, médio e longo prazos na perspectiva de que a redução da suscetibilidade contribui para melhorar a capacidade adaptativa e, portanto, a resiliência aos extremos eventos.

No entanto, como ambos os modelos têm forte base biofísica, há necessidade de verificar os aspectos sociais ligados à resiliência e à capacidade de enfrentamento. A principal premissa é que áreas com maior vulnerabilidade social tendem a ter maior percepção de um desastre do que outras áreas, ou seja, é possível que mesmo em áreas com o mesmo nível de exposição ao risco, a capacidade adaptativa seja maior ou menor de acordo com as condições socioeconômicas. (IPCC, 2014; ANA, 2016; PHILLIPS, 2015; RANI et al., 2018).

5.2 Índice de Vulnerabilidade Social

Diversos índices de vulnerabilidade social são elaborados em estudos científicos na perspectiva de analisar essa condição como elemento potencializador dos impactos causados por eventos extremos. Embora sejam diferentes entre si; a semelhança entre eles está no uso de dados censitários para compor subindicadores que caracterizam aspectos socioeconômicos, demográficos, urbanísticos e sanitários (DOMINGUEZ et al., 2021; SALAM et al., 2021; SANTOS, 2015; LIMA e BONETTI, 2018; Santos et al., 2017).

Uma referência importante a ser considerada no Brasil é o Índice de Vulnerabilidade Social desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015) para os municípios brasileiros com base em informações de pesquisas censitárias do IBGE: os Censos Demográficos de 2000 e 2010 e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). O SVI reúne 16 indicadores em três dimensões de análise: SVI Infraestrutura Urbana, SVI Capital Humano e SVI Renda e Trabalho.

Este estudo desenvolveu uma adaptação simplificada do SVI (IPEA, 2015), detalhado na Tabela 01. As informações do último Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) foram utilizadas para o município de Campina Grande, na escala do setor censitário, para identificar as áreas em que a população tem maior dificuldade de lidar e se adaptar aos impactos das secas e enchentes. Vale ressaltar que a realidade atual pode ser melhor representada com os dados da próxima publicação do censo, prevista para 2022 (devido aos atrasos da pandemia de COVID).

Tabela 01 – Índice de Vulnerabilidade Social – SVI

| Indicador | Variável (IBGE-2010) | Peso |
|---|---|-------------|
| Econômico (IEC) | Domicílios com renda per capita de até 1/2 salário | 0,25 |
| | Domicílios improvisados | |
| | Domicílios cujos moradores não são os proprietários | |
| Social (ISC) | Pessoas com 5 anos ou mais analfabetas | 0,25 |
| | Número de crianças | |
| | Número de idosos | |
| Demográfico (IDM) | Densidade Demográfica (hab/m ²) | 0,25 |
| | Domicílios com 5 moradores ou mais | |
| Saneamento e Infraestrutura urbana (ISIU) | Domicílios particulares permanentes que não tem acesso a rede de água | 0,25 |
| | Domicílios com destino do lixo inadequado | |
| | Domicílios com esgotamento sanitário | |
| | Domicílios onde não existe bueiro /boca-de-lobo | |
| | Domicílios onde existe esgoto a céu aberto | |
| | Domicílios onde existe pavimentação | |

Fonte: IBGE, 2010.

Cada indicador de vulnerabilidade social é a média das variáveis analisadas. De

acordo com a composição do SVI (IPEA, 2015), os pesos dos indicadores devem ser os mesmos (0,25), assumindo que retratam uma condição equivalente de vulnerabilidade social, independentemente de sua variância ou correlação entre eles. A partir daí, obtém-se um SVI com valores que variam de 0 a 1, espacializados em cinco classes: 0 a 0,4 - baixo, 0,4 a 0,5 - moderado, 0,6 a 0,7 - alto, 0,7 a 0,8 - muito alto, 0,8 a 1 - crítico.

5.3 Análise da capacidade adaptativa

Quando a vulnerabilidade social é alta, haverá baixa capacidade adaptativa (Figura 01); além disso, a capacidade adaptativa contribui para reduzir os níveis de exposição e suscetibilidade, o que, por sua vez, diminui a vulnerabilidade (THOMAS et al., 2019). Com base nesses pressupostos, foi proposto o mapeamento da capacidade adaptativa a eventos extremos para o município de Campina Grande, a partir da sobreposição do IVS e das áreas do EES por meio do cruzamento de mapas.

Para isso, considerou-se pelo menos uma das classes críticas de suscetibilidade quanto à variação do índice de vulnerabilidade. Assim, a presença de pelo menos uma das classes de suscetibilidade crítica e simultaneamente uma baixa vulnerabilidade social indicam, por exemplo, uma capacidade adaptativa "muito alta", enquanto para uma vulnerabilidade social crítica, a capacidade adaptativa é "muito baixa". Os pixels receberam valores de 0,2 a 0,4 para as três respectivas classes do mapa de suscetibilidade crítica, enquanto as áreas não avaliadas receberam o valor de 0,1. Da mesma forma, as cinco classes do mapa IVS foram reclassificadas, recebendo valores de 1 a 5, sendo 1 como baixo e 5 como crítico, gerando assim uma matriz 4x5.

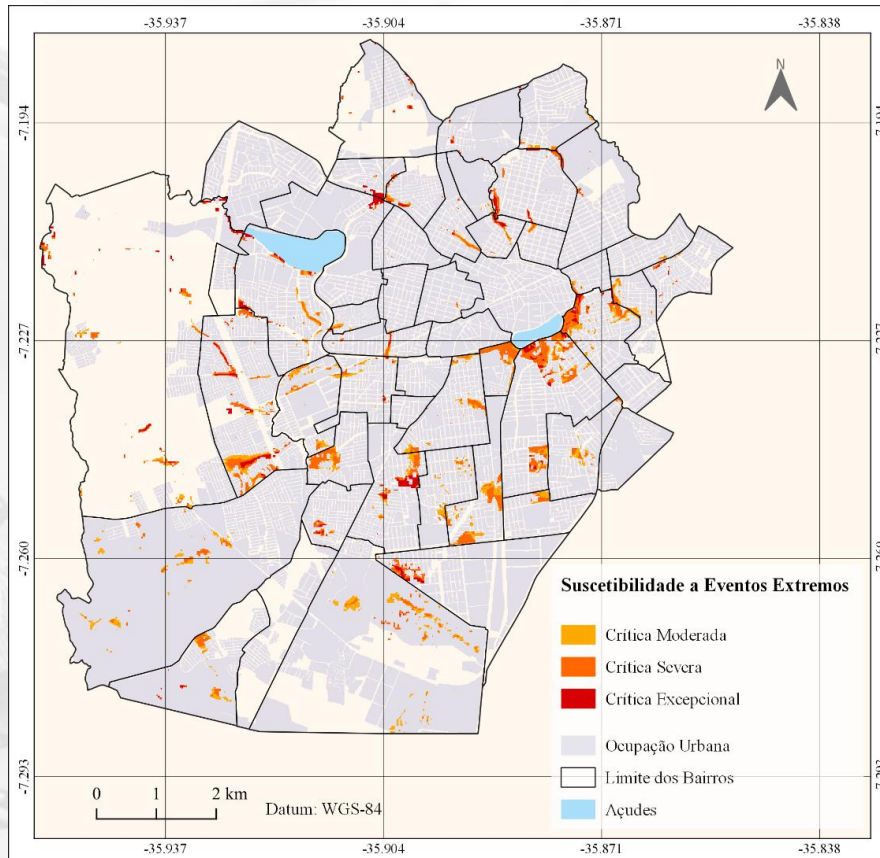
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobreposição RDA e SUI evidenciou a existência de áreas com diferentes níveis de suscetibilidade a eventos extremos, que é apresentada na figura 03 por meio de uma análise conceitual dos resultados da tabulação cruzada.

As hipóteses apontadas, embora baseadas no caso estudado, são aplicáveis a outras áreas urbanas semelhantes com elevada exposição a perigos como os analisados (seca e chuvas). Com base nas hipóteses que configuram a suscetibilidade a ambos os eventos extremos, são determinados os níveis de criticidade para as áreas da cidade e as recomendações aplicáveis a cada situação. A partir dos resultados obtidos, foram

elencadas hipóteses para uma melhor compreensão dos fatores que contribuem para as situações de suscetibilidade a eventos extremos e respectivas ações de mitigação, figura 04.

Figura 03 – Suscetibilidade a eventos extremos (EES) para o estudo de caso.

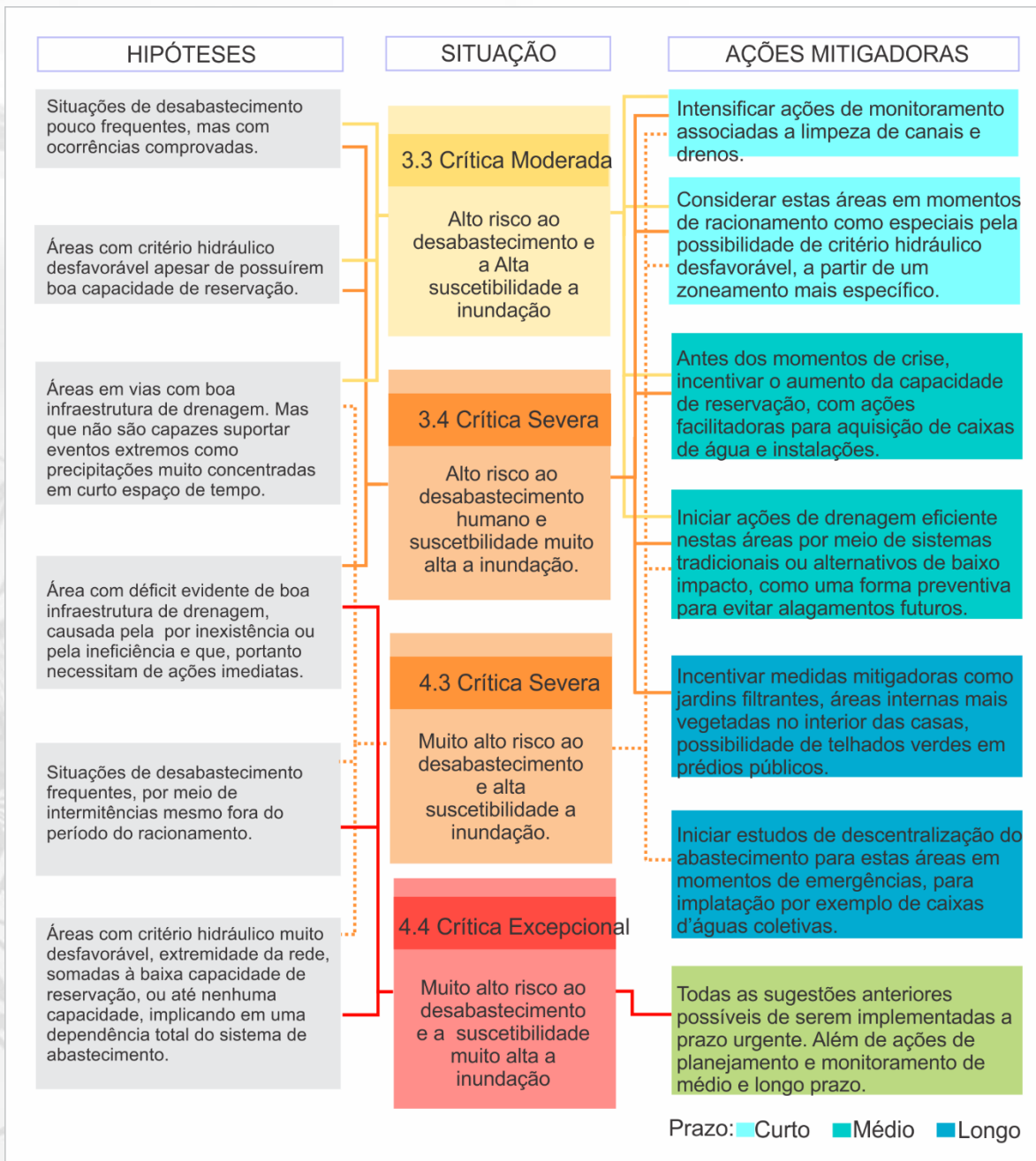


Fonte: Autores (2023).

As recomendações práticas vão desde intervenções em infraestruturas de abastecimento de água e drenagem urbana (soluções estruturais), até ações de monitoramento e planejamento que impliquem na melhoria da governança por meio de uma ação colaborativa entre gestores e população para a redução dos impactos associados a secas e inundações (não estruturais). soluções) (TRAVASSOS et al., 2021; LEAL FILHO et al., 2019, BRUNETTA e SALATA, 2019; BERNAT, 2019).

As ações mitigadoras aqui propostas seguem os princípios do saneamento básico alterados pelo instrumento da legislação vigente para saneamento no Brasil, Lei nº 14.026/2020. Assim, são necessários aos planos de ordenamento do território e gestão dos recursos hídricos no âmbito do abastecimento de água urbana e do controlo de cheias urbanas (drenagem).

Figura 04 – Premissas e ações mitigadoras para suscetibilidade crítica a eventos extremos



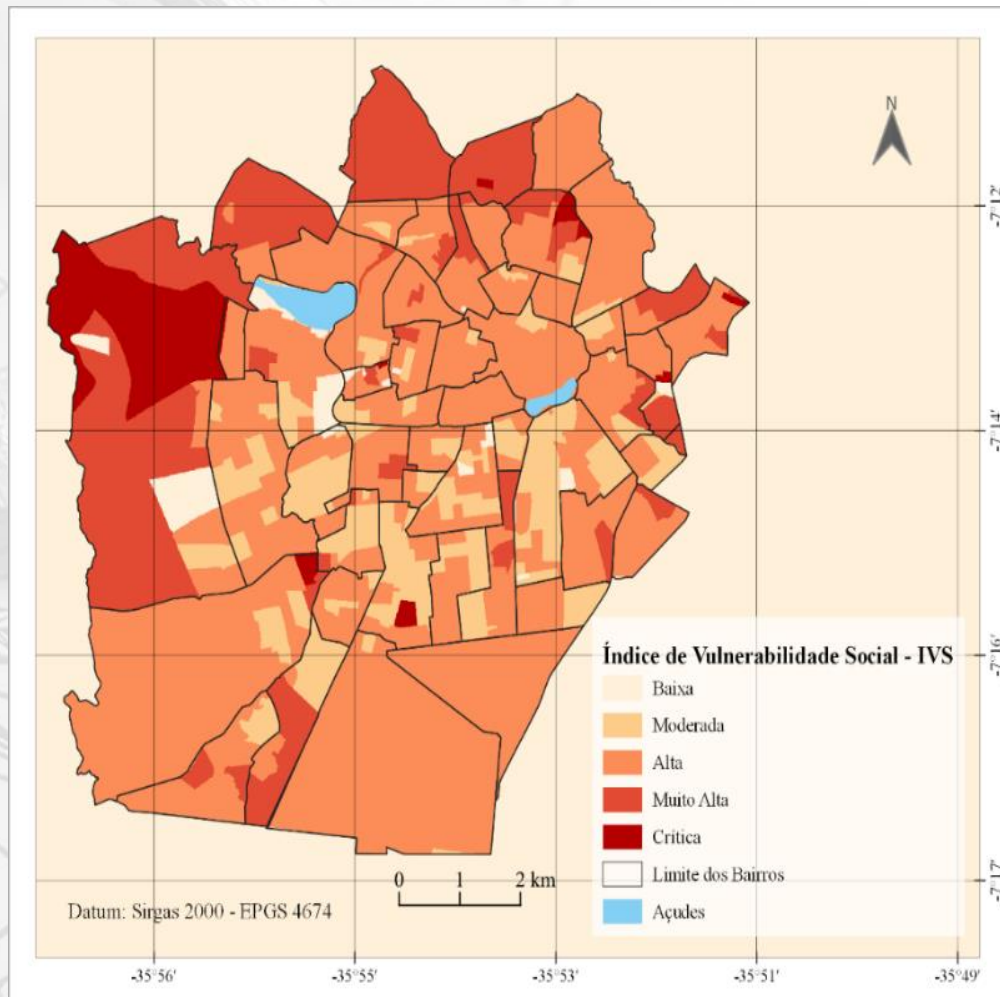
Fonte: Autores (2023).

Porém, ressaltamos a importância de observar essas ações à luz de outro aspecto importante: a vulnerabilidade social do espaço urbano. Conforme mencionado anteriormente, essa vulnerabilidade reflete um contexto de exclusão, pobreza e desigualdades sociais no acesso e oferta de determinadas infraestruturas e serviços (MORSUT et al., 2022; IPEA, 2015; ANA, 2016; IPCC, 2014). Nesse sentido, verifica-se que o mapeamento do IVS para o município de Campina Grande (Figura 05) mostra grande

parte das áreas da cidade com altos níveis de vulnerabilidade.

Os bairros periféricos localizados ao norte e oeste concentram os maiores índices. Vale ressaltar que os dados para elaboração do IVS são provenientes do Censo Demográfico de 2010, portanto o processo de formação e ocupação das áreas periféricas ainda está em processo de consolidação, o que é um fator limitante desta pesquisa.

Figura 05 - Índice de Vulnerabilidade Social de Campina Grande (PB)

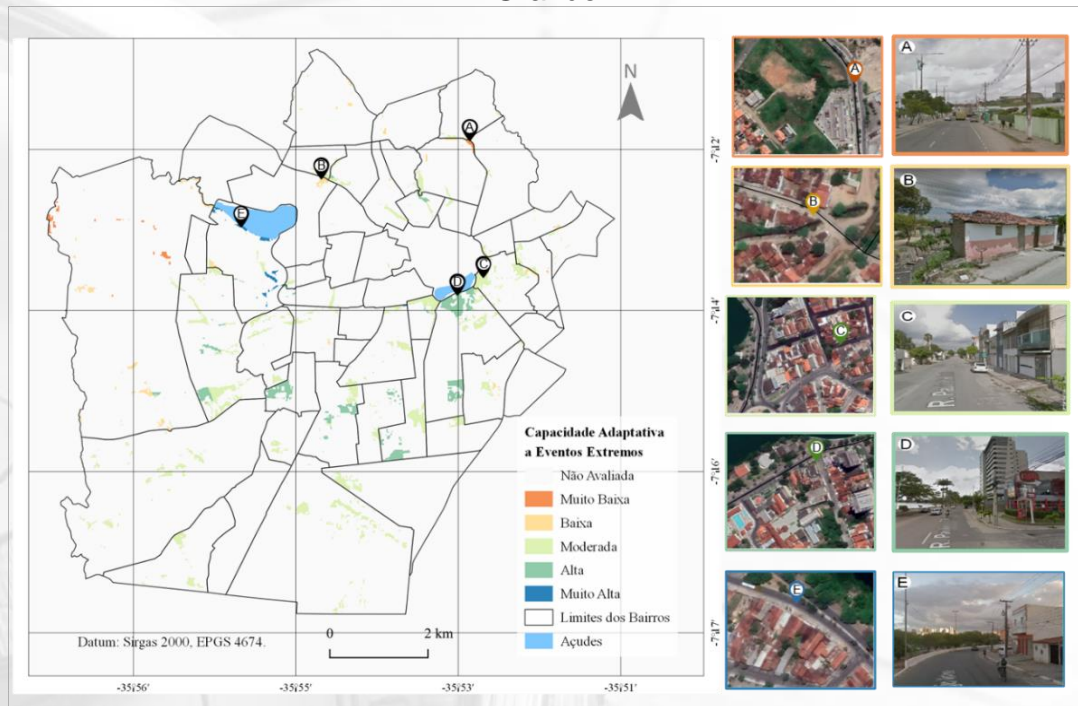


Fonte: Autores (2023).

A figura 06 apresenta uma análise cruzada entre suscetibilidade a eventos extremos e vulnerabilidade social para o caso estudado. A métrica resultante pode ser interpretada como a capacidade adaptativa aos extremos, pois uma maior exposição da população vulnerável aos efeitos negativos dos eventos analisados implica em menor capacidade adaptativa na maioria dos casos. Partindo desse pressuposto, a sobreposição

do modelo de suscetibilidade e do índice de vulnerabilidade social revela a variação da capacidade adaptativa para o estudo de caso.

Figura 06 - Mapeamento da capacidade adaptativa a eventos extremos em Campina Grande.



Fonte: Autores (2023).

As fotografias do mapa (figura 06) foram obtidas para as cinco categorias do mapa final. À medida que os pontos variam, diminuindo o índice de capacidade adaptativa, observa-se que há diminuição dos padrões construtivos, da infraestrutura urbana e do planejamento, ao mesmo tempo em que se evidenciam características de maior vulnerabilidade social, conforme previsto nos pressupostos teórico-metodológicos.

O ponto A, de baixíssima capacidade de enfrentamento, localiza-se no bairro Alto Branco. Esta avenida abriga atividades comerciais e serviços de saúde, além de uma Unidade de Pronto Atendimento. O ponto B ilustra uma baixa capacidade adaptativa e mostra uma residência simples próxima a um canal de drenagem. Localiza-se em uma área de divisa com os bairros Araxá e Jeremias, que estão em uma área mais periférica da cidade e são predominantemente domicílios de uma população vulnerável.

O ponto C, que exemplifica uma área com capacidade adaptativa moderada, está localizado no bairro José Pinheiro, em área de ocupação residencial. É um bairro histórico da cidade, representando uma nova centralidade por concentrar a oferta de diversos

comércios e serviços (OLIVEIRA, 2016).

O Ponto D está localizado no bairro do Catolé às margens do setor sul do Açude Velho (lagoa e importante vista do terreno), de pontos residenciais multifamiliares, comerciais e de serviços. Portanto, é atualmente o ponto turístico mais conhecido da cidade, tornando-se atrativo por uma concentração de investimentos em infraestrutura (SANDER et al., 2019), o que justifica a alta capacidade de enfrentamento.

O ponto E, por sua vez, exemplifica uma capacidade adaptativa muito alta. Fica próximo à Represa Bodocongó, localizada no bairro de mesmo nome. Vale considerar que embora esse setor apresente uma ocupação residencial unifamiliar de baixa renda (SANDER et al., 2019), existem equipamentos urbanos, infraestrutura de saneamento e instituições de ensino superior (universidades), que contribuem para diminuir a vulnerabilidade social índice e, portanto, aumentando sua capacidade adaptativa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a cidade de Campina Grande esteja inserida em uma região historicamente marcada por eventos de estiagem, que reverberam em áreas com escassez, em períodos chuvosos são comuns as enxurradas. Enchentes e escassez de água (causadas por longas secas) causam impactos sociais, ambientais e econômicos. Esses efeitos estão relacionados ao mau planejamento das áreas urbanas, às políticas públicas e à gestão das águas.

Nesse sentido, a simultaneidade de múltiplos eventos extremos aumenta a suscetibilidade das áreas urbanas analisadas, evidenciando a necessidade de ferramentas de planejamento que melhorem sua capacidade adaptativa e forjem a resiliência urbana a eventos extremos. É preciso aplicar ações mitigadoras de curto, médio e longo prazos, que são estabelecidas de acordo com as particularidades e criticidades de cada área, que incluem intervenções não apenas com base em critérios hidráulicos, mas também na perspectiva de planejamento e monitoramento.

Além disso, vale ressaltar que a análise espacial é fundamental para a localização dos diferentes níveis de suscetibilidade e capacidade de enfrentamento, facilitando a identificação de áreas prioritárias para melhor aplicação das ações de planejamento e manejo. Verifica-se também que as propostas e análises realizadas seguem os princípios do saneamento básico elencados na Lei 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil (PNUD, 2020), mais especificamente aqueles relacionados

ao crescimento socioeconômico (Meta 8) e ação climática (Objetivo 13).

Algumas limitações deste trabalho podem ser superadas em pesquisas futuras. Vale destacar a reavaliação dos pesos utilizados no índice de vulnerabilidade social para avaliar, junto com a população e a ciência cidadã, como está a sua percepção. Para que se possa avaliar como cada variável analisada no SVI interfere na construção de uma capacidade adaptativa mais forte e, portanto, na construção da resiliência, atualizando e inserindo mais variáveis nos dados utilizados no SVI, bem como em outros modelos usados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Nota Técnica 001/2019**. Atualização das curvas Cota x Área x Volume (CAV) de reservatórios da Paraíba. Campina Grande, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL) – ANA. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília: ANA, 2016.

AL-RUZOUQ, R.; YILMAZ, A. G.; SHANABLEH, A., BOHAROUN, Z. A.; Khalil, M. A.; IMTEAZ, M. A. Spatio-temporal analysis of urban growth and its impact on floods in Ajman City, UAE. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 11, p. 656, 2019.

ALVES, P. B. R. et al. Mapping of flood susceptibility in campina grande county-pb: a spatial multicriteria approach. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, p. 28-43, 2018.

ARAÚJO, J. de A. da S. (2016). A consolidação de um polo regional: Serviços de saúde e centralidade em Campina Grande, Paraíba. **Revista Política e Planejamento Regional**, v. 3, p. 205-220.

ARAYA-MUÑOZ, D. et al. Assessing urban adaptive capacity to climate change. **Journal of environmental management**, v. 183, p. 314-324, 2016.

BATALINI DE MACEDO, M. et al. Low Impact Development practices in the context of United Nations Sustainable Development Goals: A new concept, lessons learned and challenges. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 52, n. 14, p. 2538-2581, 2022.

BERNAT, G. B.; QUALHARINI, E. L. A Resiliência Urbana como uma Alternativa Complementar na Cidade do Rio de Janeiro. **Gestão e Gerenciamento**, v. 1, n. 5, 2019.

BIRKMANN, J. et al. Understanding human vulnerability to climate change: A global perspective on index validation for adaptation planning. **Science of The Total Environment**, v. 803, p. 150065, 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento

básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (...). 2020. Brasília.

BRASIL. Paralisação da operação do Eixo Leste do PISF para finalização das obras de recuperação nos reservatórios Poções e Camalaú. Nota Técnica nº 06/2018/CGAOH/DPE/SIH. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2018.

BRUNETTA, G.; SALATA, S. Mapping urban resilience for spatial planning—A first attempt to measure the vulnerability of the system. **Sustainability**, v. 11, n. 8, p. 2331, 2019.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Anuário da sala de situação do CEMADEN**. São José dos Campos: CEMADEN, 2017.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN (2019). **Anuário da sala de situação do CEMADEN**. São José dos Campos: CEMADEN, 2019.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Boletim da sala de situação - 1º trimestre de 2020**, v.1, n.1. São José dos Campos: CEMADEN, 2020.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Boletim de Impactos de Extremos de Origem Hidro-Geo-Climático em Atividades Estratégicas para o Brasil – 11/03/2022 ANO 05 Nº 40**. São José dos Campos: CEMADEN, 2022.

CORDÃO, M. J. de S. et al. Water shortage risk mapping: a GIS-MCDA approach for a medium-sized city in the Brazilian semi-arid region. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 7, p. 642-655, 2020.

CUNHA, A. P. MA et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C. dos; OLINDA, R. A. de. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 423-434, 2015.

DEL GRANDE, M. H. et al. A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 163-182, 2016.

DHIMAN, R. et al. Flood risk and adaptation in Indian coastal cities: recent scenarios. **Applied Water Science**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2019.

DINIZ, T. G. **Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

DOMINGUEZ, C.; JARAMILLO, A.; CUÉLLAR, P. Are the socioeconomic impacts

associated with tropical cyclones in Mexico exacerbated by local vulnerability and ENSO conditions?. **International Journal of Climatology**, v. 41, p. E3307-E3324, 2021.

DONG, Xin; GUO, Hao; ZENG, Siyu. Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. **Water research**, v. 124, p. 280-289, 2017.

DUARTE, J. G. P. et al. Secas e Impactos na Agropecuária no Município de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 289-297, 2018.

ENGSTRÖM, J.; JAFARZADEGAN, K.; MORADKHANI, H. Drought vulnerability in the United States: An integrated assessment. **Water**, v. 12, n. 7, p. 2033, 2020.

FISCHER, E. M.; SIPPEL, S.; KNUTTI, R. Increasing probability of record-shattering climate extremes. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 8, p. 689-695, 2021.

GIMENO-SOTELO, L.; GIMENO, L. Concurrent extreme events of atmospheric moisture transport and continental precipitation: The role of landfalling atmospheric rivers. **Atmospheric Research**, v. 278, p. 106356, 2022.

GIRÃO, Í. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 2018.

GONDIM, J. et al. A seca atual no Semiárido nordestino—Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

HAMMOND, M. J. et al. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 1, p. 14-29, 2015.

HEROLD, N. et al. Projected changes in the frequency of climate extremes over southeast Australia. **Environmental Research Communications**, v. 3, n. 1, p. 011001, 2021.

HU, Q.; HE, X. An integrated approach to evaluate urban adaptive capacity to climate change. **Sustainability**, v. 10, n. 4, p. 1272, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 25 de junho de 2020, <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/25089-censo-1991-6.html?=&t=o-que-e>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022. 2023**. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de influência das cidades: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>. Acesso em 25 de junho de 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2014). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva: IPCC. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.

Acesso em 25 de junho de 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Geneva: IPCC, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2021.

IPEA - Instituto de Pesquisa Economia Aplicada. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília: IPEA. Recuperado em 25 de junho de 2020, http://ivs.ipea.gov.br/images/publicacoes/lvs/publicacao_atlas_ivs.pdf.

Jl, T. et al. The Impact of Climate Change on Urban Transportation Resilience to Compound Extreme Events. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3880, 2022.

JOHANNESSEN, Å.; WAMSLER, C. What does resilience mean for urban water services?. **Ecology and Society**, v. 22, n. 1, 2017.

KIM, H. et al. Assessing urban water management sustainability of a megacity: Case study of Seoul, South Korea. **Water**, v. 10, n. 6, p. 682, 2018.

LANDRUM, L.; HOLLAND, M. M. Extremes become routine in an emerging new Arctic. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 12, p. 1108-1115, 2020.

LEAL FILHO, W. et al. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 1175-1190, 2019.

LIMA, C. O.; BONETTI, J. Proposta metodológica para adequação das informações do Censo Demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 63, n. 2, p. 122-140, 2018.

LIMA, T. L. B. de, VASCONCELOS, G. N., CASTRO, C. V. de. Pluviosidade histórica do município de Campina Grande-PB para planejamento agrícola e captação de água. In: **ii Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**, Campina Grande. Anais. Campina Grande: Realize, 2017. p. 1 - 5.

MAGALHÃES, A. (2016). Vida e seca no Brasil. In: De Nys, E.; Engle, N.L.; Magalhães, A.R. (Orgs.), **Secas no Brasil: política e gestão proativas**, p. 292. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, 2016.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. **FBDS (org) Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil**. p, p. 05-19, 2009.

MARTÍN, Y.; PANEQUE, P. Moving from adaptation capacities to implementing adaptation to extreme heat events in urban areas of the European Union: Introducing the U-ADAPT! research approach. **Journal of Environmental Management**, v. 310, p. 114773, 2022.

MEDEIROS, A. M. T de et al. Mudanças Climáticas em Campina Grande-PB-Um Estudo

Sobre o Aquecimento Urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 2, p. 278-285, 2011.

MEZA, I., et al.. **Drought vulnerability indicators for global-scale drought risk assessments: Global expert survey results report**. Publications Office of the European Union, 2019.

MOKARRAM, M. et al. Determining and forecasting drought susceptibility in southwestern Iran using multi-criteria decision-making (MCDM) coupled with CA-Markov model. **Science of the Total Environment**, v. 781, p. 146703, 2021.

MORSUT, C. et al. Linking resilience, vulnerability, social capital and risk awareness for crisis and disaster research. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, v. 30, n. 2, p. 137-147, 2022.

NASCIMENTO, A. S. do (2019). “Campina 2035”, cidade inteligente? Uma análise do processo de reestruturação urbano-regional da rm de campina Grande via “complexo aluizio campos”. In: ENANPUR, 18. 2019. **Anais...**, p. 1-28, Natal: Enanpur, Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1200>, Acesso em: 09 de novembro de 2019.

O'DONNELL, Emily C.; THORNE, Colin R. Drivers of future urban flood risk. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 378, n. 2168, p. 20190216, 2020.

OLIVEIRA, T. A. de. A conformação de novas áreas centrais em Campina Grande-PB: processo e morfologia urbana. In: XVII Encontro Nacional De Geógrafos, 18., 2016, São Luiz. **Anais....** São Luiz: Encontro Nacional de Geógrafos, 2016. 1-11. Disponível em: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1467256030_ARQUIVO_ENG_Taynan_Trabalho_Completo.pdf. Acesso em 10 de outubro de 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS/OMS. **Atuação do setor saúde frente a situações de seca**. Brasília: OPAS, Ministério da Saúde, 2015.

PELLING, M.; GARSCHAGEN, M. **Put equity first in climate adaptation**. 2019.

PHILLIPS, H. The capacity to adapt to climate change at heritage sites—The development of a conceptual framework. **Environmental Science & Policy**, v. 47, p. 118-125, 2015.

PONTIUS JR, R. G.; CHEUK, M. L. A generalized cross-tabulation matrix to compare soft-classified maps at multiple resolutions. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 1, p. 1-30, 2006.

POUR, S. H. et al. Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges. **Sustainable Cities and Society**, v. 62, p. 102373, 2020.

RANI, WNM Wan Mohd et al. Measuring urban resilience using climate disaster resilience index (CDRI). **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 42, p. 237-242, 2018.

ROSSI, J. B., et al. Análise comparativa de secas no Brasil a partir de sensoriamento remoto. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** (24.: 2021: Belo Horizonte). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2021.

SALAM, R. et al. Nexus between vulnerability and adaptive capacity of drought-prone rural households in northern Bangladesh. **Natural Hazards**, v. 106, n. 1, p. 509-527, 2021.

SANDER, R. C.; et al. Áreas Urbanas Em Beira D`Água Análise de Integração dos Açudes Velho e de Bodocongó com a Cidade de Campina Grande, PB. In: Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa em Planejamento Urbano E Regional - ENANPUR, **Anais XVIII ENANPUR 2019**. Natal: Enanpur, 2019. p. 1-20. Disponível em: <<http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1148>>. Acesso em 10 de outubro de 2022.

SANTOS, A. C. N., CARVALHO, L. E. P. Mapeamento dos municípios paraibanos atingidos por enchentes/inundações e levantamento dos instrumentos e/ou medidas de gestão de riscos: uma interpretação a partir do MUNIC/IBGE/2013. **Revista GeoSertões**, v. 2, p. 51-74, 2015.

SANTOS, J. de O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 75-90, 2015.

SANTOS, M. R. da S.; VITORINO, M. I.; PIMENTEL, M. A. da S. Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 842-854, 2017.

SENA, A. R. M. de, BARCELLOS, C. Informação sobre seca e saúde: subsídio para ações preventivas. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 6, p. 16-32, 2019.

SILVA, R. N.; ARAÚJO, S. M. S. de. riscos e vulnerabilidades socioambientais decorrentes de eventos climáticos e geomorfológicos na cidade de campina grande–pb. **Revista geosertões**, v. 5, n. 10, p. 257-276, 2021.

SOUZA, F. A. O. de; OLIVEIRA, M. M. Panorama dos danos humanos provocados por secas e cheias no Brasil e uma proposta de regionalização de investimentos na gestão de riscos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, 2019.

TEAM, R. C. et al. **R: A language and environment for statistical computing**. 2013.

THOMAS, K. et al. Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 10, n. 2, p. e565, 2019.

TORRES, P. H. C.; JACOBI, P. R.; LEONEL, A. L. Nem leigos nem peritos: o semeador e as mudanças climáticas no Brasil. **Política & Sociedade**, v. 19, n. 44, p. 17-38, 2020.

TRAVASSOS, L. et al. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2021.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION.
Terminology on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland, 2017.

VOGEL, M. M.; HAUSER, M.; SENEVIRATNE, S. I. Projected changes in hot, dry and wet extreme events' clusters in CMIP6 multi-model ensemble. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 9, p. 094021, 2020.

WIEL, K. V. D.; BINTANJA, R. Contribution of climatic changes in mean and variability to monthly temperature and precipitation extremes. **Communications Earth & Environment**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2021.

ZENG, Z. et al. Utilizing User-Generated Content and GIS for Flood Susceptibility Modeling in Mountainous Areas: A Case Study of Jian City in China. **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6929, 2021.

ZHAO, G. et al. Improving urban flood susceptibility mapping using transfer learning. **Journal of Hydrology**, v. 602, p. 126777, 2021.
