



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



NATÁLIA DUARTE DE SOUSA

**EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SOLUÇÕES BASEADAS NA
NATUREZA NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL**

JOÃO PESSOA - PB

FEVEREIRO - 2026

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA

**EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA
NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA

Coorientadora: DAISY BESERRA LUCENA

Supervisor no exterior: FRANCISCO DA SILVA COSTA

JOÃO PESSOA - PB

FEVEREIRO - 2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725e Sousa, Natália Duarte de.

Eventos extremos de chuva e soluções baseadas na natureza no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil / Natália Duarte de Sousa. - João Pessoa, 2026.

137 f. : il.

Orientação: Hamilcar José Almeida Filgueira.

Coorientação: Daisy Beserra Lucena.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Alagamentos urbanos. 2. Variabilidade da chuva.
3. Vulnerabilidade. 4. Redução do risco de desastres.
I. Filgueira, Hamilcar José Almeida. II. Lucena, Daisy Beserra. III. Título.

UFPB/BC

CDU 711.4(043)

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA

**EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA
NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Trabalho _____. João Pessoa, ____ de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira
Universidade Federal da Paraíba

Profa. Dra. Maria Cristina Basilio Crispim da Silva
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida
Universidade Federal do Rio Grande do Norte



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Centro de Ciências Exatas e da Natureza Programa de Pós-Graduação
em Desenvolvimento e Meio Ambiente
MESTRADO



Ata da 620ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de **Natália Duarte de Sousa** do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Mestrado, na área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Aos vinte e quatro dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e seis, às 14h00min, reuniram-se em Sala Virtual, nos termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação “stricto sensu” da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores(as) doutores(as): **HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA** (UFPB), orientador, **MARIA CRISTINA BASÍLIO CRISPIM DA SILVA** (UFPB), examinadora interna do Programa e **LUTIANE QUEIRÓZ DE ALMEIDA** (UFRN), examinador externo do Programa. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do presidente da banca, Prof. Dr. **HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA**, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou a discente que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada “**EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB**”. Concluída a exposição, o Prof. Dr. **HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA**, presidente, passou a palavra ao Prof. Dr. **LUTIANE QUEIRÓZ DE ALMEIDA** para arguir a candidata e, em seguida, para a Profa. Dra. **MARIA CRISTINA BASÍLIO CRISPIM DA SILVA** fazer o mesmo. Após alguns comentários sobre a defesa, o presidente da banca examinadora abriu outra Sala Virtual exclusiva para a banca examinadora, para que a mesma pudesse proceder com a avaliação da discente em sessão secreta. Na sequência, a banca examinadora atribuiu o conceito **APROVADO**, conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB N° 79/2013.

Documento assinado digitalmente



HAMILCAR JOSE ALMEIDA FILGUEIRA
Data: 25/02/2026 09:43:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. **HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA**

Presidente/Orientador

Documento assinado digitalmente



MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA
Data: 25/02/2026 13:56:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. **MARIA CRISTINA BASÍLIO CRISPIM DA SILVA**

Examinadora Interna

Documento assinado digitalmente



LUTIANE QUEIROZ DE ALMEIDA
Data: 25/02/2026 16:42:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. **LUTIANE QUEIRÓZ DE ALMEIDA**

Examinador(a) Externo(a)

PRODEMA - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

UFPB – Campus I - Caixa Postal 5122 - João Pessoa/PB – CEP: 58.051-970 - Fax/Fone: (83) 3216-7472

A todos que me incentivaram a seguir os meus sonhos, mesmo quando tudo parecia escuro e confuso, especialmente aos meus pais, Luciano e Cristina, que nunca soltaram a minha mão, Dedico.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, primeiramente, autor da vida e sentido do meu existir. Ele me fortalece e renova as minhas forças todos os dias quando o fardo é muito pesado e eu estou cansada. Quando não sei lidar com as situações, converso com Deus, entrego a Ele minhas preocupações e Ele me dá as respostas necessárias para acalmar o meu coração.

Aos meus pais, **Cristina e Luciano**, que me deram o dom da vida e sempre apoiaram os meus sonhos e, conseqüentemente, os meus estudos. Eles sempre fizeram e fazem o que podem e o que não podem por mim e pelo meu irmão. Com certeza, são os meus maiores incentivadores mesmo quando eu não acredito em mim. Por eles, sigo caminhando, pois sei que a concretização dos meus sonhos é, em parte, a realização dos sonhos deles também.

Ao meu irmão, **Rafael**, com quem aprendi a dividir a vida, mesmo quando nós éramos pequenos demais para entender e não sabíamos o significado e a importância da irmandade para enfrentar este mundo. Hoje, mais madura, percebo que irmãos que se apoiam e estão unidos conseguem enfrentar os desafios melhor, pois têm um ao outro. Assim, diversas vezes, recorri a ele para me ajudar nas dúvidas que tive durante esta jornada acadêmica.

À minha **família** de uma maneira geral, minha família materna (**Família Duarte**) e paterna (**Família Pacheco**), com quem divido os meus sonhos, anseios, angústias, tristezas e sempre recebo palavras de esperança, conforto, alegria e consolo. Sem dúvidas, a minha família, é uma das minhas maiores riquezas e não há dinheiro no mundo que pague isso. O apoio deles sempre me fortalece e me faz ir além. Especialmente, às minhas **primas Mariana e Livia**, pelas caminhadas reflexivas, os cafés no final da tarde, as saídas no final do domingo e os encontros marcados de última hora, mas que eram os melhores só para jogar conversa fora.

Aos meus **amigos e colegas da universidade** e, especialmente, à minha turma de mestrado 2024, pela relação de respeito e apoio mútuo que construímos. Pelas conversas, pelos momentos partilhados, as risadas e todos os simples momentos de encontro que eram um afago para a alma em meio a esta jornada que pode ser, muitas vezes, difícil e solitária.

Sou grata pela amizade que construí com **Andressa, Helayne e Eduarda**. Com elas, fiz trabalhos, desabafei, aconselhei e acolhi em meio à loucura que é ser mestranda, de tal forma que elas tornaram este percurso mais leve. Agradeço, especialmente, a **Andressa**, com quem construí uma amizade verdadeira para além do mestrado, dividimos muitos momentos, fomos seres humanos, choramos, rimos e nos divertimos muito juntas. Em meio à turbulência que passamos em nossas vidas pessoais durante o mestrado, nos aproximamos de uma maneira

muito natural e genuína, fazendo com que fôssemos o “ombro-amigo” e o incentivo uma da outra. Por causa disso, espero manter essa amizade para o resto da vida.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira**, pela sua orientação, por me deixar à vontade para desenvolver minha pesquisa com autonomia, pela sua paciência durante os momentos de dificuldade, pelo respeito e por todo o incentivo para que eu alçasse voos ainda mais altos. Para além de um professor excelente, ele também é um ótimo orientador, experiente, prestativo e que busca sempre o melhor para os seus orientandos. Sem dúvidas, a sua orientação e incentivo foram fundamentais para que eu conseguisse fazer o meu tão sonhado mestrado-sanduíche. Agradeço também aos seus orientandos do PIBIC e alunos da graduação pelas discussões da temática, pelas trocas de conhecimento e pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu supervisor no exterior, **Prof. Dr. Francisco da Silva**, pela receptividade, paciência e orientação durante o período de mobilidade acadêmica. À **Universidade do Minho**, *campus* Azurém, em Guimarães, Braga, Portugal, que me acolheu de setembro a dezembro de 2025. As experiências que eu vivi durante o período de intercâmbio foram, sem dúvidas, muito valiosas para mim. Pude conhecer outros professores, pesquisadores, uma nova universidade, um novo país e uma nova cultura. Amadureci muito como pesquisadora, estudante, pessoa e profissional. E ainda fiz novas amizades que levarei para o resto da vida.

Agradeço imensamente a **Giselle, Gislânia e Vitória** por terem sido essa importante rede de apoio em Portugal. Nossa amizade me fortaleceu tantas vezes quando a saudade de casa apertava. A **Isabelly e Gerllany**, pela amizade que construímos também fruto do intercâmbio por ocasião do Programa Paraíba Sem Fronteiras. A todos os demais brasileiros intercambistas que conheci na Universidade do Minho. E, a **Sofia Freitas** e sua família, pela acolhida em sua casa durante o período de intercâmbio. Eu pedi a Deus que ele colocasse boas pessoas no meu caminho e Ele me presenteou com uma família inteira que me recebeu tão bem em Portugal. Serei eternamente grata a todos por tudo!

Agradeço também à minha coorientadora, **Profa. Dra. Daisy Beserra Lucena**, com quem já divido essa jornada desde a graduação e que veio somar no meu trabalho de dissertação com seu olhar atento e crítico para a perspectiva climática. Daisy já virou aquela amiga que você sabe que pode contar, mesmo que ela esteja muito atarefada, sempre dará um jeito de ajudar. Também é uma das minhas maiores incentivadoras para conquistar os meus sonhos, que me incentivou a fazer o mestrado-sanduíche, correr atrás e não ter medo dessa oportunidade tão

valiosa. Por esse e por tantos outros motivos, ela é uma das profissionais em quem me inspiro para seguir na carreira acadêmica.

Também sou extremamente grata à **Profa. Dra. Camila Cunico** por todo incentivo e apoio que tenho dela desde a graduação, com as dicas para a elaboração dos mapas, o seu olhar crítico e assertivo, pelos conselhos e palavras de carinho, além de toda a torcida para que tudo desse certo durante o mestrado-sanduíche.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)** e, sobretudo, aos **professores do PRODEMA** pelas orientações e contribuições durante as disciplinas ministradas. Em alguns momentos levamos uns “puxões de orelha”, mas sei que, na verdade, eles fizeram isso pensando no nosso bem e amadurecimento enquanto pesquisadores. Agradeço, de maneira especial, à **Profa. Ana Luiza**, coordenadora do curso de mestrado, por ser sempre prestativa e paciente em tirar minhas dúvidas. Também à servidora e secretária, **Clara Gadelha**, pela disponibilidade e cordialidade para ajudar os discentes da melhor maneira possível.

À banca avaliadora, **Profa. Dra. Maria Cristina Basilio Crispim da Silva** e **Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida**, por terem aceitado o convite para compor a minha banca de qualificação e de defesa de dissertação, e avaliar o meu trabalho, contribuindo para o seu engrandecimento. Agradeço o tempo que dedicaram para avaliação deste trabalho e por todas as contribuições não só na parte escrita, mas também durante a apresentação e a defesa.

Ao **Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA)**, com o qual já possuo uma jornada de longas datas, partilhando conhecimento e amadurecendo enquanto pessoa e pesquisadora. Sempre gosto de dizer o quanto me orgulho por fazer parte deste grupo e por estar nele desde a sua criação. Espero ter contribuído, de alguma forma, para o seu crescimento, assim como este grupo contribui positivamente para a minha formação como estudante e pesquisadora com as diversas oportunidades que tive.

À **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA)** pela disponibilidade dos dados diários e dos avisos meteorológicos, principalmente à meteorologista **Marle Bandeira**, que nos enviou os dados de chuva e tirou nossas dúvidas. À **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)** pela disponibilidade dos dados pluviométricos, bem como à **Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA)**, ao **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)** e ao **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela bolsa concedida à mestranda, incentivando a pesquisa e o desenvolvimento do conhecimento científico brasileiro. Também à **Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ)** pela bolsa concedida à mestranda durante período de mobilidade acadêmica internacional para realização do mestrado-sanduíche.

Por fim, reforço o meu agradecimento a todos os mencionados acima e também os que eu não mencionei, mas que contribuíram de maneira direta ou indireta para a construção deste trabalho. Citando o escritor americano Henry David Thoreau, “a felicidade só é real quando compartilhada”, a minha vida não faria sentido se eu não tivesse nela pessoas tão especiais, sensíveis e importantes que compartilham das minhas alegrias, dores e conquistas. Por isso, acredito que essa vitória e tantas outras que virão não são só minhas, mas de todos os meus antepassados que construíram este caminho para que eu pudesse chegar até aqui.

Gratidão eterna a todos!!

“Fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a terra, e passamos a pensar que ele é uma coisa e nós, outra: a terra e a humanidade.”

(Ailton Krenak)

RESUMO

Este estudo analisou a relação entre Soluções Baseadas na Natureza (SbN), Eventos Extremos de Chuva (EEC) e Redução do Risco de Desastres (RRD), combinando uma revisão bibliométrica da literatura com a análise espaço-temporal da variabilidade da chuva no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil, além de uma análise comparativa entre os municípios de João Pessoa e Guimarães, Braga, Portugal. Esta revisão permitiu consolidar um arcabouço teórico sobre SbN e aprofundar a sua aplicação no contexto de alagamentos urbanos, evidenciando um crescimento exponencial da produção científica global na última década, com destaque para o período entre 2021 e 2025, refletindo o reconhecimento das SbN como alternativas sustentáveis para a infraestrutura convencional frente às mudanças climáticas. A partir da análise climatológica, identificou-se que os maiores volumes de chuva diária e a maior frequência de EEC em João Pessoa concentram-se em áreas próximas ao litoral, com associação a padrões climáticos como *La Niña* e/ou Dipolo Negativo, que favorecem a ocorrência e a intensificação das chuvas. Embora não tenha sido identificada tendência estatisticamente significativa de aumento ou diminuição da chuva média anual e dos EEC, constatou-se a ocorrência anual de ao menos um evento extremo nos últimos 15 anos, mas que nem sempre está associado a desastres hidrometeorológicos, evidenciando o papel de fatores socioambientais e de infraestrutura na determinação do risco. Percebeu-se que as SbN são altamente adaptáveis e multifuncionais, com potencial para fortalecer a resistência urbana, a sustentabilidade e a inovação nas políticas públicas quando implementadas de forma integrada e participativa. Experiências em Guimarães e João Pessoa demonstraram sua contribuição na mitigação de enchentes, inundações e alagamentos, embora sua implementação no Brasil ainda seja pontual e pouco integrada. Destaca-se o potencial de João Pessoa para ampliar áreas verdes, reduzir superfícies impermeáveis, recuperar rios urbanos, implantar ecovias e corredores verdes, e fortalecer processos participativos. O estudo também ressaltou a importância de estruturas institucionais, como laboratórios de pesquisa e educação ambiental, para integrar ações entre poder público, universidades e sociedade civil, possibilitando testes, monitoramento climático e engajamento comunitário. Conclui-se que a pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento sobre SbN aplicadas aos EEC e à RRD, reforçando a necessidade de estudos futuros com modelagem quantitativa para avaliar sua eficácia e apoiar o planejamento adaptativo de João Pessoa frente à emergência climática, considerando as SbN como alternativas eficientes, econômicas e sustentáveis para a RRD.

Palavras-chave: Variabilidade da chuva. Vulnerabilidade. Alagamentos urbanos. Redução do risco de desastres.

ABSTRACT

This study analyzed the relationship between Nature-based Solutions (NbS), Extreme Rainfall Events (ERE), and Disaster Risk Reduction (DRR), combining a bibliometric review of the literature with a spatiotemporal analysis of rainfall variability in the municipality of João Pessoa, Paraíba, Brazil, as well as a comparative analysis between the municipalities of João Pessoa and Guimarães, Braga, Portugal. This review allowed us to consolidate a theoretical framework on NbS and deepen its application in the context of urban flooding, highlighting an exponential growth in global scientific production in the last decade, especially between 2021 and 2025, reflecting the recognition of NbS as sustainable alternatives to conventional infrastructure in the face of climate change. Based on climatological analysis, it was found that the highest daily rainfall volumes and the highest frequency of ERE in João Pessoa are concentrated in areas close to the coast, associated with climatic patterns such as *La Niña* and/or Negative Dipole, which favor the occurrence and intensification of rainfall. Although no statistically significant trend of increase or decrease in average annual rainfall and ERE was identified, at least one extreme event has occurred annually over the last 15 years, but this is not always associated with hydrometeorological disasters, highlighting the role of socio-environmental and infrastructure factors in determining risk. It has been noted that NbS are highly adaptable and multifunctional, with the potential to strengthen urban resilience, sustainability, and innovation in public policies when implemented in an integrated and participatory manner. Experiences in Guimarães and João Pessoa have demonstrated their contribution to mitigating floods and flooding, although their implementation in Brazil is still sporadic and poorly integrated. João Pessoa's potential to expand green areas, reduce impervious surfaces, restore urban rivers, implement eco-trails and green corridors, and strengthen participatory processes is noteworthy. The study also highlighted the importance of institutional structures, such as research laboratories and environmental education, for integrating actions between public authorities, universities, and civil society, enabling testing, climate monitoring, and community engagement. It was concluded that the research contributed to the advancement of knowledge on NbS applied to ERE and DRR, reinforcing the need for future studies with quantitative modeling to assess their effectiveness and support João Pessoa's adaptive planning in the face of the climate emergency, considering NbS as efficient, economical, and sustainable alternatives for DRR.

Keywords: Rainfall variability. Vulnerability. Urban flooding. Disaster risk reduction.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
BMP	<i>Best Management Practices</i>
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CHIRPS	<i>Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station</i>
COMPDEC-JP	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de João Pessoa
DFAARA	Delegacia Federal do Ministério de Agricultura e Abastecimento e Reforma Agrária
DRR	<i>Disaster Risk Reduction</i>
ECI	<i>Environmental Condition Index</i>
EEC	Eventos Extremos de Chuva
EN	<i>El Niño</i>
ENOS	<i>El Niño-Oscilação Sul</i>
EPANB	Estratégia e Plano de Ação Nacional para Biodiversidade
ERE	<i>Extreme Rainfall Events</i>
ETCCDMI	<i>Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices</i>
FAPESQ	Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
GEOFISA	Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas

Socioambientais

GRADM	Gradiente Meridional Inter-hemisférico da Temperatura da Superfície do Atlântico
GRD	Gestão de Risco de Desastres
LID	<i>Low Impact Development</i>
LN	<i>La Niña</i>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MPH	Microrregião Pluviometricamente Homogênea
NAU	Nova Agenda Urbana da ONU
NbS	<i>Nature-based Solutions</i>
NEB	Nordeste do Brasil
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OICS	Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONI	<i>Oceanic Niño Index</i>
OS	Oscilação Sul
PCVR	Programa Cidades Verdes Resilientes
PDM	Precipitação Diária Máxima
PDMJP	Plano Diretor Municipal de João Pessoa
PlaNAU	Plano Nacional de Arborização Urbana
PMSB-JP	Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa
PNA	Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
PNB	Plano Nacional de Biodiversidade
PNCDEMES	Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PRODEMA	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

RMJP	Região Metropolitana de João Pessoa
RRD	Redução de Risco de Desastres
SbN	Soluções baseadas na Natureza
Sco	<i>Scopus</i>
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
Semam	Secretaria de Meio Ambiente
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SMiD	Sistema de Microdrenagem
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
SUDS	<i>Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável</i>
SuDs	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
SWMM	<i>Storm Water Management Model</i>
TMK	Teste de Mann-Kendall
TNAI	<i>Tropical Northern Atlantic Index</i>
TRMM	<i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i>
TSAI	<i>Tropical Southern Atlantic Index</i>
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UE	União Europeia
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UM	Universidade do Minho
UTAD	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
VCAS	Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
WoS	<i>Web of Science</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
WSUD	<i>Water-sensitive Urban Design</i>
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
Variabilidade da chuva	23
Eventos extremos de chuva e impactos nas cidades	26
Soluções baseadas na Natureza	28
CAPÍTULO 1 - A Bibliometric Review of Nature-based Solutions for Urban Flooding Disaster Risk Reduction in Extreme Rainfall Events	33
INTRODUCTION	34
MATERIALS AND METHODS	35
Bibliometric analysis	36
RESULTS AND DISCUSSIONS	38
Analysis of Publications on Nature-based Solutions (NbS).....	38
Analysis of Publications on NbS, Flood* and DRR.....	40
Analysis of Publications on NbS and Urban Flood*	42
CONCLUSIONS	47
ACKNOWLEDGMENTS	47
REFERENCES	48
CAPÍTULO 2 - Variabilidade espaço-temporal da chuva diária e dos eventos extremos de chuva no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil	51
I. Introdução	53
II. Materiais e Métodos.....	54
Área de estudo	54
Identificação e análise dos EEC	56
Impactos dos EEC	58
III. Resultados e discussão	59
Caracterização da variabilidade espaço-temporal da chuva.....	59
Análise das condições de infraestrutura e sua relação com os alagamentos	65
IV. Conclusões	67
V. Referências	68

CAPÍTULO 3 - Redução do Risco de Desastres e Soluções baseadas na Natureza: análise comparativa nos municípios de João Pessoa, Paraíba, Brasil e Guimarães, Braga, Portugal	71
INTRODUÇÃO.....	73
METODOLOGIA.....	74
Área de estudo 1: João Pessoa, Paraíba, Brasil	74
Área de estudo 2: Guimarães, Braga, Portugal.....	76
Procedimentos metodológicos.....	77
RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
Panorama das SbN no Brasil, na Paraíba e em João Pessoa	80
Panorama das SbN na Europa, em Portugal e em Guimarães.....	87
Comparação do contexto das SbN em João Pessoa e Guimarães	91
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
AGRADECIMENTOS	94
REFERÊNCIAS.....	94
CONCLUSÃO.....	101
REFERÊNCIAS	103
APÊNDICES	112
ANEXOS	115

INTRODUÇÃO

Hodiernamente, a temática das mudanças climáticas tem ganhado destaque diante do notório aumento das ocorrências de desastres relacionados aos fenômenos naturais em todo o mundo, de tal modo que tem crescido também as populações em situação de vulnerabilidade, principalmente nos países em desenvolvimento. Os riscos e os desastres são tópicos bastante problematizados pelas engenharias, pelas ciências naturais (geologia e geografia) e também pelo planejamento (Canil; Lampis; Santos, 2020). Os autores complementam que, erroneamente, usa-se o termo “desastres naturais”, desconsiderando as dinâmicas sociais e os processos econômicos, políticos e culturais associados ao espaço geográfico e, por conseguinte, aos desastres.

Há diversos fatores que potencializam o risco de desastres associados com episódios extremos de chuva. No Brasil, a falta de planejamento estrutural leva a uma urbanização não oficializada, que é intencional, sendo este um fator preponderante na deflagração de grandes impactos associados aos eventos de chuva (Canil; Lampis; Santos, 2020; Pagnossin; Buiol; Gracioli, 2001; Rossetto *et al.*, 2021). No estado da Paraíba, são mais comuns desastres de origem climatológica (estiagem e seca), porém os de origem hidrometeorológica (inundações, enxurradas, chuvas intensas e alagamentos) também são marcantes (Silva, 2021).

Com o crescimento da urbanização, há mudanças no uso e ocupação do solo, gerando a sua impermeabilização, que impacta no ciclo hidrológico (Benini; Mediondo, 2015), provoca a redução da infiltração e o aumento do escoamento superficial, elevando o risco de enchentes, inundações e alagamentos em áreas urbanas (Chaves *et al.*, 2025; Queiroga; Filgueira; Cunico, 2024). No entanto, a maior parte das cidades e das populações não estão adaptadas para lidar com esses eventos, evidenciando a necessidade de aplicar práticas sustentáveis capazes de aumentar a resiliência das cidades no cenário das mudanças climáticas (Chaves *et al.*, 2025).

Diante disso, torna-se cada vez mais importante entender como a dinâmica climatológica impacta nas cidades, sobretudo com a intensificação do processo de urbanização, o aumento da demanda por infraestrutura e também da impermeabilização das vias. Sendo assim, é imprescindível estudos que tratam não só da variabilidade da chuva, mas também dos seus eventos extremos, já que podem auxiliar no entendimento do comportamento futuro do sistema climático. Somado a isto, essas informações são fundamentais para o planejamento de políticas públicas, a tomada de decisões e ações de adaptação do ambiente urbano às alterações climáticas, ajudando com a Redução do Risco de Desastres (RRD) associados a esses eventos (Brasil, 2013; 2015).

É demasiadamente subjetivo definir os Eventos Extremos de Chuva (EEC), uma vez que se pode levar em conta diversos aspectos como a intensidade, o acumulado total registrado em um determinado intervalo de tempo e sua distribuição no espaço, além da possibilidade de combinação dessas características (Teixeira; Prieto, 2020). No entanto, os trabalhos que utilizam esse termo costumam adotar duas metodologias para conceituá-lo: a estatística e a qualitativa (Tavares; Ferreira, 2020). No presente trabalho, adotou-se como critério o uso da estatística, especificamente da Técnica dos Quantis, a partir do cálculo do Percentil 99 para determinar os EEC no município de João Pessoa.

Por si só, as chuvas extremas podem ser consideradas como um tipo de “desastre”, mas elas podem ainda deflagrar outras consequências, como os alagamentos e as inundações, a depender do grau de vulnerabilidade do local que precipitam. Os alagamentos são resultado da “extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas” (Cobrade, 2012). Também podem ser definidos como o acúmulo momentâneo da água em decorrência da deficiência do sistema de drenagem em uma determinada localidade, que pode ser decorrente de diversos motivos, como a impermeabilização do solo, que costuma ser comum nas áreas urbanas (Silva, 2022).

Neste novo cenário de desastres mais frequentes, especialmente com as chuvas extremas e os alagamentos, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) são importantes aliadas para preparar e adaptar as cidades. As SbN são conhecidas por promoverem um crescimento verde socialmente inclusivo, tendo em vista que têm a capacidade de proporcionar simultaneamente diversos benefícios, que auxiliam no alcance das metas de sustentabilidade, como a biodiversidade, mitigação das mudanças climáticas, adaptação e bem-estar social (Dumitru; Wendling, 2021). Outrossim, vários estudos têm demonstrado a eficiência das SbN para a gestão de águas pluviais urbanas por meio da investigação experimental e análise numérica (Palermo *et al.*, 2023).

Ainda que não esteja bem estabelecida a integração entre a gestão de riscos e o planejamento urbano territorial, as políticas internacionais ajudam a reforçar as ações de nível nacional, com é o caso do Marco de Sendai para Redução de Riscos e Desastres 2015-2030 (Canil; Lampis; Santos, 2020). Esse apresenta quatro prioridades de ação: compreensão do risco de desastres; fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciá-lo; investir na redução do risco de desastres para resiliência; e aumentar a preparação para desastres com respostas mais eficazes por meio da recuperação, reabilitação e reconstrução (UNISDR, 2015).

Nesta mesma perspectiva, a Agenda 2015-2030 para o Desenvolvimento Sustentável também tem sido um guia para o desenvolvimento de projetos em países que buscam atingir os 17 objetivos propostos pelas Nações Unidas, cumprindo as metas previstas por meio do aumento da sustentabilidade e da resiliência das cidades (United Nations, 2015). Deste modo, dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o presente trabalho de pesquisa está diretamente vinculado ao ODS 11, que trata das “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, sendo uma de suas metas a RRD. Além disso, pode-se associar a pesquisa ao ODS 13 que trata da “Ação contra a mudança global do clima”, que tem o objetivo de adotar medidas urgentes focadas no “combate” às alterações climáticas e os seus impactos.

Sendo assim, este trabalho teve o objetivo geral de analisar a variabilidade espacial e temporal da chuva e dos eventos extremos no município de João Pessoa-PB, e as Soluções baseadas na Natureza adequadas como forma de reduzir os impactos dos desastres decorrentes. Os objetivos específicos são: (i) Realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre Soluções baseadas na Natureza para a redução do risco de desastres por alagamentos associados a eventos extremos de chuva; (ii) Caracterizar o comportamento espacial e temporal da chuva diária no município de João Pessoa-PB no período de 1981 a 2024 e os impactos decorrentes dos eventos extremos; e (iii) Realizar uma análise comparativa do impacto da aplicação de SbN nos municípios de João Pessoa, Paraíba, Brasil e de Guimarães, Braga, Portugal.

As hipóteses que nortearam este trabalho foram: (i) O aumento da intensidade dos eventos de chuva tem gerado mais transtornos para a sociedade, isso verificado pelos impactos causados pelas chuvas nas últimas décadas; (ii) As Soluções baseadas na Natureza podem colaborar com a redução dos impactos de desastres associados a alagamentos, enchentes e inundações, decorrentes dos eventos extremos de chuva no município de João Pessoa.

Portanto, o presente trabalho é considerado interdisciplinar por envolver conceitos das Ciências Ambientais e das Ciências Aplicadas, por meio da Geografia Física para analisar o elemento climático, a chuva, bem como da Engenharia Ambiental que será abordada a partir das SbN, como forma de reduzir os impactos decorrentes dos eventos de chuva. Finalmente, todas essas questões precisam estar associadas à dimensão social da problemática, contemplando as Ciências Sociais para compreender a repercussão dos eventos extremos na sociedade civil.

Este trabalho de pesquisa seguiu a estrutura de artigo, em que cada capítulo corresponde a um artigo que foi ou será submetido em revista indicada, com fator de impacto relevante, e a sua formatação seguem os *templates* das revistas, contidos nos Anexos A, B e L. Inicialmente,

apresenta-se a introdução com a fundamentação de ideias básicas, os objetivos e as hipóteses gerais do trabalho. Em seguida, a fundamentação teórica com detalhamento dos tópicos principais: variabilidade da chuva, eventos extremos de chuva e impactos nas cidades, e as Soluções baseadas na Natureza.

Posteriormente, tem-se o primeiro capítulo que teve a finalidade de realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre o uso das SbN voltadas à redução do risco de desastres relacionados com EEC. A hipótese central do artigo é: nos últimos cinco anos, houve um aumento notável no número de estudos que abordam a aplicação de SbN nesse contexto específico.

O segundo capítulo teve o objetivo de analisar a variabilidade espaço-temporal da chuva diária e dos EEC para o município de João Pessoa, Paraíba, Brasil, entre 1981 e 2024, bem como identificar as zonas da cidade que mais sofrem com seus efeitos. As hipóteses do artigo são: (i) a chuva varia espacialmente no município de João Pessoa-PB com maiores volumes em áreas mais próximas ao litoral; e (ii) áreas mais impermeabilizadas e com drenagem deficiente sofrem mais com os transtornos da chuva.

O terceiro capítulo foi fruto do período de mobilidade acadêmica da mestranda, a qual realizou mestrado-sanduiche na Universidade do Minho, no *Campus* de Azurém, no município de Guimarães, distrito de Braga, em Portugal, de setembro a dezembro de 2025. Foi realizado levantamento bibliográfico, visitas de campo e reuniões com o professor supervisor na instituição acolhedora, onde a mestranda aprendeu novas técnicas e metodologias para a aplicação de SbN e entendeu o impacto desta na RRD associados aos EEC.

Por fim, tem-se as conclusões de todo o trabalho e as referências das fontes mencionadas ao longo deste, com exceção daquelas citadas nos capítulos, que estão inclusas ao final de cada um deles. Por último, são apresentados os apêndices e anexos com informações complementares ao trabalho, tendo em vista que, em alguns casos, não puderam ser inseridos nos capítulos, devido à limitação da quantidade de páginas para submissão nas revistas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Variabilidade da chuva

Entender a relação sociedade e natureza tem sido o propósito de trabalho de diversos pensadores, pesquisadores e cientistas há muito tempo. As atividades humanas apresentam uma estreita relação com o clima de uma determinada região, sobretudo com a chuva que é uma das variáveis mais importantes no ciclo hidrológico, impactando no gerenciamento dos recursos hídricos e nas atividades socioeconômicas que dependem desta para prosperarem com êxito, como é o caso da agricultura (Reis *et al.*, 2020).

Com as mudanças climáticas, intensificadas pelo aquecimento global, são esperadas alterações na frequência, intensidade, distribuição espacial, duração e sincronismo dos eventos extremos, que poderão resultar em condições excepcionais que jamais haviam sido observadas no mundo (IPCC, 2023). Essas alterações também podem desencadear outros problemas associados que afetam a vida humana, a exemplo de secas extremas e inundações (Kayano; Andreoli, 2006).

Contudo, no Brasil, pode ser difícil entender o regime de chuvas diante da falta de manutenção das estações meteorológicas e/ou postos pluviométricos existentes, além da carência de mais estações/postos distribuídas/os em seu território, o que impacta consideravelmente nas análises ambientais, em estudos de escoamento superficial, no déficit hídrico e no balanço de energia, por exemplo (Pereira *et al.*, 2018). Para superar essa dificuldade, tem-se utilizado produtos de sensores orbitais, os quais são comumente empregados na análise do ciclo hidrológico e seus impactos na circulação atmosférica, em modificações no calor latente e no calor sensível, bem como nas mudanças climáticas globais e regionais (Franchito *et al.*, 2009).

Dentre esses produtos, destaca-se o *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), o qual foi lançada em 1997 com a finalidade de coletar dados de chuva em áreas tropicais e subtropicais a cada 3 horas (Kummerow *et al.*, 2000). Mais recente, outro produto lançado foi o *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS), o qual apresenta dados de precipitação diária e mensal de escala continental desde 1981, para faixa latitudinal entre 50° N e 50° S (Bayissa *et al.*, 2017).

A região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta uma considerável variabilidade espaço-temporal dos seus totais anuais de chuva, que variam de cerca de 300 mm na região semiárida a cerca de 2.000 mm na região litorânea, em virtude de diversos fatores climáticos que atuam nessa área (Correia Filho *et al.*, 2019). No caso do estado da Paraíba, este apresenta uma das

maiores variabilidades das chuvas no tempo e no espaço de toda a região, podendo a sua climatologia ser analisada sob uma perspectiva singular (Nascimento *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022).

Na Paraíba, é comum que ocorram mais episódios de chuva na parte litorânea, enquanto, na porção semiárida, são observados os maiores volumes em um único dia, especificamente nas Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas (MPH) do Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão (Araújo, 2020; Cunico; Lucena; Moura, 2023). Em virtude das suas características, a Paraíba é considerada um ótimo laboratório voltado ao entendimento dos eventos meteorológicos e climatológicos na região NEB (Becker *et al.*, 2011).

Observa-se uma diversidade particular no clima da região NEB e, especificamente, com a chuva, que é resultado da associação de diversos sistemas atmosféricos atuando nessa região, a exemplo da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (Uvo, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior – VCAS (Kousky; Gan, 1981), os Sistemas Frontais (Kousky, 1979) e os Distúrbios de Leste (Espinoza, 1996), os quais podem ser modificados por anomalias atmosféricas (Nascimento *et al.*, 2020).

Sob a perspectiva da influência da variabilidade climática, o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é o fenômeno de grande escala mais estudado em virtude da sua influência no deslocamento dos ramos ascendentes e subsidentes das células de Walker, interferindo diretamente no regime hídrico e térmico (Kayano; Andreoli, 2006). Trata-se de um fenômeno oceano-atmosférico natural com impactos globais de grande relevância na precipitação e na temperatura em diversos pontos do planeta (Aceituno, 1988; Capotondi *et al.*, 2015).

O ENOS é um fenômeno que ocorre a cada 2 a 7 anos no Oceano Pacífico Equatorial, constituído por duas componentes: uma oceânica (El Niño – EN, a fase quente do fenômeno; La Niña – LN, a fase fria; e a fase neutra, propriamente dita) e outra atmosférica que é a Oscilação Sul – OS (Silva, 2022). Consiste em uma oscilação contínua de aquecimento (EN) e resfriamento (LN) do Pacífico leste equatorial com momentos de intensificação e enfraquecimento dos seus extremos (Lin; Qian, 2019).

No Oceano Pacífico Tropical, o ENOS é um dos fenômenos mais predominantes, interferindo na variabilidade interanual da chuva no NEB (Silva *et al.*, 2023; Gomes; Lima; Medeiros, 2025). Quando o ENOS está na fase positiva, o EN provoca a redução da chuva em parte do NEB. Já quando está na fase negativa, a LN acarreta no aumento da chuva no NEB (Coelho; Uvo; Ambrizzi, 2002). Contudo, não se pode afirmar que as alterações nos regimes de chuva no NEB estão associadas apenas à configuração do fenômeno ENOS. Alterações na

Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical podem aumentar ou diminuir os efeitos do Pacífico, modificando os regimes de chuva local (Losada *et al.*, 2022).

Dentre outros fatores, a variabilidade da TSM do Atlântico Tropical, também chamado de Gradiente Meridional Inter-hemisférico da Temperatura da Superfície do Atlântico (GRADM) ou Dipolo, desempenha um papel importante na variabilidade climática interanual no NEB (Kayano; Andreoli, 2006). Este padrão de gradiente afeta diretamente a circulação meridional térmica, alterando a posição e a intensidade da ZCIT, que, por sua vez, modula a precipitação do NEB (Moura; Shukla, 1981).

Há estudos que mostram que a variabilidade pluviométrica do NEB sofre a interferência de forçantes climáticas de diferentes bacias oceânicas, sobretudo o ENOS do Pacífico e o Dipolo do Atlântico, os quais podem atuar de forma independente ou combinada, o que dificulta o entendimento dos mecanismos de formação da precipitação na região (Vitório *et al.*, 2025). Isoladamente, quando está na fase positiva de aquecimento, o Dipolo inibe a ocorrência de chuvas no NEB. Já na fase negativa de resfriamento, contribui para as chuvas no NEB.

Pereira *et al.* (2018) estudaram a variabilidade da precipitação no estado de Minas Gerais entre os anos de 1981 e 2017, usando dados de precipitação mensal do CHIRPS a fim de identificar o início e o fim da estação chuvosa e a sua tendência. Pimentel e Assis (2022) analisaram a variabilidade climática no município de Petrolina-PE entre os anos de 1973-2021, verificando a influência dos fenômenos oceânico-atmosféricos de curto prazo, como o ENOS e o Dipolo do Atlântico, nas anomalias climáticas. Acrescenta-se que eles também aplicaram o teste de Mann-Kendall com o objetivo de verificar a existência de tendências significativas na série histórica.

Diversos trabalhos também abordaram a temática da variabilidade das chuvas no estado da Paraíba, como é o caso de Rodrigues (2022), que analisou a variabilidade dos períodos secos e chuvosos da precipitação pluvial no estado por meio do Índice Padronizado de Precipitação (em inglês, *Standardized Precipitation Index* - SPI); e Medeiros (2024), que estudou a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial e eventos extremos no estado. Para além da variabilidade, Souza *et al.* (2022) realizaram a modelagem espacial de chuvas intensas no estado da Paraíba a fim de identificar os níveis de retorno da precipitação diária máxima (PDM).

Há ainda diversos trabalhos que analisaram a variabilidade da precipitação para o município de João Pessoa. Rodrigues *et al.* (2021) desenvolveram um trabalho a partir da análise estatística descritiva da variabilidade anual, sazonal e mensal da precipitação em João Pessoa com base em dados pluviométricos da AESA. Araújo *et al.* (2024) analisaram a vulnerabilidade, exposição e risco climático em João Pessoa, a partir de informações sobre incidentes como alagamentos, enchentes, inundações, deslizamentos e desabamentos de barreiras registrados pela Defesa Civil entre 2015 e 2022.

Para a Gestão de Risco de Desastres (GRD) eficiente e eficaz, é de grande importância estudar a variabilidade da chuva, especialmente em estudos mais específicos/detalhados, de escala local, com a finalidade de preparar melhor a população para os impactos deflagrados pelos eventos extremos. Assim, a previsão de ocorrência desses eventos é fundamental para que sejam adotadas medidas de prevenção, adaptação e mitigação, com a finalidade de RRD nas mais diversas áreas das cidades com diferentes níveis de vulnerabilidade. Como não é possível evitar que os eventos extremos ocorram, ao menos, pode-se reduzir ou minimizar os impactos para a população vulnerável.

Eventos extremos de chuva e impactos nas cidades

A chuva é capaz de influenciar diretamente a vida das pessoas, sobretudo os EEC, que costumam ser bastante controversos. Estes eventos, somados às desigualdades presentes no espaço urbano das cidades, podem causar transtornos para a população e prejuízos irreparáveis (Luna; Silva, 2023), como a perda de vidas humanas e de animais e também à agricultura, com prejuízos para as safras (Segura; Rocha, 2024). Mudanças nos extremos de chuva podem ser, em parte, decorrentes da variabilidade natural do clima, bem como podem estar associadas ao aquecimento global e/ou à urbanização (Marengo *et al.*, 2020).

Dependendo das suas características, as chuvas podem ser classificadas sob diferentes perspectivas e metodologias como, por exemplo, em intensas, extremas e/ou persistentes, pois não há na comunidade científica um consenso para a sua definição (Elkenawy *et al.*, 2024; Halder; Maitra, 2020; Monteiro; Zanella, 2017). As chuvas extremas costumam ocorrer quando um grande volume precipita em um curto intervalo de tempo, o que acarreta problemas de alagamentos, inundações, enchentes e movimentos de massa. As populações que vivem em áreas suscetíveis ao risco geológico, hidrológico e geomorfológico estão mais expostas aos desastres, podendo sofrer com perdas humanas e materiais (Luna; Silva, 2023).

Levando em consideração a particularidade do comportamento da chuva para uma determinada localidade e um determinado tempo que está sendo estudado, pode-se definir um limiar de chuva para classificar um evento como extremo, ou não, a fim de identificar se este tem o potencial de causar algum tipo de dano à sociedade. Entretanto, definir um limiar é uma tarefa bastante arbitrária que depende de variáveis como: localização geográfica, intervalo de tempo de ocorrência da chuva, impermeabilização, vulnerabilidade e outros (Walsh *et al.*, 2020).

Um EEC pode ser estabelecido pela chuva de um dia que ultrapassa um determinado valor médio climatológico de uma dada região (Segura; Rocha, 2024). Para o município de João Pessoa, Silva (2018) definiu o limiar de 100 mm/24h com base nos limiares de trabalhos anteriores, bem como em notícias de desastres nos jornais do município. Uma outra forma de definir um limiar para a determinação dos EEC é por meio do cálculo dos percentis, em que, geralmente, são utilizados os percentis superiores a 90, 95 e 98 (Goudard, 2019; Sugahara; Rocha; Silveira, 2009).

De acordo com McPhillips *et al.* (2018), os EEC são condições meteorológicas ou climáticas adversas e atípicas, que podem ocasionar impactos avassaladores aos seres humanos, à infraestrutura e/ou ao meio ambiente. Para Salack *et al.* (2018), identificam-se os eventos extremos quando estes ultrapassam o percentil 99, calculado por meio dos volumes de chuva diários observados em uma estação meteorológica.

Sugahara, Rocha e Silveira (2009) aplicaram o método dos percentis para identificar os EEC na cidade de São Paulo, usando o percentil 99 nos dados de precipitação diária para o período de 1933 a 2005. A partir disso, eles observaram o aumento da frequência e da intensidade dos EEC. Consoante isso, Marengo *et al.* (2020) identificaram uma tendência positiva na chuva anual na cidade de São Paulo que deve estar relacionada, principalmente, com o aumento da frequência de EEC, o que pode ser um indicativo relevante de mudança climática nos últimos 90 anos (1930-2019). Em virtude disso, eles buscaram entender como as variações na circulação atmosférica podem estar contribuindo para essas mudanças.

Os impactos dos EEC são, com frequência, noticiados nos telejornais, rádio, jornais impressos e outros meios de comunicação, por causa dos diversos prejuízos ambientais, humanos e econômicos a eles relacionados (Monteiro; Zanella, 2017). Em geral, os episódios de EEC mais divulgados são aqueles correspondentes às chuvas intensas, que superam os limites habituais no período de 24 horas, acarretando mais danos (Luna, 2023).

Com a ocupação irregular das cidades, as chuvas desencadeiam variados problemas socioambientais que, comumente, atinge a população mais pobre e mais vulnerável, sobretudo as que ocupam áreas suscetíveis ao risco (Luna; Silva, 2023). Somado a isto, tem o aumento da urbanização, além do baixo investimento voltado para o desenvolvimento e a manutenção da infraestrutura. Logo, o debate dos EEC traz à tona não só incertezas, mas também evidencia a necessidade de criação de uma nova reorganização socioespacial (Goudard; Mendonça, 2020; Moreira *et al.*, 2017).

Sabendo dessas mudanças nos padrões de chuva, há trabalhos que tratam de técnicas compensatórias em drenagem urbana e seus benefícios hidrológicos para lidar melhor com os EEC. É o caso de Nunes (2018) que avaliou o impacto da implantação de telhados verdes e pavimentos permeáveis em uma bacia hidrográfica do Córrego Ressaca, situada no município de Belo Horizonte (MG), usando modelagem hidrológica. Barbosa e Silva (2025) analisaram a aplicação de técnicas compensatórias mitigadoras voltadas para os problemas de alagamentos e inundações na sub-bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas, comparando o desempenho da drenagem urbana convencional com a drenagem urbana sustentável.

Ainda nesta perspectiva de minimização dos efeitos do EEC, Ackermann e Samora (2020) investigaram a aptidão das Áreas de Preservação Permanente (APP) urbanas como forma de incrementar a política pública de saneamento ambiental, contribuindo com a drenagem das cidades e aumentando sua resiliência e adaptação diante das mudanças climáticas e os eventos hidrológicos extremos associados. Portanto, percebe-se que há um debate relevante sobre o papel e a eficiência das infraestruturas cinza, azul e verde como alternativas de adaptação e mitigação dos impactos dos EEC. Nesta perspectiva, emerge também o tema das Soluções baseadas na Natureza (SbN) como aliadas para lidar com essa problemática.

Soluções baseadas na Natureza

À medida que a urbanização aumenta a eficiência econômica e a qualidade de vida dos seus residentes, ela também transforma vastas terras naturais em superfícies impermeáveis, levando a desafios de sustentabilidade como as inundações e os alagamentos urbanos (Du *et al.*, 2020). Desta forma, enfrentar os desafios ambientais e sociais decorrentes da rápida urbanização, e alcançar a sustentabilidade urbana é o grande desafio enfrentado pela humanidade no século XXI (Fang *et al.*, 2024).

Com as projeções climáticas mostrando o aumento do risco de tempestades e chuvas extremas, o uso de medidas tradicionais sozinhas já não são mais uma opção (Mubeen *et al.*,

2021). Uma vez que as SbN são alternativas funcionais e adequadas para cenários climáticos futuros (Roa *et al.*, 2023), essas têm sido estudadas e aplicadas nas cidades, de maneira associada ou não às infraestruturas cinzas, a fim de minimizar os efeitos dos eventos climáticos extremos, ganhando cada vez mais notoriedade no cenário nacional e mundial.

O conceito de SbN é relativamente recente. Surgiu no início do século XXI e vem ganhando destaque após a pandemia da COVID-19, em que a percepção da importância da natureza aumentou (Marques *et al.*, 2021). Segundo os autores, inicialmente, o termo SbN foi introduzido pelo Banco Mundial no final dos anos 2000 em uma publicação intitulada “Biodiversidade, Mudança Climática e Adaptação: Soluções Baseadas na Natureza” e, posteriormente, em 2009, foi divulgado e conceitualmente desenvolvido pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Na sua definição, buscou-se destacar a importância da natureza de modo geral e da biodiversidade, tendo em vista a mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Nehren *et al.*, 2023).

Deste modo, as SbN representam uma evolução de termos que costumam ser usados para expressar ideais semelhantes, pois foram concebidas de forma abrangente, incluindo uma série de conceitos e práticas, como Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development – LID*), Melhores Práticas de Gestão (*Best Management Practices – BMPs*), Design Urbano Sensível à Água (*Water-sensitive Urban Design – WSUD*), Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems – SuDs*), dentre outros (Dorst *et al.*, 2019).

Segundo a definição dos membros da IUCN, o termo SbN é um “conceito guarda-chuva” que engloba diversas ações e abordagens, que podem ser divididas em cinco categorias principais: restauração, problemas específicos, infraestrutura, gestão e proteção. As SbN se referem às ações de proteção, gestão sustentável e restauração natural de ecossistemas naturais ou modificados (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). Todas elas apresentam como ponto comum a contribuição para o enfrentamento de vários desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, além de contribuir simultaneamente para o bem-estar humano e a biodiversidade.

Por se tratar de um “conceito guarda-chuva”, abrange diversas outras definições e nomenclaturas, como é o caso das infraestruturas verdes. Alguns exemplos de tipologias classificadas como infraestruturas verdes são: biovaletas, canteiro pluvial ou jardim de chuva, lagoa seca ou bacia de contenção, pavimento permeável, corredores verdes, telhado verde, dentre outros (Becegato; Tricárico, 2023). Segundo os autores, essas tipologias apresentam como principais funcionalidades a contribuição para a mitigação dos impactos associados à

impermeabilização do solo urbano e o auxílio na gestão das águas pluviais e na manutenção dos corpos hídricos.

As SbN existem em uma variedade de escalas, desde a escala local, em pequenas áreas urbanas - como, por exemplo, células de biorretenção, telhados verdes e zonas úmidas construídas – até a escala regional, aplicada ao longo de bacias hidrográficas, a exemplo da restauração de planícies de alagamento, do reflorestamento e da abertura de espaço para o curso natural de corpos d'água (Mubeen *et al.*, 2021). A escolha de uma tipologia em detrimento da outra depende muito da disponibilidade de espaço para o projeto, bem como a sua finalidade. Por isso, não existe um modelo universal, sendo cada projeto único de acordo com as especificidades locais (IFC, 2024).

Ainda que as SbN ofereçam diversos benefícios pela sua aplicação quando comparadas com as infraestruturas cinzas, elas também apresentam algumas limitações ou barreiras. Mubeen *et al.* (2021) perceberam que as ferramentas para mapear a adequação de SbN são limitadas ao tipo de bacia hidrográfica e também são de pequena escala ou altamente específicas ao contexto em que foram desenvolvidas. Logo, ao aplicar SbN nas cidades, é preciso considerar alguns princípios importantes, como: avaliação das funções, benefícios, custos e a adequação; aplicação de uma abordagem de sistemas integrados para a resistência urbana; priorização da proteção e restauração de ecossistemas existentes; integração de SbN em diferentes escalas espaciais; e abordagem multissetorial e interdisciplinar (IFC, 2024).

A eficácia da implementação das SbN é enormemente influenciada pelas instituições, seus sistemas e políticas de gestão governamental (van Cauwenbergh *et al.*, 2022), bem como pelas percepções dos residentes sobre os riscos da sustentabilidade urbana, preferências pelas SbN, compreensão dos seus conceitos e disposição para pagar (Ferreira *et al.*, 2020). Cabe destacar que, para dar certo um projeto de intervenção, deve-se considerar não só a participação das partes interessadas, mas também as suas prioridades, necessidades, perspectivas e interesses, uma vez que estas serão diretamente afetadas (Roa *et al.*, 2023).

Fang *et al.* (2024) verificaram que as pesquisas, predominantemente, dão destaque às infraestruturas verdes, com consideração limitada sobre o uso híbrido de infraestruturas cinzas e verdes. Entretanto, estas pesquisas sugerem que, em certos casos, as SbN podem ser uma alternativa mais eficiente e econômica do que as abordagens tradicionais (Vicarelli *et al.*, 2024), além de apresentarem multifuncionalidades (Raymond *et al.*, 2017). Ademais, os autores defendem que as pesquisas futuras em SbN, voltadas para a sustentabilidade urbana, precisam

integrar uma abordagem mais interdisciplinar, abrangendo as ciências naturais e sociais em conjunto com as perspectivas dos formuladores de políticas.

Na Alemanha, as SbN têm sido utilizadas para reduzir a ameaça a inundações no Rio Elbe pelo projeto OPERANDUM. Trata-se de um projeto europeu, composto por 26 instituições parceiras de todo o mundo, buscando aplicar as SbN para adaptar territórios rurais e naturais aos impactos crescentes dos eventos climáticos extremos (OPERANDUM, 2023). Outro exemplo prático é o Projeto do Corredor Ferroviário em Singapura, que envolveu a reconstrução de um trecho de terra de 24 km, o plantio de mais de 52 mil árvores e arbustos nativos, além da naturalização dos riachos (IFC, 2024). Dentre os impactos positivos percebidos após a implantação do projeto, pode-se mencionar: redução da temperatura do ar e da poluição atmosférica por meio de processos naturais; redução de inundações a partir da gestão das águas pluviais pelo aumento da infiltração e naturalização dos córregos; e o aumento do espaço de habitat para fauna.

No cenário brasileiro, os Serviços Ecossistêmicos, Infraestrutura Verde e Adaptação baseada em Ecossistemas são conceitos mais reconhecidos e que fazem parte de instrumentos políticos como a Estratégia e Plano de Ação Nacional para Biodiversidade (EPANB) e no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) (Marques *et al.*, 2021). Por mais que não citem explicitamente as SbN ou termos associados, há algumas políticas nacionais embasadas em aspectos associados às SbN e conceitos equivalentes, a exemplo do Estatuto das Cidades, da Política Nacional de Biodiversidade (PNB) e da Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PNCDEMES) (Fraga, 2020).

Ainda no Brasil, há um grande potencial de aplicação das SbN, especialmente nas cidades costeiras mais vulneráveis aos riscos climáticos. Porém, ainda há poucas ações reais de aplicação voltadas à ampliação da segurança da população e a recuperação ambiental (Ximenes; Maglio, 2022). O Parque Orla de Piratininga, em Niterói (RJ), é considerado um dos primeiros projetos no Brasil que aplica SbN, a exemplo de sistemas de infraestrutura verde, como equipamentos de drenagem sustentável (Vellozo *et al.*, 2022). Dentre os objetivos do projeto, destacam-se: a proteção e regeneração da Lagoa de Piratininga, promovendo a recuperação da qualidade da água e oferecendo espaços de lazer, recreação, contemplação, cultura e educação (Grael, 2020).

Com enfoque mais local e envolvimento comunitário, há diversos exemplos práticos de projetos de soluções comunitárias baseadas na natureza que foram implementados no Brasil para a adaptação de territórios vulneráveis às mudanças climáticas. Há diversas tipologias de

soluções comunitárias baseadas na natureza, como os exemplos: renaturalização de rios, corredor ecológico, estabilização de encostas, rua verde, parque urbano e área pública verde, sistema alimentar local, circular e agroecológico, captação de água da chuva, dentre outros (Brasil, 2024).

Outro exemplo, o Parque Naturalizado Novo Horizonte, situado em um bairro periférico da cidade de Jundiaí (SP), foi implantado com o intuito de solucionar problemas recorrentes como inundações, contaminações e assoreamento, agravados pela parcela elevada de área impermeável, vias pavimentadas e calçadas de má qualidade. Com a implantação do projeto, a qualidade do ar no entorno melhorou, juntamente com o conforto térmico, devido à criação de áreas sombreadas, amenizando às ilhas de calor. Também foram criadas áreas de brincar públicas e abertas, permitindo o acesso a mobiliários lúdicos, inclusivos e de descanso à população (Brasil, 2024)

A Bibliometric Review of Nature-based Solutions for Urban Flooding Disaster Risk
Reduction in Extreme Rainfall Events¹

¹Este artigo será submetido à revista Anais da Academia Brasileira de Ciência (ISSN 0001-3765), por isso foi escrito seguindo as normas desta revista, as quais podem ser consultadas no Anexo A.

XXXXXXXXXX (2026) XX (X); eXXXXXXXXX DOI XX.XXXX/XXXX-XXXXXXXXXXXXXXXXXX
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 Printed ISSN 0001-3765 | Online ISSN 1678-2690
 www.scielo.br/aabc | www.fb.com/aabcjournal

ENGINEERING SCIENCES

A Bibliometric Review of Nature-based Solutions for Urban Flooding Disaster Risk Reduction in Extreme Rainfall Events

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA, HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA, DAISY BESERRA LUCENA & FRANCISCO DA SILVA COSTA

Abstract: This study presents a bibliometric review of Nature-based Solutions (NbS) for disaster risk reduction related to urban flooding triggered by extreme rainfall events, aiming to identify scientific trends, gaps, and research patterns. A bibliometric analysis was conducted using the Web of Science and Scopus databases, applying search protocols with the descriptors “nature-based solutions,” “flood*,” “urban flood*,” and “disaster risk reduction.” Filters were applied for language, document type, and open-access publications, and the data were processed in R using the bibliometrix package to remove duplicates and perform thematic and quantitative analyses. The results indicate a substantial increase in NbS-related publications over the past decade, particularly between 2021 and 2025, with a strong interdisciplinary profile involving environmental sciences, engineering, and urban management. Scientific production is predominantly concentrated in the Global North, with limited contributions from Latin America. Key research themes include climate change, urban flooding, runoff, green infrastructure, and urban planning. The study concludes that NbS represent promising strategies to enhance urban resilience and mitigate hydrological risks; however, significant geographical and thematic gaps persist, underscoring the need for expanded research in the Global South, strengthened interdisciplinary approaches, and improved assessment of practical impacts to support evidence-based policies and effective implementation.

Key words: Disaster Risk Reduction, Extreme Rainfall Events, Literature review, Nature-based Solutions, Urban Flood.

INTRODUCTION

In the second half of the 21st century, Earth is expected to experience extreme climatic conditions that will require compensatory measures to maintain healthy environmental and living conditions (Whelchel *et al.* 2018). Furthermore, there is increasing evidence that traditional responses to flooding and flood-related disasters are proving insufficient, as they are no longer achieving the intended results (Vojinovic *et al.* 2021).

Considering this reality, Nature-based Solutions (NbS) have gained prominence as crucial strategies for reducing social risk and capable of addressing multiple problems while also providing a range of ecosystem services and co-benefits (Mayor *et al.* 2021, Whelchel *et al.* 2018). In this sense, NbS can be understood as viable and cost-effective solutions that harness natural processes to address social challenges, including Disaster Risk Reduction (DRR), while

simultaneously ensuring human well-being and benefits for biodiversity (Lucatello & Alcántara-Ayala 2024, Martin *et al.* 2021). The authors add that NbS can range from simple interventions, such as the protection of areas that provide ecosystem service, to the restoration of extensive ecosystems (reforestation and wetland restoration).

In addition, although NbS are still a relatively new approach to DRR, water security, and climate change resilience, as well as other topics, they have demonstrated significant potential to be more effective and sustainable than traditional technologies (Vojinovic *et al.* 2021). However, the implementation of NbS still faces several barriers related to social and technological/technical policies and governance issues, including the lack of real-world examples, financing, and case studies, which contribute to the preference for conventional grey infrastructure (Martin *et al.* 2021, Mayor *et al.* 2021, Vojinovic *et al.* 2021).

Consequently, there is a need to raise awareness, both within the scientific community and the general public, regarding the effectiveness of NbS in risk reduction, along with the development of principles, standards, and feasible designs. Additionally, it is essential to establish demonstration networks of local projects capable of meeting the needs of communities around the world (Whelchel *et al.* 2018).

MATERIALS AND METHODS

This study uses a bibliometric approach

The use of natural and sustainable (green) measures or the combination of green and grey elements (hybrid approaches) can provide significant co-benefits, including DRR itself (Anderson *et al.* 2022). The authors further emphasize that, given these co-benefits and the flexibility of NbS under different future climate scenarios, such solutions can be considered “win-win” or “no-regret” measures. Moreover, the success of NbS and associated projects depends on the engagement of stakeholders in co-creation, co-implementation, and use, as well as in long-term monitoring and sustainable management (Anderson *et al.* 2022, Slinger *et al.* 2023, Vojinovic *et al.* 2021).

In summary, NbS have gained increasing attention over the past decade due to their recognized relevance and potential to address a wide range of environmental and societal challenges. However, there remains a notable gap in the literature regarding reviews that specifically focus on the application of NbS in the context of Urban Flooding associated with Extreme Rainfall Events (ERE) and DRR.

Therefore, this study aimed to conduct a bibliometric review of the literature on the use of NbS to mitigate disasters related to urban flooding resulting from ERE. The central hypothesis was that, over the past five years, there has been a notable increase in the number of studies addressing the application of NbS in this specific context.

based on a comprehensive literature review, with the objective of supporting discussions, methodologies, and techniques employed in

academic research related to the theme of NbS. Specifically, this research aims to understand which NbS are most frequently utilized to mitigate the impacts of urban flooding caused by extreme rainfall events, thereby contributing to disaster risk reduction.

Bibliometric analysis

Bibliometrics is a quantitative and statistical method used to measure the production and dissemination of scientific knowledge. It is traditionally guided by three foundational laws: Lotka's Law (author productivity), Bradford's Law (journal relevance), and Zipf's Law (word frequency and relationships) (Araújo 2006, Rodrigues & Vieira 2016).

Bibliometric analysis plays a crucial role in mapping and understanding how scientific knowledge has been accumulated and evaluated over time. It offers insights into the structure and evolution of well-established research fields through the systematic analysis of large volumes of unstructured data (Donthu *et al.* 2021).

Furthermore, well-executed bibliometric studies contribute meaningfully and innovatively to the advancement of academic fields, providing scholars with a comprehensive overview of existing research, identifying knowledge gaps, generating new research ideas, and enabling the strategic positioning of their contributions within the broader academic landscape (Donthu *et al.* 2021, Lucena *et al.* 2023).

The survey of articles was carried out on November 1st, 2025, from the Portal of Periodicals of Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - CAPES (in portuguese, *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*), by UFPB (Federal University of Paraíba) access. As the survey was conducted before the end of 2025, the number of articles published this year may be even higher. Therefore, this needs to be considered when analyzing the results.

First, a bibliometric review was conducted on NbS across different fields of knowledge to examine the thematic evolution of the topic. The databases Web of Science (WoS) and Scopus (Sco) were used to support this review.

Initially, the Scielo database was also included. However, the number of articles retrieved was nearly zero. When publications were found, they were almost identical to those available in the other two databases. For this reason, it was decided not to include Scielo as a data source for this bibliometric search.

Therefore, the guiding research question was: "How has research on NbS evolved across different fields of knowledge?". At this stage, the search term "*nature-based solutions*" was used, with the search category set to "*Topic*" in WoS and "*Article title, Abstract, Keywords*" in Sco.

The document type was restricted to "*Articles*", the languages considered were "*English, Spanish, and Portuguese*", and the

publication period included all publication years up to 2025. Additionally, only open access articles were selected. The choice of open access articles is justified considering the democratization of knowledge, since they can be accessed by anyone with an internet connection. In this case, no restrictions were imposed on the fields of knowledge, as the objective was to observe the evolution of the theme across different domains.

After applying these filters, WoS returned 3,012 articles and Scopus 3,588 articles. These were exported in BibTeX format. Duplicate records were removed using the “*bibliometrix*” package in RStudio, specifically the “*biblioshiny*” function (Aria & Cuccurullo 2017). As a result, a total of 3,824 articles were included in the bibliometric analysis (Figura 1a).

Subsequently, a more refined search was conducted using the keywords “*nature-based solutions*” AND “*flood**”² AND “*disaster risk reduction*”. It is important to emphasize that the descriptors used represent distinct concepts, as “*nature-based solutions*” refers to protective measures against “*flood**”, which are the phenomena or problems to be addressed, whereas “*disaster risk reduction*” refers to public policies that can be implemented to mitigate the effects of these phenomena.

To define the search descriptors, several preliminary tests were conducted using varied

and related keywords relevant to the research topic. This process involved identifying synonyms and alternative terms based on a review of previously analyzed studies. In English, there is no specific term equivalent to the portuguese word “*alagamento*.” Therefore, the descriptor “*flood**” was initially used in the searches.

In addition, the same databases and search parameters from the initial stage were applied: search category (“*Topic*” in WoS and “*Article title, Abstract, Keywords*” in Sco), document type (“*Article*”), languages (“*English, Spanish, and Portuguese*”), publication years (up to 2025), and “*Open access*”. No restrictions were applied to the areas of knowledge in which the articles were published, as this is a highly interdisciplinary subject.

After applying these filters, WoS and Sco each returned 32 studies. The resulting BibTeX files were reprocessed in RStudio to remove duplicates (23 studies). The final search corpus comprised 41 articles (Figure 1b).

To complement the analyses, a third search was conducted, this time using the term “*urban flood**,” which is commonly employed to refer to “*alagamentos*”, in portuguese. Accordingly, the descriptors used were “*nature-based solutions*” and “*urban flood**”. The databases consulted were the same as in the previous searches, and the same filters were applied. Once again, no filters were

² The asterisk symbol (*) is used as a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search. This allows for the inclusion of multiple word variations and

derivatives. For example, the term “*flood**” retrieves results such as “*floods*” and “*flooding*”.

applied to the areas of knowledge due to the inherent difficulty of selecting which areas would be relevant and which would not, running the risk of excluding articles that may be interesting for the research, since it is interdisciplinary.

After applying the filters, 69 (WoS) and 82 (Scopus) works were identified, which were downloaded in BibTeX format to be processed in RStudio. Using the biblioshiny function from the bibliometrix package in RStudio, duplicate works (66) were removed (Appendix A). Thus, the final corpus of the research consists of 85 articles (Figure 1c).

It is worth noting that the choice of descriptors for this last search was based on previous tests carried out on the databases

RESULTS AND DISCUSSIONS

Analysis of Publications on Nature-based Solutions (NbS)

The number of academic publications is a key indicator for understanding the development and evolution of a given scientific field (Yuan & Sun 2022). Accordingly, this study analyzed the annual volume of publications and citations related to NbS indexed in the WoS and Scopus databases.

The data reveal a significant increase in academic interest in NbS over the past decade, encompassing diverse fields such as civil and environmental engineering, public administration, biodiversity conservation, water resource

after the application of the second protocol. First, only “nature-based solutions” and “flood*” were searched. Then, “nature-based solutions” and “disaster risk reduction” were searched. Finally, the search was tested with “nature-based solutions” and “urban flood*”.

During these tests, the number of articles returned by each search was observed as the descriptors were changed, and it was also verified whether the selected articles were, in fact, aligned with the research proposal. Thus, the third protocol applied can be considered an improvement on the previous ones, as well as a narrowing of the research topic, which focuses on flooding.

management, etc. This multidisciplinary engagement reflects the growing relevance of NbS in contemporary scientific research (Adarsh & Sulthana 2025, Choi *et al.* 2023, Su *et al.* 2023).

Moreover, NbS are recognized for their versatility in addressing a variety of environmental and societal challenges, including coastal erosion, urban flooding, river pollution control, and water treatment. Notably, academic interest in the topic intensified following the COVID-19 in 2020 – a period during which the role of nature in supporting human well-being gained renewed attention – highlighting the multiple benefits of strengthening the human-nature relationship (Nejade *et al.* 2022).

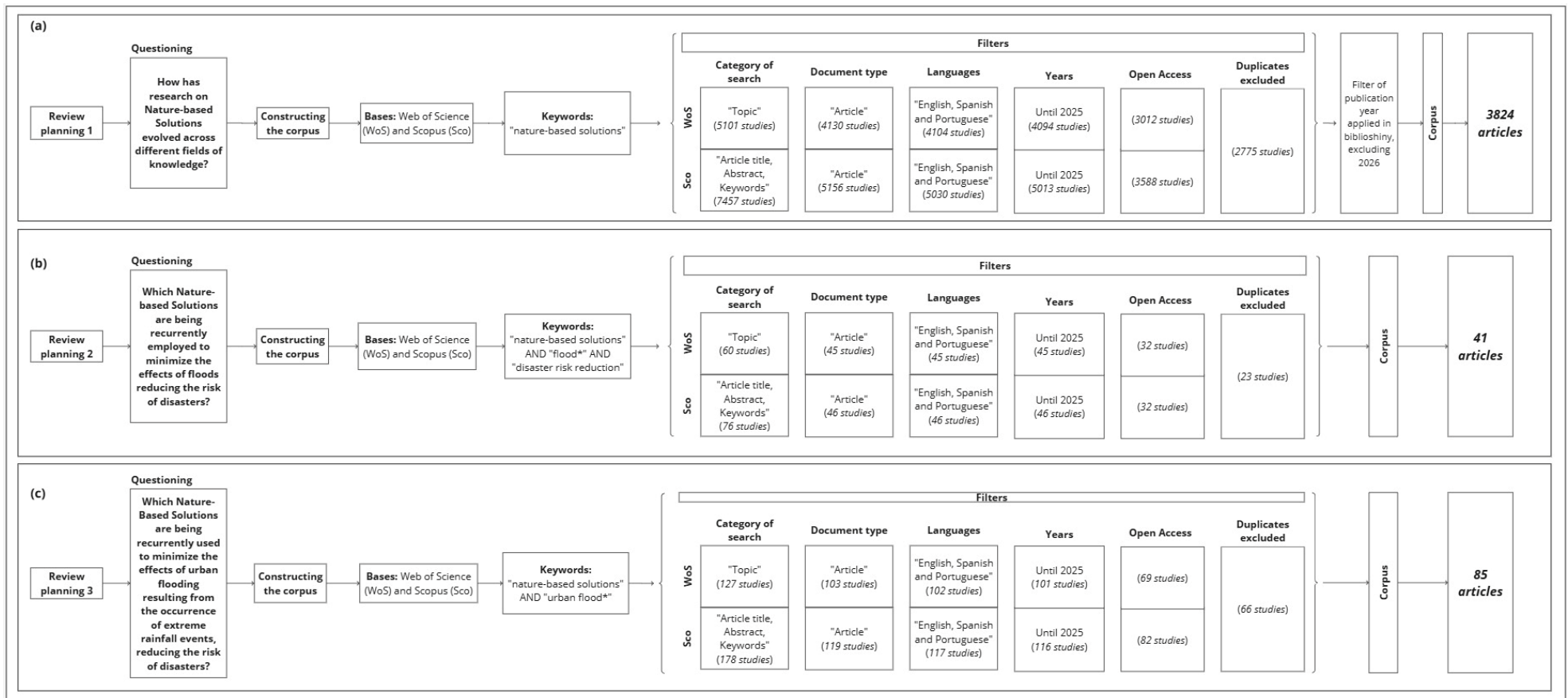


Figure 1. Research protocols for search 1, (a) using only the descriptor “nature-based solutions”; for search 2, (b) using the descriptors “nature-based solutions,” “flood*,” and “disaster risk reduction”; and for search 3, (c) using the descriptors “nature-based solutions” and “urban flood**”, on the Web of Science and Scopus databases until 2025**.

* It’s a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search

** Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases

A more significant growth in the number of publications on NbS has been observed in the last 5 years (2021-2025), when the number of articles published on the subject more than doubled. This may reflect the notoriety it has been gaining in recent years in different areas due to the current climate emergency, demanding more efficient and economic responses in the short to long term.

Despite the upward trend in publication volume, the average number of citations per year has declined, especially over the past five years. This phenomenon may be attributed to the high volume of published articles, many of which receive limited citations. Consequently, as the number of publications increases disproportionately compared to the number of citations, the average citation rate per article tends to decline (Figure 2).

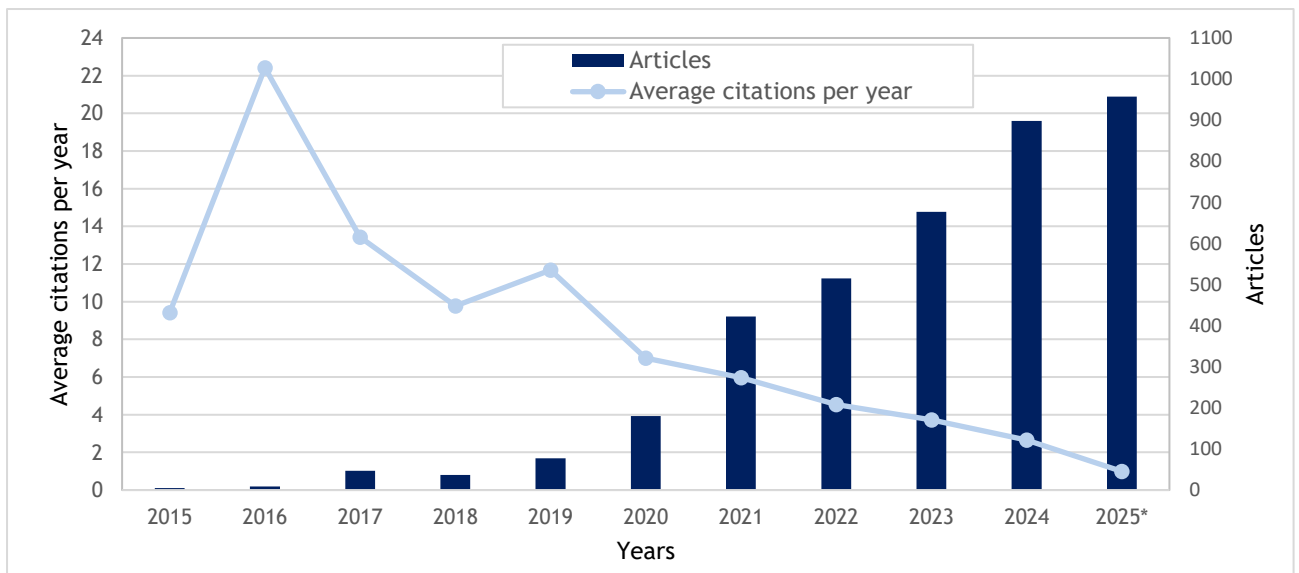


Figure 2. Number of publications and citations per year about Nature-based Solutions on the Web of Science and Scopus databases until 2025*.

* Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases

Looking more closely at Figure 2, we can see that in 2016 there was a peak in citations of papers, which can be attributed to some work that stood out from the rest and was widely

cited in the following year, mainly because discussions on the topic were still in their infancy and few articles had been published up to that point.

Analysis of Publications on NbS, Flood* and DRR

As in Figure 2, Figure 3 shows a pattern of

growth in the number of publications and a decrease in citations per year on the topics of

Nbs, Flood*, and DRR, with the exception that there are only publications from 2017 onwards. In this case, the growth in publications was not as significant as in the previous search, as an increase in articles is only observed after 2020, and from 2021 to 2025, the number of articles published per year was almost constant.

Overall, the number of publications shows an increasing trend; however, the average number of citations remains low, especially over the last three years (2023 to 2025). From 2017 to 2018, there was a sharp drop in the average number of citations, which fell from 22.44 to 3.88. From 2018 to 2019, the average rose again, but only to 10. Then, from 2020 to 2022, it remained almost constant at around 6 citations per year. Then, in 2023, there is a slight increase to 8.1. And from 2023 to 2025, it falls again.

This pattern can be explained by the fact that academic works generally require time to

accumulate a substantial number of citations. As time progresses, citation counts tend to grow. Therefore, it is common for older articles to have higher citation rates, while more recent publications typically receive fewer citations.

In addition, this period coincides with the COVID-19 and the subsequent post-pandemic context, which, as previously mentioned, prompted a renewed awareness of the importance of the human-nature relationship for survival, as well as the potential benefits it offers.

As expected, the topic continues to be highly interdisciplinary, encompassing several fields of knowledge, such as environmental sciences, multidisciplinary geosciences, water resources, meteorology, and atmospheric sciences, etc., as also demonstrated by the work of Rodrigues *et al.* (2021).

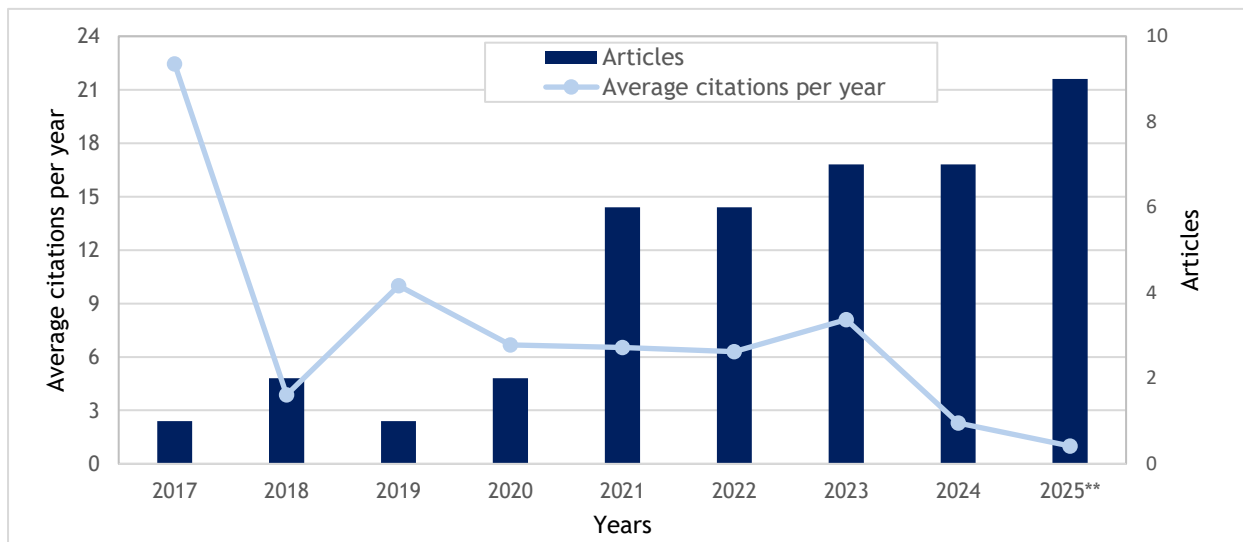


Figure 3. Number of publications and citations per year about Nature-based Solutions, Flood* and Disaster Risk Reduction on the Web of Science and Scopus databases until 2025**.

* It's a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search

**Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases

Analysis of Publications on NbS and Urban Flood*

In general, there is a noticeable upward trend in the number of articles published. Over the last five years, this growth has more than doubled, and may be even greater, given that the searches were conducted in early November 2025 (Figure 4).

As pointed out by Rodrigues *et al.* (2021), after the publication of the first article on NbS in 2015, with the article by Eggermont *et al.* (2015), there has been growth in the field of

research and studies, because, even with the existing limitations, the area has become more attractive to researchers.

As in the previous graph, publications began in 2017. However, in 2018, no articles were published on this topic in these databases, but there is no specific known reason for this.

There is also a downward trend in the average number of citations per article, which, as in Figures 2 and 3, can be explained by the increase in the number of articles published per year.

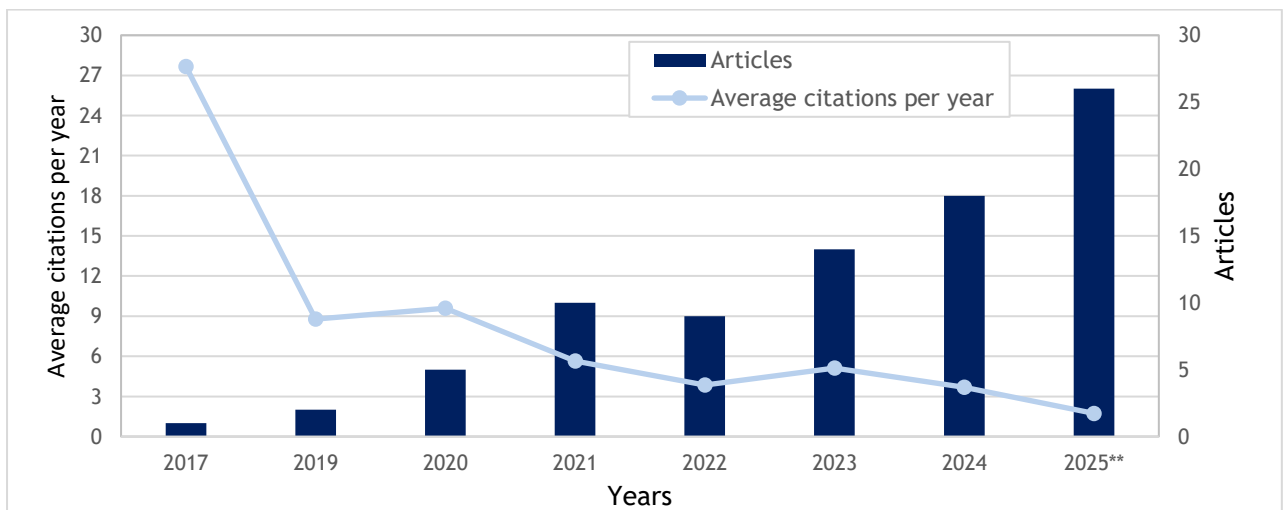


Figure 4. Number of publications and citations per year about Nature-based Solutions and Urban Flood* on the Web of Science and Scopus databases until 2025**.

* It's a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search

** Until November 1st, 2025 when the search was realized on the database

Of the 10 journals that stood out with the highest number of publications on the topic, the following are noteworthy: Sustainability; Land; Water; Science of the Total Environment; Ecological Indicators; Frontiers in Water; Journal of Environmental Management; Nature-based Solutions;

Engineering, Technology, and Applied Science Research; and Hydrology (Figure 05). The journals Sustainability and Science of the Total Environment also stood out as the most cited journals in the review conducted by Rodrigues *et al.* (2021).

Just by looking at the main journals in

which the articles were published, it is possible to note the interdisciplinarity that exists in the theme of NbS and urban flood*, with journals linked to hydrology, sustainability, soil, engineering, etc.

In general, some journals exhibit a broader scope, addressing environmental topics from different perspectives, such as: Science of the Total Environment; Journal of Environmental Management; Sustainability; and Land.

On the other hand, some journals are more specialized, focusing on specific fields

of knowledge that may address the theme of NbS in some way, such as Water; Ecological Indicators; Frontiers in Water; Hidrology; and Engineering, Technology and Applied Science Research.

Finally, some journals are directly related to the themes of NbS and urban flood*, such as Nature-based Solutions. However, since these are interdisciplinary topics, they often include other types of NbS not directly associated with problems related to ERE.

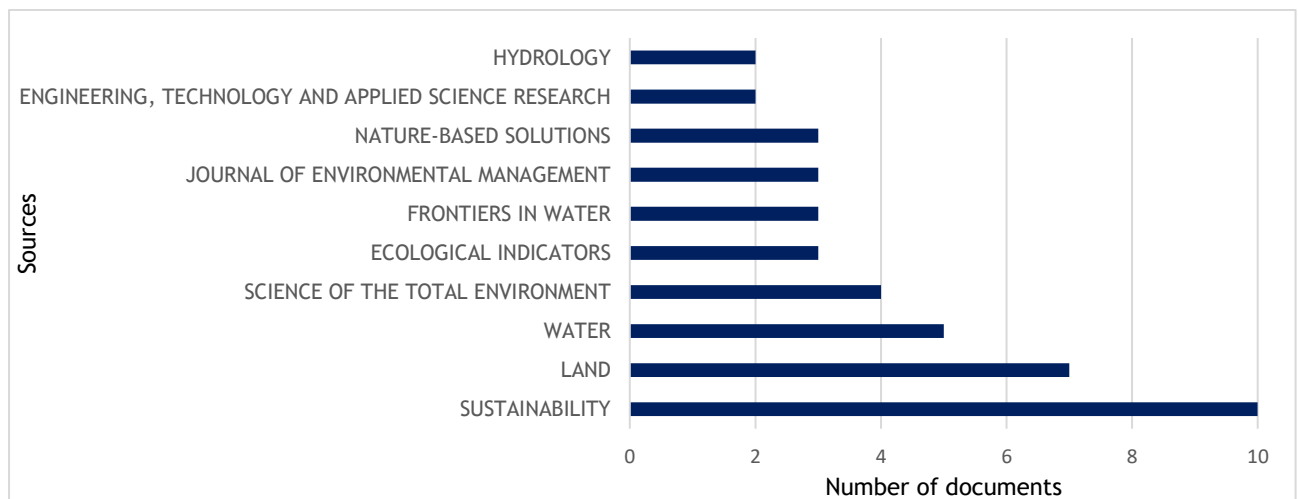


Figure 5. Number of documents published per 10 most relevant sources about Nature-based Solutions and Urban Flood* on the Web of Science and Scopus databases (2017–2025).**

*** It's a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search**

**** Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases**

As the creation of partnerships and research networks is common, scientific production is frequently distributed across several countries worldwide. Additionally, due to researcher mobility, it is often the case that a researcher originates from one country but conducts studies in another, facilitating more

effective knowledge exchange.

Despite this global spread, there is a noticeable concentration of research on NbS, DRR, and ERE in Asia, North American and European countries, particularly the China (64), United Kingdom (29), Italy (28), Netherlands (28), Germany (25), United States (16), Ecuador

(14), Australia (12), Portugal (12), Spain (12), and Sweden (12), which had a participation frequency greater than 10 (Figure 6).

There is a striking difference in the participation of the Global North compared to the South, so much so that, among the countries with the highest participation, only Ecuador stood out as a representative of Latin America, with 14 publications. A little further behind is Mexico, with only 4 publications. At the bottom of the list are Brazil and Chile, both with 1 publication each. A similar pattern was observed

in the work of Aziz *et al.* (2024), who conducted a systematic review focused on coastal urban flood risk management.

In the African continent, only two countries, South Africa (3) and Egypt (2), have publications related to the studied topic. This reinforces the dominance of the Global North over the Global South in scientific knowledge production, reflecting a persistent colonial dynamic in the realm of academic research (Guzmán-Valenzuela & Gómez 2019, Piccin & Finardi, 2021).

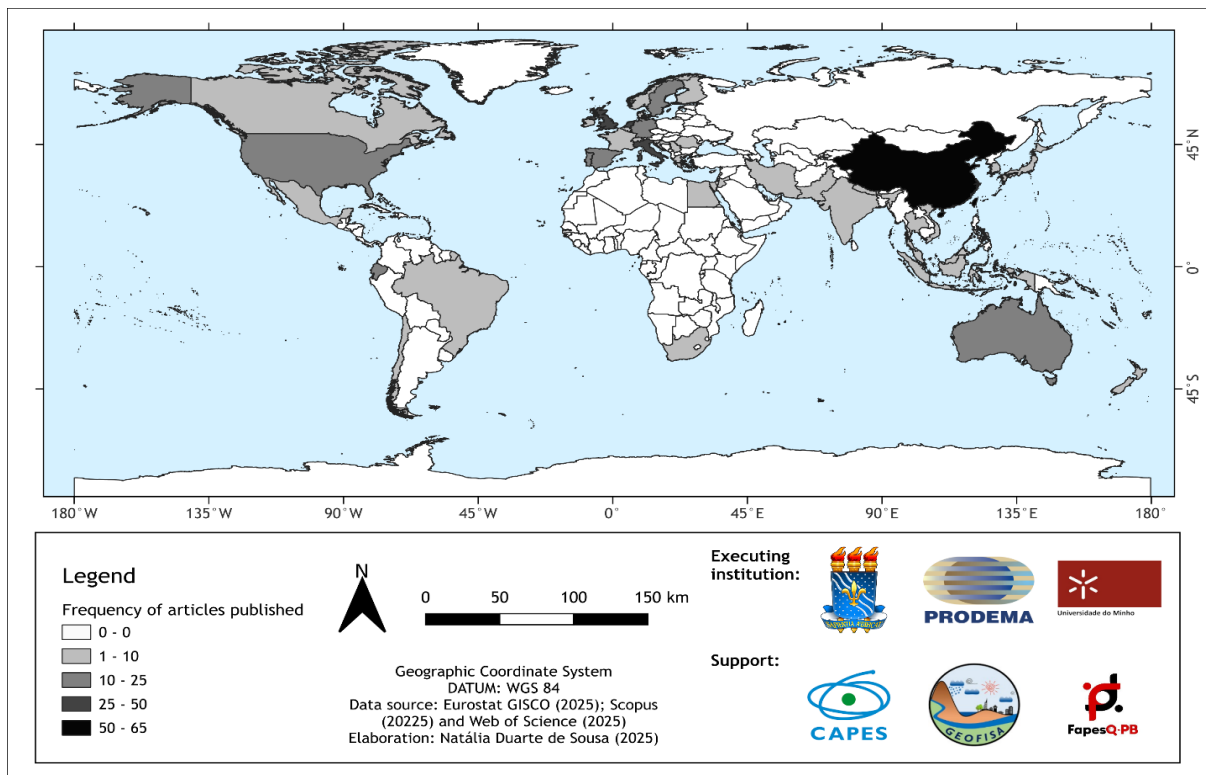


Figure 6. Countries’ scientific production in number of articles published about Nature-based Solutions and Urban Flood* on the Web of Science and Scopus databases (2017–2025).**

* It’s a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search

** Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases

Among the 10 most frequent words in the word cloud, the following stand out: “Nature-based Solutions,” “Climate-change,”

“Management,” “urban flood*,” “impact*,” “runoff,” “green infrastructure,” “urbanization,” “resilience,” and “cities,”

centrality and low density, as these ones are important and fundamental to a given field but do not have well-developed internal cohesion and are less explored. Therefore, they are emerging and crosscutting.

Finally, in the fourth quadrant (lower

left), called “emerging or declining themes”, which ones with low centrality and density are concentrated, that is, they are peripheral, underdeveloped, or marginal in the field of research (Figure 8).

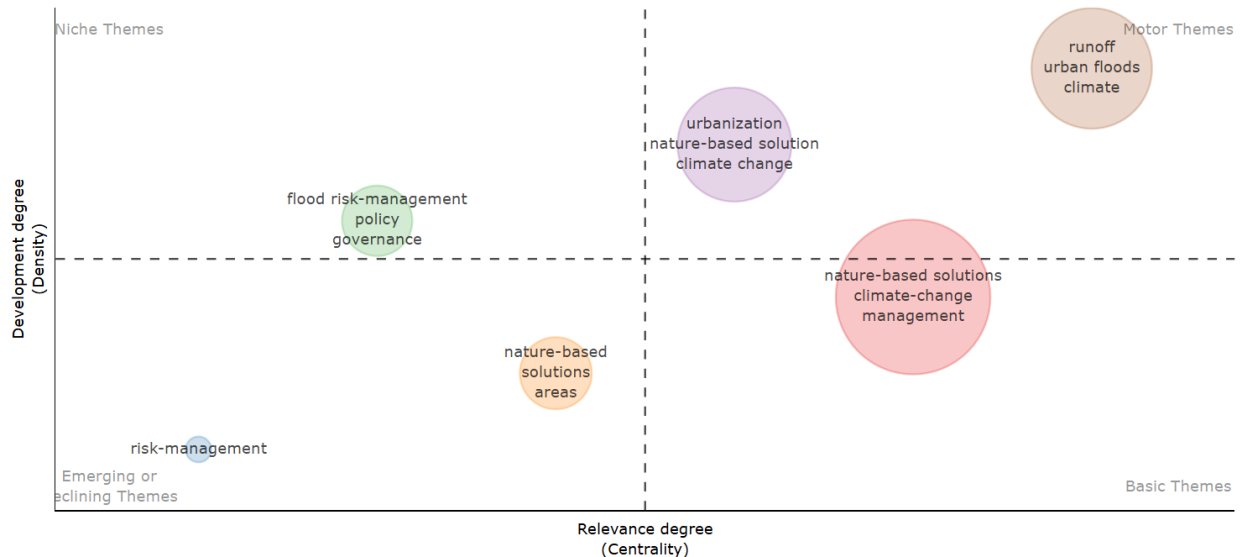


Figure 8. Main research topics associated with Nature-based Solutions and Urban Flood* based on articles published in the Web of Science and Scopus databases (2017–2025).**

* It's a wildcard character placed at the end of search terms to broaden the scope of the search

** Until November 1st, 2025 when the search was realized on the databases

Thus, “runoff,” “urban flood,” and ‘climate’ form a “motor themes”, as do “urbanization”, “nature-based solution”, and “climate change”. In the case of “nature-based solutions”, “climate change”, and “management” form a “basic theme”, but one that has been approaching a “motor theme”. “Flood risk management”, “policy”, and “governance” are still worked on in a very

isolated manner despite being well established and are therefore characterized as “niche themes”. Finally, “risk management”, “nature-based”, “solutions”, and “areas” are likely “emerging themes” that have been addressed more in recent years and tend to gain greater relevance over time, as this is also a trend observed in published works.

CONCLUSIONS

This bibliometric study revealed an exponential growth trend in research on Nature-based Solutions (NbS) for reducing the risk of urban flooding disasters during extreme rainfall events, especially in the last decade, with a notable increase between 2021 and 2025. This expansion reflects the growing relevance and global recognition of NbS as sustainable alternatives to traditional infrastructure, particularly in the context of climate change and the need for urban resilience.

The results indicate a geographical concentration of scientific production, with Asia, North America and Europe leading the number of publications. This disparity between the Global North and South points to the need for greater investment and promotion of research and implementation of NbS in less represented regions, such as Latin America, where Brazil stands out with some contributions, but still on a smaller scale.

The interdisciplinary nature of the

topic is a key finding, evidenced by the diversity of knowledge areas involved – from engineering and environmental sciences to public administration and water resource management – and by the journals of publication and keywords covering areas such as planning, governance, and urban drainage. This multifaceted nature of NbS reinforces its potential to address complex challenges holistically.

In summary, this study not only corroborates the growing importance of NbS in the global disaster risk reduction agenda, but also highlights the need for decentralization of research, greater interdisciplinary collaboration, and a continued focus on practical application and impact assessment to ensure that increased scientific output translates into effective and equitable solutions for the most vulnerable communities. Understanding geographical and thematic gaps is crucial for guiding future research and public policy efforts, aiming for a more comprehensive and impactful implementation of NbS on a global scale.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Graduate Program in Development and Environment (PRODEMA/UFPB) for its support, assistance, and contributions to this work. We also thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the scholarship granted to the first author, a master's student, for the development of her dissertation, from which this article originated. We thank the Paraíba State Research Support Foundation (FAPESQ)

for the sandwich master's scholarship awarded to the lead author during her academic mobility period. We thank PhD Francisco da Silva Costa and the University of Minho (UM) for their receptiveness, exchange of knowledge, and partnership in the development of the project. We also express our gratitude to the Study and Research Group on Physical Geography and Socio-Environmental Dynamics (GEOFISA/UFPB) for their partnership and contributions to this research.

REFERENCES

- ADARSH T & SULTHANA KPH. 2025. Trends and insights in nature-based solutions: A bibliometric study. *Int J Disast Studies Climate Resil*, 1(1), 22-34.
- ANDERSON CC, RENAUD FG, HANSCOMB S, GONZALEZ-OLLAURI A. 2022. Green, hybrid, or grey disaster risk reduction measures: What shapes public preferences for nature-based solutions? *J Environ Manage*, 310, 114727.
- ARIA M & CUCCURULLO C. 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J Infometr*, 11(4), 959-975.
- ARAÚJO CA. 2006. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, 12 (1), 11-32.
- AZIZ F, WANG X, MAHMOOD MQ, AWAIS M, TRENOUTH B. 2024. Coastal urban flood risk management: Challenges and opportunities. *J Hydrology*, 645, 132271.
- CHOI E, KIM R, CHAE J, YANG A, JANG E, LEE KY. 2023. Analysis of nature-based solutions research trends and integrated means of implementation in climate change. *Atmosphere*, 14, 1775.
- DONTHU N, KUMAR S, MUKHERJEE D, PANDEY N, LIM WM. 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *J Bus Res*, 133, 285-296.
- EGGERMONT H ET AL. 2015. Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. *GAIA*, 24(4), 243-248.
- GUZMÁN-VALENZUELA C & GÓMEZ C. 2019. Advancing a knowledge ecology: changing patterns of higher studies in Latin America. *High Educ*, 77 (1), 115-133.
- LUCATELLO S & ALCÁNTARA-AYALA I. 2024. Sustainable Synergy: Strengthening disaster risk reduction in Latin America and the Caribbean through nature-based solutions. *Int J Disaster Risk Reduct*, 113, 104860.
- LUCENA DB, CUNICO C, NASCIMENTO GKRT, NASCIMENTO GR. 2023. Overview of the research on vulnerability and flood: bibliometric and systematic review of the literature. *Cad Geogr*, 33(73), 451-473.
- MARTIN JGC, SCOLOBIG A, LINNERTH-BAYER J, LIU W, BALSIGER J. 2021. Catalyzing Innovation: Governance Enablers of Nature-Based Solutions. *Sustainability*, 13, 1971.
- MAYOR B ET AL. 2021. Natural Assurance Schemes Canvas: A Framework to Develop Business Models for Nature-Based Solutions Aimed at Disaster Risk Reduction. *Sustainability*, 13, 1291.
- NEJADE RM, GRACE D, BOWMAN LR. 2022. What is the impact of nature on human health? A scoping review of the literature. *J Glob Health*, 12: 04099.
- PICCIN GFO & FINARDI KR. 2021. Abordagens críticas/decoloniais na educação superior: (in)visibilidades nas/das epistemologias de (des)construção das internacionalizações. *Línguas Letras*, 22 (52), 56-71.
- RODRIGUES C & VIEIRA AFG. 2016. Estudos bibliométricos sobre a produtividade científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. *Rev Ciênc Inform Document*, 7(1), 167-180.
- RODRIGUES PN, ALCÁNTARA VS, YAMAMOTO EAFS, CAMPOS AC, BACELAR AS. 2021. Aprendendo com a natureza: uma revisão sobre Nature-based solutions (NBS). *Rev Gest Sust Amb*, 10(1), 417-436.
- SLINGER JH, CUNNINGHAM SC, KOTHUIS BLM. 2023. A co-design method for including stakeholder perspectives in nature-based flood risk management. *Nat Hazards*, 119, 1171-1191.
- SU J, WANG M, RAZI MAM, DOM NM, SULAIMAN N, TAN L. 2023. A bibliometrics review of nature-based solutions on urban stormwater management. *Sustainability*, 15, 7281.
- VOJINOVIC Z, ALVES A, GÓMEZ JP, WEESAKUL S, KEERAKAMOLCHAI W, MEESUK V, SANCHEZ A. 2021. Effectiveness of small- and large-scale Nature-Based Solutions for flood mitigation: The case of Ayutthaya, Thailand. *Sci Total Environ*, 789, 147725.
- WHELCHER AW, REGUERO BG, VAN WESENBECK B, RENAUD FG. 2018. Advancing disaster risk reduction through the integration of science, design, and policy into eco-engineering and several global resource management processes. *Int J Disaster Risk Reduct*, 32, 29-41.
- YUAN BZ & SUN J. 2022. Bibliometric analysis of rice and climate change publications based on Web of Science. *Theor Appl Climatol*, 150, 347-362.

How to cite

SOUSA ND, FILGUEIRA HJA & LUCENA DB, COSTA FS. 2026. A Bibliometric Review about Nature-based Solutions for Urban Flood Disaster Risk Reduction in Extreme Rainfall Events. An Acad Bras Cienc XX: eXXXXXXX. DOI: XX.XXX/XXXX-XXXXXXXXXXXXXXXXXX.

Manuscript received on; accepted for publication on

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA¹

<https://orcid.org/0000-0001-9955-4772>

HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA²

<https://orcid.org/0000-0002-4378-3477>

DAISY BESERRA LUCENA³

<https://orcid.org/0000-0002-1645-9743>

FRANCISCO DA SILVA COSTA⁴

<https://orcid.org/0000-0001-7041-7811>

¹Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Campus I Lot. Cidade Universitária, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil

²Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Campus I Lot. Cidade Universitária, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil

³Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Geociências, Campus I Lot. Cidade Universitária, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil

⁴Universidade do Minho, Departamento de Geografia, Campus de Azurém, Av. da Universidade, 4800-058, Guimarães, Braga, Portugal

Correspondence to: **Natália Duarte de Sousa**

E-mail: natalids.ufpb@gmail.com

Author contributions

NATALIA D. DE SOUSA was responsible for conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project administration, software, visualization, and writing - original draft. HAMILCAR J. A. FILGUEIRA supervised the research, helped the conceptualization, methodology, resources, and writing - review and editing. DAISY B. LUCENA helped conceptualization, implement the methodology, resources, software, supervision, and writing - review and editing. FRANCISCO DA S. COSTA contributed for conceptualization, methodology, resources, supervision, and writing - review and editing.



APPENDIX A - RSTUDIO SCRIPT FOR REMOVING DUPLICATE ARTICLES IN BIBLIOMETRIC REVIEW

```
### BIBLIOMETRIC REVIEW ABOUT NBS AND URBAN FLOOD ###
```

```
#Install all these packages:
```

```
install.packages("devtools")
devtools::install_github("massimoaria/pubmedR")
install.packages("pubmedR")
install.packages("rio")
devtools::install_github("massimoaria/bibliometrix")
install.packages("bibliometrix", dependencies = TRUE)
install.packages("jsonlite", type = "source")
```

```
# Download the libraries below:
```

```
library(pubmedR)
library(bibliometrix)
```

```
# Convert the .bib files already assembled according to routine:
```

```
A<-convert2df("C:/Users/natal/OneDrive/UFPB/Prodema/Dissertação/Revisão Sistemática da
Literatura/Resultados finais/SbN and Urban Flood/Wos_total.bib", dbsource = 'isi', format = "bibtex")
B<-convert2df("C:/Users/natal/OneDrive/UFPB/Prodema/Dissertação/Revisão Sistemática da
Literatura/Resultados finais/SbN and Urban Flood/Sco_total.bib", dbsource = 'scopus', format =
"bibtex")
```

```
# Merge the .bib files from the Web of Science database with Scopus.:
```

```
M<-mergeDbSources(A,B, remove.duplicated = TRUE)
```

```
# Export the table resulting from the merge:
```

```
rio::export(M,file = "C:/Users/natal/OneDrive/UFPB/Prodema/Dissertação/Revisão Sistemática da
Literatura/Resultados finais/SbN and Urban Flood/M.xlsx")
```

```
# Call the biblioshiny function to open bibliometrix:
```

```
biblioshiny()
```

Variabilidade espaço-temporal da chuva diária e dos eventos extremos de chuva no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil ³

³Este artigo foi submetido à revista RA'EGA – O espaço geográfico em análise (ISSN eletrônico 2177-2738), por isso foi escrito seguindo as normas desta revista, as quais podem ser consultadas no Anexo B.

Variabilidade espaço-temporal da chuva diária e dos eventos extremos de chuva no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Spatial and temporal variability of daily rainfall in the municipality of João Pessoa, Paraíba, Brazil

Natália Duarte de Sousa*, Hamilcar José Almeida Filgueira**, Daisy Beserra Lucena***, Gabriel Fernandes da Silva***

* Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPB), nataliads.ufpb@gmail.com

** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), hfilgueira@gmail.com

*** Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), daisylucena@yahoo.com.br

**** Graduando em Geografia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), gabriel.fernandes.silva@academico.ufpb.br
<http://dx.doi.org/.....XXX>

Resumo

Este trabalho analisou a variabilidade espaço-temporal da chuva diária e dos eventos extremos de chuva (EEC) no município de João Pessoa, estado da Paraíba, Brasil, de 1981 a 2024, para a identificação de áreas propensas a risco de desastres por alagamento. Utilizando dados pluviométricos da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e interpolados do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS), Climate Hazards Center, UC Santa Barbara, Estados Unidos da América, adotou-se o Percentil 99 para caracterização dos EEC. Foram aplicados testes estatísticos (Mann-Kendall, Sen's Slope e Pettitt) para detectar tendências e rupturas nas séries históricas, além da relação com fenômenos atmosférico-oceânicos como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico. Os resultados mostram maior concentração de chuvas e EEC nas áreas litorâneas da cidade, sem tendência estatisticamente significativa de aumento ou redução dos volumes ao longo do tempo. Observou-se uma constância na ocorrência anual de ao menos um EEC desde 2011, sendo os anos de La Niña e Dipolo Negativo mais propícios à ocorrência desses eventos. Embora as chuvas extremas sejam comuns no período chuvoso, também podem ocorrer no período seco. A análise dos impactos revelou deficiências estruturais em drenagem urbana, agravadas por ocupação desordenada e descarte inadequado de resíduos sólidos. Apesar da expressiva ocorrência de EEC, poucos problemas à população foram oficialmente reconhecidos, indicando que o evento em si nem sempre se materializa em desastre.

Palavras-chave:

Fenômenos atmosférico-oceânicos, Tendências, Desastres, Alagamentos.

Abstract

This study analyzed the spatio-temporal variability of daily rainfall and extreme rainfall events (ERE) in the municipality of João Pessoa, state of Paraíba, Brazil, from 1981 to 2024, to identify areas prone to flooding disasters. Using rainfall data from Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) and interpolated from Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS), Climate Hazards Center, UC Santa Barbara, United States of America, the 99th percentile was adopted to characterize ERE. Statistical tests (Mann-Kendall, Sen's Slope, and Pettitt) were applied to detect trends and breaks in historical series, in addition to the relationship to atmospheric-oceanic phenomena such as El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and the Atlantic Dipole. The results indicate a higher concentration of rainfall and ERE in the coastal areas of the city, with no statistically significant trend of increase or decrease in volumes over time. There has been a constant annual occurrence of at least one ERE since 2011, with La Niña and negative Dipole years being more favorable to these events. Although extreme rainfall is common during the rainy season, it can also occur during the dry season. Impact analysis revealed structural deficiencies in urban drainage, exacerbated by disordered land occupation and inadequate solid waste disposal. Despite the significant occurrence of ERE, few problems were officially reported to affect the population, indicating that an event itself does not always materialize into a disaster.

Keywords:

Atmospheric-oceanic phenomena, Trends, Disasters, Urban flooding.

I. Introdução

Nas diversas escalas de tempo e espaço, a chuva pode ser considerada altamente heterogênea (Saharia *et al.*, 2021). Outrossim, esta é de grande importância para caracterização do clima de uma localidade, uma vez que as particularidades do seu regime interferem em variações que podem ser observadas na temperatura e na umidade do ar (Leite *et al.*, 2010). Considerando que as mudanças no clima causam, dentre vários impactos, alterações na chuva e na temperatura do ar, isto pode acarretar modificações na variabilidade e padrão e, por conseguinte, no aumento da frequência dos eventos extremos em todo o mundo (Silva *et al.*, 2025^a; Westra *et al.*, 2014).

As chuvas, especialmente as extremas que apresentam grandes volumes e podem ocorrer em um curto intervalo de tempo, acabam acarretando uma série de problemas como, por exemplo, alagamentos, enchentes, inundações, movimentos de massa, dentre outros, que podem ser agravados pela falta de infraestrutura (Luna; Silva, 2023; Nóbrega; Farias, 2016). Nesses casos, as populações que vivem em áreas propensas à risco hidrológico e geológico geomorfológico estão completamente expostas aos desastres, podendo sofrer com perdas humanas, animais e materiais (Luna; Silva, 2023). Por isso, é imprescindível estudar os padrões e o comportamento das chuvas visando o planejamento do uso e ocupação do solo e a gestão dos recursos hídricos, bem como a tomada de decisão associada à produção e demais atividades socioeconômicas que são influenciadas pela chuva (Oliveira *et al.*, 2024).

A variabilidade espacial da chuva está associada a fenômenos de mesoescala e fatores topoclimáticos, que explicam a ocorrência ou não de eventos extremos em diferentes locais de uma mesma região (Costa *et al.*, 2021). Na região Nordeste do Brasil (NEB), a ocorrência de chuvas é influenciada pela atuação dos sistemas meteorológicos, que atuam em escalas espacial e temporal diferentes, interferindo de forma acentuada na variabilidade interanual, produzindo anos extremamente secos e outros extremamente chuvosos (Abreu *et al.*, 2019; Medeiros *et al.*, 2018).

As chuvas extremas podem ser determinadas por meio da matemática-estatística, em que o total de chuva deve ser superior a um valor médio definido (Armond; Sant'Anna Neto, 2017). No entanto, não há uma definição padrão para os eventos extremos de chuva (EEC), uma vez que a sua intensidade e os seus impactos variam de uma localidade para outra, podendo os limiares adotados variar, sendo de 30 mm, 40 mm ou 50 mm em um intervalo de 24 horas (Luna; Silva, 2023). No presente trabalho, foi adotada a Técnica dos Quantis, especificamente com base no Percentil 99, para a determinação dos EEC e análise da sua climatologia, tendo em vista que essa técnica já foi aplicada, anteriormente, com sucesso em outros trabalhos (Anjos *et al.*, 2024; Nóbrega; Farias, 2016; Oliveira *et al.*, 2020).

O objetivo deste trabalho foi analisar a variabilidade espaço-temporal da chuva diária no município de João Pessoa, estado da Paraíba, Brasil, no período de 1981 a 2024 (44 anos), bem como dos EEC, a fim de identificar quais zonas da cidade sofrem mais com os seus efeitos, especificamente com problemas de alagamento. Sendo assim, as hipóteses são: (i) a chuva varia temporal e espacialmente no município de João Pessoa-PB com maiores volumes em áreas mais próximas ao litoral; e (ii) a ineficiência dos sistemas de drenagem é o principal fator de risco para a ocorrência de alagamentos urbanos.

II. Materiais e Métodos

Área de estudo

O município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, é o recorte de análise do estudo. É uma das cidades mais antiga do Brasil, tendo sido fundada em 5 de agosto de 1585 (João Pessoa, 2015). Situa-se entre as latitudes 07°02'30" S e 07°19'00" S, e as longitudes 34°48'00" O e 34°59'00" O. Economicamente, é considerado o município mais importante do estado e é também o mais populoso. Conforme o último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2023), possui uma população residente de 833.932 habitantes, que se distribuem nos 65 bairros, ocupando uma área total de 210,04 km², com densidade demográfica de 3.970,27 hab/km² (Figura 1).

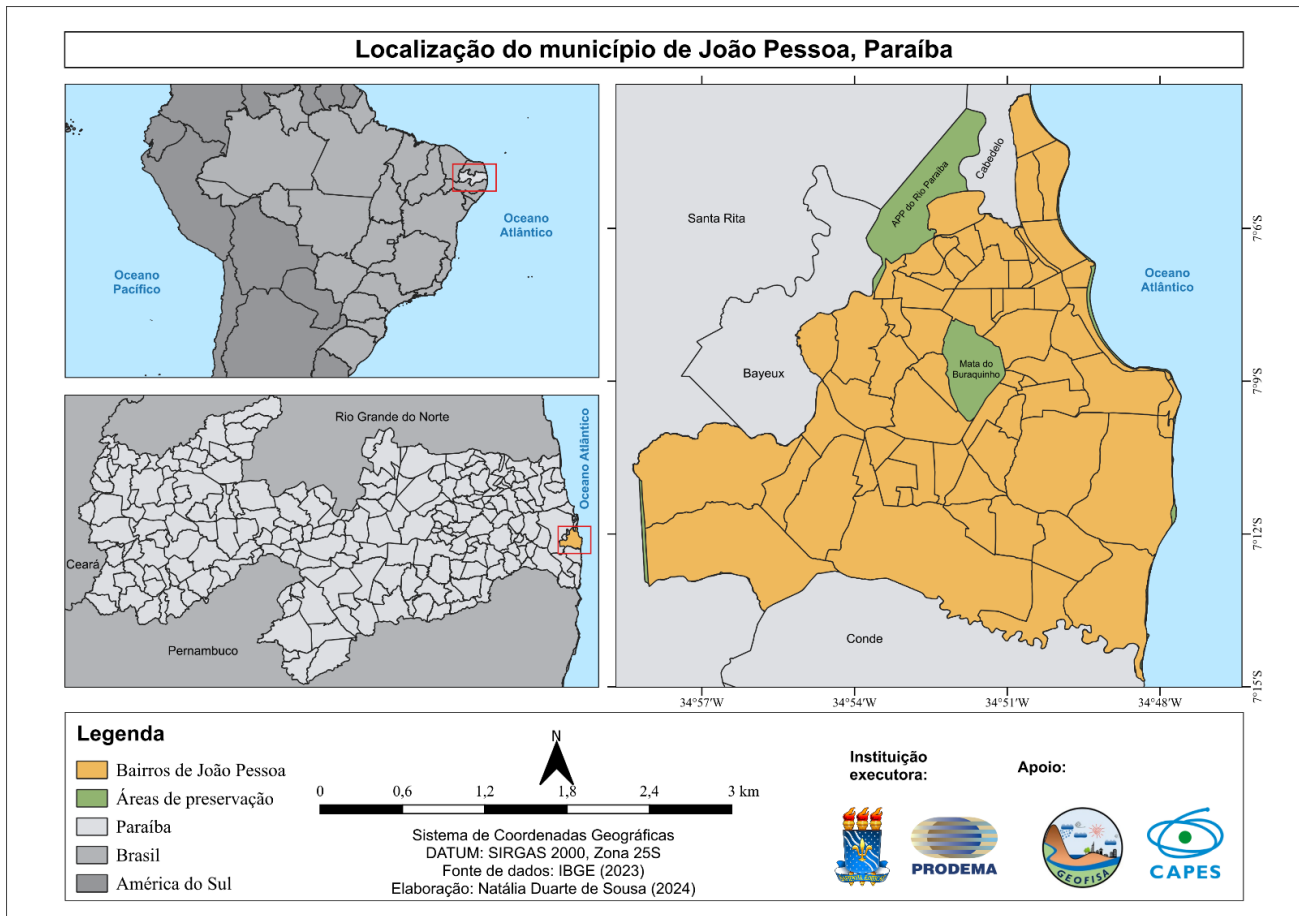


Figura 1 – Localização do município de João Pessoa – PB (Natália Duarte de Sousa/2024)

O município está inserido na Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP), a qual também engloba os municípios de Bayeux, Cabedelo, Conde, Cruz do Espírito Santo, Lucena, Mamanguape, Rio Tinto, Santa Rita, Alhandra, Caaporã e Pitimbu, conforme a Lei Complementar Estadual Nº 93, de 11 de dezembro de 2009. De acordo com a divisão proposta por Braga e Silva (1990, *apud* Silva *et al.*, 2022), localiza-se na Microrregião Pluviometricamente Homogênea (MPH) do Litoral, que, assim como as MPH do Brejo e Agreste, apresenta o período chuvoso entre os meses de março e julho (Nascimento; Silva; Santos e Silva, 2024).

No processo de formação urbana da antiga cidade, havia a presença marcante da natureza, sendo a sua paisagem composta pela mistura dos espaços verdes com os construídos, sendo essa uma característica importante para o seu sistema de drenagem natural (João Pessoa, 2015). Entretanto, com o processo de expansão urbana, essa característica foi ficando no passado para dar lugar a novas vias pavimentadas, além de lotes ocupados e impermeabilizados, sem a devida preocupação com os problemas de drenagem urbana existentes e os que poderiam aparecer futuramente.

Sendo assim, ainda que o município de João Pessoa não sofra com desastres hidroclimáticos recorrentes como outras capitais do Nordeste brasileiro, a exemplo de Recife, Maceió e Salvador, é

importante preparar a localidade para este novo cenário de eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos. Além disso, é importante destacar que não é preciso esperar que o município sofra com impactos recorrentes associados a eventos extremos, para que uma medida de planejamento adequada seja tomada. Quanto antes a localidade se antecipa e se adapta a essa realidade, mais se evitarão prejuízos socioeconômicos.

Identificação e análise dos EEC

À princípio foi realizado o levantamento das diferentes estações meteorológicas ou postos pluviométricos de variadas fontes de monitoramento que possuem dados diários de chuva, como a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (CEMADEN/MCTI). Entretanto, nem todas as estações e postos apresentam uma quantidade de dados suficientes para as análises, o que é um dos principais problemas quando se trabalha com dados reais de chuva, podendo comprometer os resultados.

Sendo assim, utilizou-se como critério de seleção para as estações e postos aqueles que possuem 70% ou mais de dados disponíveis. Logo, de um total de 17 estações e postos identificados, apenas três monitoradas(os) pela AESA estavam neste critério: DFAARA (100%), Mangabeira (93,55%) e Marés (91,13%). Como a série temporal de dados disponíveis da AESA é de 1994 a 2024, esta foi a normal climatológica adotada para o estudo. O posto DFAARA apresenta toda a série completa, então este foi usado para calcular o valor do Percentil 99 (P99), que foi fixado para todo o município a fim de contabilizar a quantidade de EEC.

Para definir o limiar dos EEC, foi aplicada a Técnica dos Quantis (Wilks, 2006 *apud* Amorim *et al.*, 2019), a qual costuma ser utilizada para estudos de EEC com base nos Percentis (P) 90, 95 ou 99. A análise dos Quantis foi realizada a partir da organização da série de dados em ordem crescente, para depois dividir em “n” partes iguais. Para a técnica dos P, a divisão da amostra foi realizada em 100 partes, na qual cada uma deverá possuir uma porcentagem, aproximadamente, igual de dados. Esses cálculos foram realizados na planilha eletrônica *Excel* da *Microsoft*.

Escolheu-se a Técnica dos Quantis baseada em outros trabalhos que já a aplicaram com sucesso na determinação dos EEC (Costa *et al.*, 2015; Pereira; Moura; Lucena, 2020; Silva *et al.*, 2022). Ademais, o P99 está associado a um dos nove índices de extremos climáticos usados na análise de chuvas e recomendados pelo *Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices - ETCCDMI* (em português, Equipe de

Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas, do Programa Mundial de Pesquisa Climática), particularmente o índice R99p.

Para contabilizar a quantidade de EEC dos três postos da AESA, foi elaborado um *script* no *software* livre *RStudio*, uma vez que facilita e otimiza os cálculos quando se trata de uma grande quantidade de dados. Deste modo, foi possível realizar também a análise da variabilidade temporal (anual e interanual) da chuva total e dos EEC no município, além da aplicação de testes estatísticos para análises de tendências (Mann-Kendall, Sen's Slope e Pettitt).

O Teste de Mann-Kendall (TMK) consiste em um teste não-paramétrico (Kendall, 1975; Mann, 1945) que, por sugestão da Organização Meteorológica Mundial (OMM), pode ser usado para avaliar a existência de tendência em séries temporais de dados ambientais. Cabe ressaltar que, para a aplicação dos testes estatísticos, foram excluídos das análises os anos de 1994 e 1995 nos postos de Marés e Mangabeira, já que não havia dados registrados. Neste último posto, também foi excluído o ano de 1996 que apresentou dados incompletos que comprometeriam as análises.

No caso do teste de Sen's Slope (ou estimador de Sen), também se trata de um teste não-paramétrico, que costuma ser usado de forma complementar ao TMK para avaliar a magnitude da tendência, ou seja, a sua inclinação (Sen, 1968). E, o teste de Pettitt, que também é não-paramétrico, é usado para identificar possíveis quebras nas séries, indicando um ponto de mudança (Pettitt, 1979 *apud* Amorim *et al.*, 2019). Assim, este foi aplicado para apurar a significância da ruptura dos dados da série histórica para um intervalo de confiança de 95%, isto é, $p\text{-valor} \leq 0,05$.

Uma vez que apenas os dados dos postos da AESA seriam insuficientes para compreender a variabilidade espacial das chuvas ao longo do município, foram utilizados os dados diários de chuva interpolados espacialmente pelo método de interpolação da distância inversa ponderada (em inglês, *Inverse Distance Weighting - IDW*) em grade do *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS)*, *Climate Hazards Center, UC Santa Barbara*, Estados Unidos da América, que já foram anteriormente avaliados e validados quanto ao seu desempenho por Silva *et al.* (2025b) para o estado da Paraíba. Trata-se de um método simples e eficiente para interpolação espacial, sendo aplicado recorrentemente em estudos que envolvem fatores ambientais, a exemplo da chuva (Costa *et al.*, 2021).

Apesar de não serem dados reais, o CHIRPS compreende um conjunto de dados de chuva de estações *in situ* de escala quase global com mais de 35 anos, criando séries temporais de chuva em grade para análise de tendências e monitoramento de secas sazonais (CHC/UCSB, s.d.). Para este trabalho, foram utilizados os dados diários de chuva de 1981 a 2024 dos pontos inseridos no município de João Pessoa ou próximos do

seu limite. Com isso, foi possível espacializar não só a chuva média anual, mas também o total de EEC com auxílio dos *softwares Excel, RStudio e QGIS*.

A ocorrência de EEC e suas intensidades costumam sofrer uma influência significativa dos fenômenos atmosférico-oceânicos, como o *El Niño-Oscilação Sul (ENOS)*, e atmosféricos, como é o caso do Dipolo do Atlântico e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Por isso, para complementar as análises quanto às características dos anos em termos da variabilidade anual da chuva total e da quantidade de EEC, foram analisadas as condições da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico e Atlântico.

Para a determinação do ENOS, foi utilizado o *Oceanic Niño Index (ONI)*, que consiste no padrão de identificação e classificação do ENOS para a região do Pacífico Tropical Oriental, o qual foi obtido no *site* do *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. E, o Dipolo do Atlântico foi calculado pela diferença entre Índice Tropical do Atlântico Norte (*Tropical Northern Atlantic Index – TNAI*) e o Índice Tropical do Atlântico Sul (*Tropical Southern Atlantic Index – TSAI*), ambos também foram obtidos no *site* do NOAA. Os cálculos das diferenças foram realizados nas planilhas eletrônicas do *Excel*.

Segundo Lucena (2008), para que haja uma anomalia no padrão do ENOS, deve ser observada uma alteração de +/- 0,5°C para o ONI, com média móvel de 3 meses consecutivos de agosto a dezembro, sendo mais intenso de setembro a novembro. Os eventos do ENOS foram também classificados quanto a sua intensidade: fraco, moderado, forte ou muito forte, seguindo os mesmos limiares de Sousa (2023). No caso do Dipolo, foi considerado como uma anomalia positiva (negativa) cujos índices apresentaram valor acima (abaixo) de 0,5°C durante, pelo menos, dois meses consecutivos entre janeiro e junho (Lucena, 2008). Em ambos os casos, os anos analisados foram de 1994 a 2024.

Impactos dos EEC

Ao identificar os locais onde a chuva média anual e a quantidade de EEC são maiores, foi possível investigar os impactos destas na população por meio dos “reconhecimentos de desastres” do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil/Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (SEDEC/MIDR), dados da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de João Pessoa (COMPDEC-JP), Atlas de Desastres do Brasil, do Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMSB-JP), Plano Diretor Municipal de João Pessoa (PDMJP), além de notícias de jornais e blogs disponíveis na *Internet*.

III. Resultados e discussão

Caracterização da variabilidade espaço-temporal da chuva

Observa-se um padrão de comportamento comum tanto da chuva média anual quanto da quantidade total de EEC ao longo do município de João Pessoa. No geral, os pontos mais próximos do litoral costumam apresentar maiores volumes de chuva (Figura 2A, em tons de verde e azul), enquanto, na porção Oeste do município, esses volumes são menores (Figura 2A, em tons de laranja e vermelho). Essa diferença da chuva média anual foi de, aproximadamente, 770 mm de um extremo ao outro. Esse padrão de chuva se reflete também na quantidade de EEC, que são maiores na porção Leste (Figura 2B, em tons de azul escuro). A diferença do total de EEC de Oeste para Leste foi de, aproximadamente, 120 eventos.

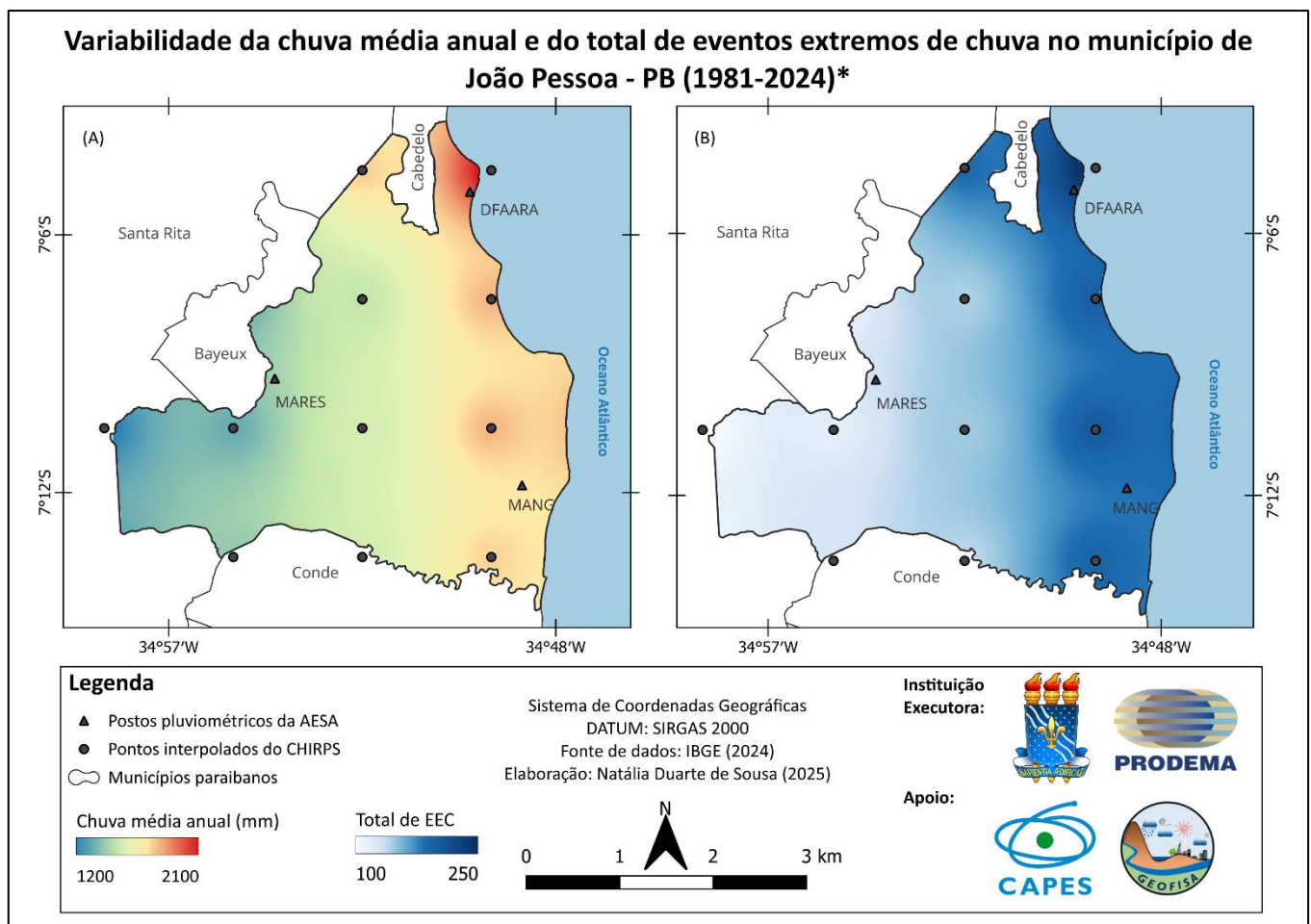


Figura 2 – (A) Variabilidade espacial da chuva média anual e (B) do total de eventos extremo de chuva (EEC) no município de João Pessoa – PB (Natália Duarte de Sousa/2025)

*Os dados do CHIRPS são da série de 1981 a 2024, já os dos postos pluviométricos da AESA são de 1994 a 2024 (DFAARA), 1996 a 2024 (Marés) e 1997 a 2024 (Mangabeira)

É importante mencionar que foram aplicados os testes de tendência para os dados do CHIRPS, a fim de espacializar a tendência da chuva média anual e do total de EEC, por meio da elaboração de mapas. No

entanto, as tendências encontradas não possuem significância estatística e, por isso, o seu mapa não foi produzido e apresentado.

De maneira geral, a chuva total anual variou de modo semelhante ao longo da série temporal nos três postos pluviométricos da AESA. No entanto, no posto DFAARA, percebe-se que o volume precipitado é maior, seguindo o padrão esperado que foi observado nos mapas da Figura 2, uma vez que tal posto está mais próximo do litoral. Por essa razão, a média da chuva total anual nesse posto é maior que a dos demais, sendo a diferença de quase 200 mm (Figura 3). No posto DFAARA, a média da chuva total anual foi de 1.735,8 mm, enquanto, no de Mangabeira, foi de 1.539,9 mm; e no de Marés, de 1.554,0 mm.

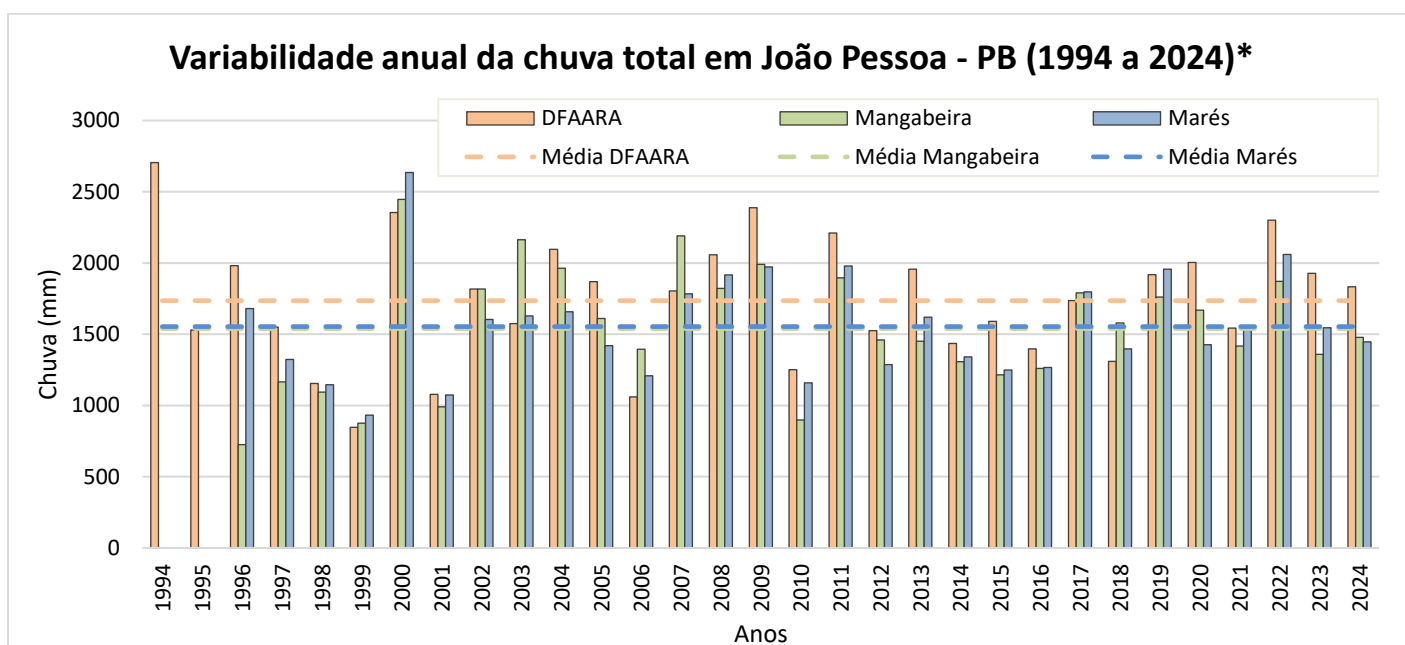


Figura 3 – Variabilidade anual da chuva no município de João Pessoa – PB (Natália Duarte de Sousa/2025)

* Os dados dos postos pluviométricos da AESA são de 1994 a 2024 (DFAARA), 1996 a 2024 (Marés) e 1997 a 2024 (Mangabeira)

Destacam-se, a partir da Figura 3, os 5 (cinco) anos com os menores valores de chuva total anual: 1998, 1999, 2001, 2006, 2010. Por exemplo, no ano de 1998, o fenômeno ENOS estava na fase LN forte, favorecendo positivamente as chuvas, e o Dipolo do Atlântico neutro. Apesar deste cenário, parcialmente favorável, foi um ano mais seco. Em 1999, também foi ano de LN forte, porém o Dipolo estava negativo, isto é, ambas as condições estavam favoráveis para a ocorrência de chuvas. Ainda assim, não choveu como era esperado a partir das condições dos oceanos Pacífico e Atlântico, o que ressalta a complexidade desta análise, ou seja, fatores de escalas menores para estudos locais são de grande importância.

Em 2001, tanto o ENOS quanto o Dipolo, ambos estavam na fase neutra, de tal forma que seus impactos nas chuvas seriam indiferentes. Em 2006, o EN estava fraco e o Dipolo estava neutro, sendo esse um cenário que justifica por ter sido um ano mais seco. Em 2010, foi ano de LN forte e Dipolo positivo.

Provavelmente, o Dipolo foi mais intenso, uma vez que não houve o favorecimento da ocorrência de chuvas, fazendo com que este fosse um ano mais seco.

Nos três postos analisados, nos anos de 2000, 2009, 2011, 2019 e 2022, a chuva total anual foi superior à média de cada um deles, sendo estes os cinco anos que mais se destacaram em toda a série analisada. Nos anos 2000 e 2022, o ENOS estava na fase de LN de intensidade fraca e o Dipolo estava na fase neutra, podendo a LN, nesse caso, ter favorecido a ocorrência de chuvas. Em 2009, o Dipolo estava negativo, favorecendo as chuvas, já o ENOS estava na fase de EN moderado, desfavorecendo-as. Em 2011, a LN também favoreceu a ocorrência de chuvas, principalmente, porque estava na intensidade moderada, enquanto o Dipolo estava neutro. Em 2019, o Dipolo negativo influenciou positivamente para as chuvas e o ENOS estava neutro. E, em 2022, era fase de LN fraca, contribuindo para a ocorrência das chuvas, e o Dipolo estava neutro.

É importante ressaltar que, para além do ENOS e do Dipolo do Atlântico, outros fenômenos atmosféricos e/ou sistemas meteorológicos podem interferir na formação e na ocorrência de chuvas no NEB e, por conseguinte, no município de João Pessoa (Silva *et al.*, 2020). Por isso, não é só o ENOS ou só o Dipolo do Atlântico atuando isoladamente que determinará se um ano é mais chuvoso ou mais seco do que outro, tendo em vista que a dinâmica atmosférica é bastante complexa, podendo um fenômeno se sobressair sobre outro.

Com relação aos testes de tendência, verificou-se que, nos postos pluviométricos DFAARA e Marés, há tendência de aumento da chuva total anual de 5,24 mm/ano e 10,41 mm/ano, respectivamente. No entanto, em ambos os postos, essa tendência não foi estatisticamente significativa. Portanto, não se pode afirmar com precisão que está, de fato, aumentando a chuva neste local, apenas de que há um indicativo. O teste de Pettitt indicou que o ponto de mudança da série, em DFAARA, é no ano de 2018, já em Marés, é em 2006. O posto de Mangabeira apresentou tendência de diminuição de 2,2 mm/ano, porém, também sem significância estatística. No teste de Pettitt, identificou-se o ano de 1999 como um ano de quebra da série temporal.

A variabilidade interanual da chuva média dos três postos pluviométricos possui padrão semelhante de comportamento, em que é possível notar o período chuvoso de abril a julho, quando a chuva média é maior, e o período seco de setembro a dezembro, em que a chuva média é mais baixa (Figura 4). Pode-se perceber também que, geralmente, o posto DFAARA apresenta quantitativos maiores de chuva em todos os meses do ano, quando comparado com os demais postos, seguido por Mangabeira e Marés, respectivamente. Contudo, cabe ressaltar que a ausência ou a incompletude de dados dos anos de 1994,

1995 e 1996 destes dois últimos postos interferiu, de certo modo, nas análises, sobretudo nos primeiros meses do ano.

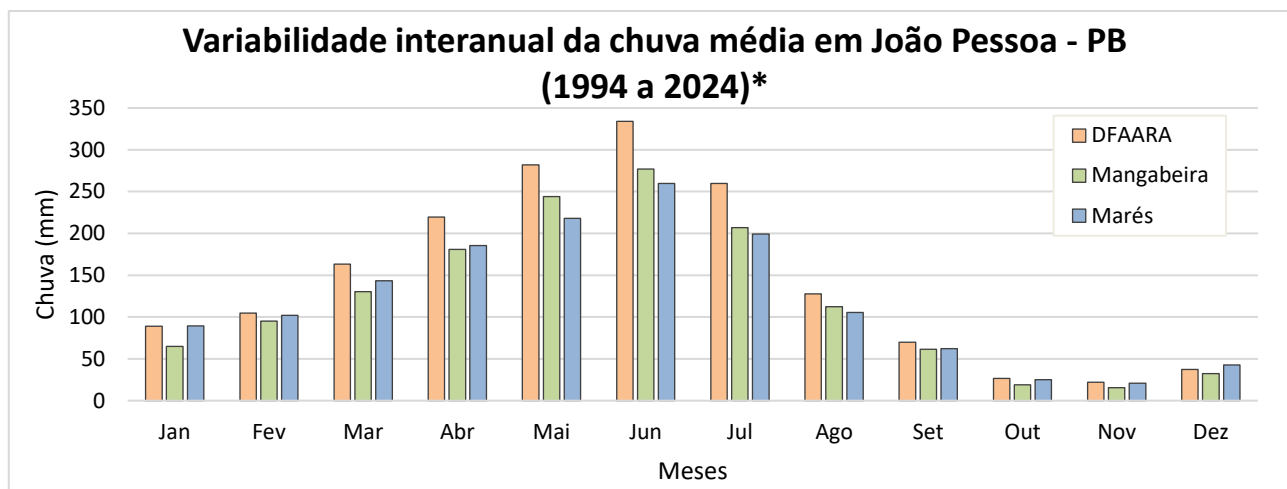


Figura 4 – Variabilidade interanual da chuva média no município de João Pessoa – PB (Natália Duarte de Sousa/2025)

*Os dados dos postos pluviométricos da AESA são de 1994 a 2024 (DFAARA), 1996 a 2024 (Marés) e 1997 a 2024 (Mangabeira)

As médias de EEC nos três postos são próximas, especialmente no DFAARA (1,9 EEC/ano) e de Mangabeira (1,8 EEC/ano), enquanto a de Marés (1,3 EEC/ano) é um pouco menor, o que demonstra que a chuva que precipita nos postos mais próximos ao litoral costuma chegar até a porção mais a Oeste, ainda que o volume precipitado seja um pouco menor (Figura 5). Contudo, valores médios podem distorcer um pouco a realidade do que aconteceu nos anos analisados, sobretudo os valores discrepantes. Por exemplo, em 2008, ocorreram 8 (oito) eventos no posto DFAARA, porém, em 2010, não ocorreu nenhum evento nesse mesmo posto.

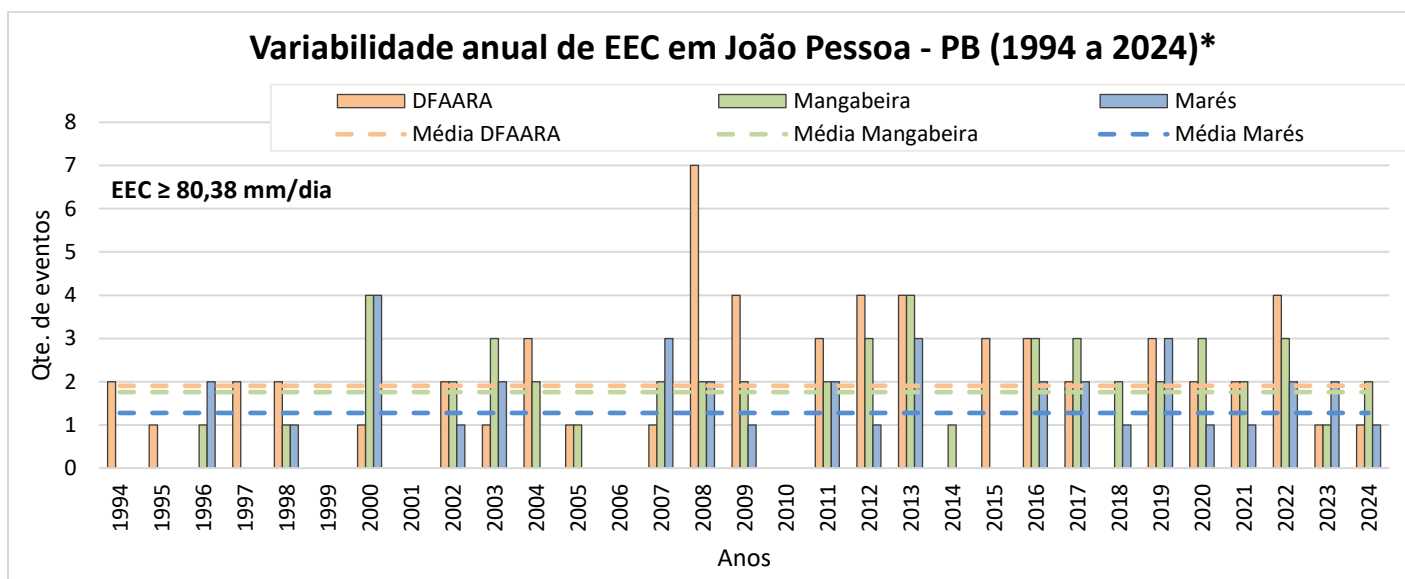


Figura 5 – Variabilidade anual da quantidade de eventos extremos de chuva (EEC) no município de João Pessoa - PB (Natália Duarte de Sousa/2025)

*Os dados dos postos pluviométricos da AESA são de 1994 a 2024 (DFAARA), 1996 a 2024 (Marés) e 1997 a 2024 (Mangabeira)

Percebe-se que, a partir de 2011, praticamente todos os anos e todos os postos registraram, ao menos, um EEC, com exceção do posto DFAARA que não teve nos anos de 2014 e 2018; Mangabeira, em 2015; e Marés, em 2014 e 2015. É interessante ressaltar que, neste trabalho, a análise tem destacado os EEC que são aqueles volumes de chuva iguais ou superiores a 80,38 mm/dia, que correspondem a um volume alto. Caso o limiar de análise fosse modificado para chuvas intensas ($P_{95} = 39,58$ mm/dia), em que o volume de chuva é menor, a quantidade de eventos a serem analisados seria consideravelmente maior.

Mesmo o volume sendo menor, as chuvas intensas são capazes de causar impactos expressivos na população e costumam ocorrer com mais frequência do que as extremas, que correspondem a um percentual bem específico. Além disso, o número de eventos intensos tem aumentado, assim como o crescimento populacional e a expansão urbana decorrente do processo de urbanização, conseqüentemente os seus impactos têm atingido um número maior de localidades (Pereira; Silva; Moura, 2016; Silva, 2014; Souza *et al.*, 2022).

O INMET, quando emite alertas de acumulado de chuva, considera como “risco amarelo” os volumes de 20 mm/h a 30 mm/h ou até 50 mm/dia; e “risco laranja” para volumes de 30 mm/h a 60 mm/h ou de 50 mm/dia a 100 mm/dia. No entanto, trata-se de limiares operacionais para alerta público e não limiares hidrológicos ou geomorfológicos científicos (Moraes *et al.*, 2023). Além disso, não é só o volume, em si, que pode causar impactos, mas também deve-se considerar em quanto tempo aquele volume precipitou em uma dada área.

Verificou-se que nos anos muitos chuvosos (secos), há uma maior (menor) quantidade de EEC. Porém, não se trata de uma regra, pois não impede que ocorra um evento extremo em um ano seco. Assim, analisando a variabilidade anual desses eventos, alguns anos chuvosos coincidem com os que apresentam mais EEC, como são os casos de 2019 e 2022 que, mais uma vez, se destacaram. Para além dos que já foram mencionados anteriormente, também se destacam 2008, 2013, 2016 e 2017 pela quantidade expressiva de EEC registrados. Já 1999, 2001, 2006 e 2010 também se destacaram, porém pela menor quantidade desses eventos, além de 2014 que não foi destacado na Figura 5, mas foi um ano de EN fraco e Dipolo negativo, podendo o EN ter contribuído para a menor quantidade de EEC.

Pode-se justificar a maior quantidade de EEC em 2008 em virtude das condições de temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico. No referido ano, era a fase de LN fraca e de Dipolo negativo, e ambos favorecem a formação de nuvens e chuvas, podendo acarretar mais EEC. Por outro lado, em 2013, o Dipolo não estava favorável nem o ENOS, pois ambos estavam na fase neutra, ou seja, estavam indiferentes para a ocorrência das chuvas. No caso de 2016 e 2017, as condições foram as mesmas: LN fraca e Dipolo neutro, o que justifica

por serem bem parecidos no que diz respeito ao quantitativo de EEC registrados nos postos analisados. Nesse caso, a fase de LN pode ter favorecido as chuvas e, conseqüentemente, os episódios de EEC.

De maneira geral, os três testes estatísticos indicam que há uma tendência de aumento da quantidade anual de EEC. Contudo, essa tendência não foi estatisticamente significativa em nenhum dos testes, logo não se pode afirmar, com confiança, de que esse aumento vai ocorrer. Ademais, o Sen's Slope foi igual a zero nos três postos, o que indica que não há tendência (APÊNDICE A). E, o gráfico da variabilidade anual de EEC (Figura 5) aponta que esses eventos estão mais constantes, tendo em vista que, desde 2011, eles estão ocorrendo ao menos uma vez em quase todos os anos. Essa informação corrobora com os pontos de quebra do teste de Pettitt que deram próximos ao ano de 2011 para os três postos: 2007, em DFAARA; 2010, em Mangabeira; e 2006, em Marés.

No que diz respeito à variabilidade interanual da quantidade de EEC (Figura 6), os dados não estão tão homogêneos quanto os da variabilidade interanual da chuva média (Figura 5). Apesar disso, foi possível verificar que, comumente, há mais EEC no período chuvoso, enquanto, no seco, ocorre menos. No entanto, conforme Pereira *et al.* (2016), os EEC costumavam ocorrer na estação chuvosa e, a partir da década de 2000, esses passam a ocorrer também na estação pré-chuvosa. Vale ressaltar que nem sempre uma chuva que precipita em um posto irá precipitar da mesma forma nos demais, devido à distância entre um posto e outro, o que pode ser percebido pelas diferenças de EEC registrados em cada um deles.

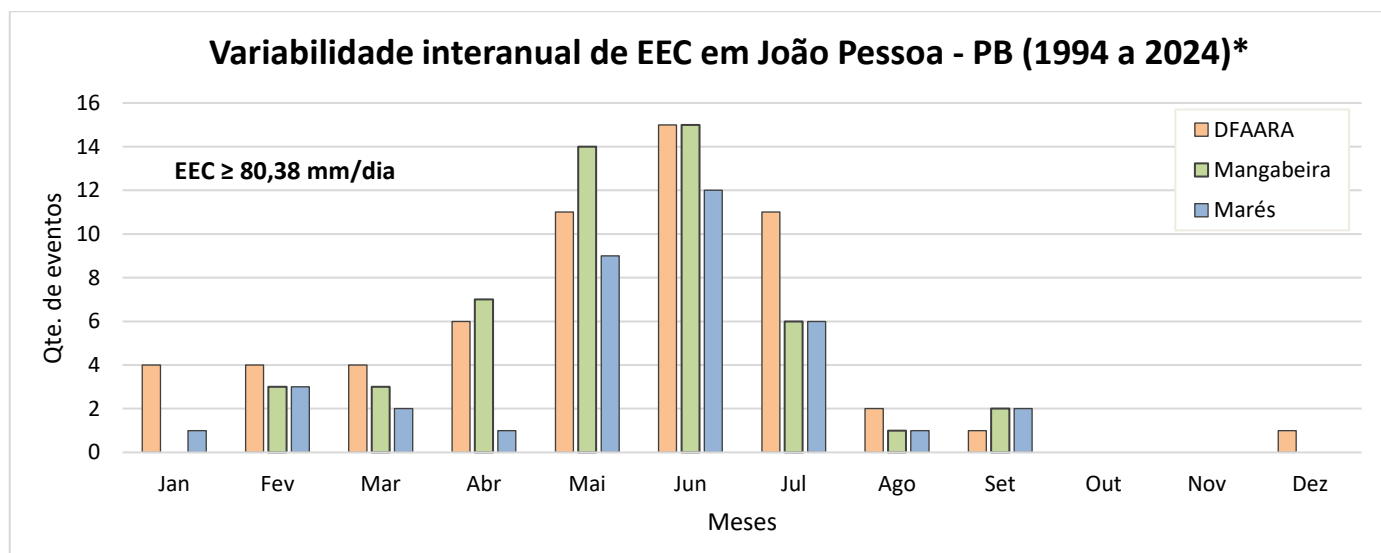


Figura 6 – Variabilidade interanual da quantidade de eventos extremos de chuva (EEC) no município de João Pessoa – PB (Natália Duarte de Sousa/2025)

*Os dados dos postos pluviométricos da AESA são de 1994 a 2024 (DFAARA), 1996 a 2024 (Marés) e 1997 a 2024 (Mangabeira)

Em síntese, os resultados apontam para a maior concentração da chuva do município nas áreas mais próximas ao litoral e, conseqüentemente, essas áreas também apresentam uma maior quantidade de EEC

observados. No entanto, a maior ocorrência de EEC nesses locais, por si só, não é motivo suficiente para afirmar que sofrerão mais com os seus impactos. Deste modo, é preciso considerar outras questões pertinentes, como: as condições de infraestrutura (especialmente, do sistema de drenagem e a eficiência dos serviços de limpeza pública), o uso e ocupação do solo, a percepção e a consciência ambiental da população residente.

Análise das condições de infraestrutura e sua relação com os alagamentos

De acordo com o PDMJP, pela análise da evolução da sua mancha urbana, o município tem apresentado uma tendência de crescimento em direção às regiões Sul e Oeste, com espraiamento da sua área urbana que tem ocupado grande porção do seu território. Além disso, nas duas últimas décadas, tem se observado uma grande pressão de ocupação de áreas “ambientalmente frágeis”, em virtude da transformação de áreas rurais em urbanas, não comportando de maneira adequada a urbanização (João Pessoa, 2023).

Ainda segundo o PDMJP, com o espraiamento e os vazios observados na malha urbana da cidade, cria-se um cenário favorável para o não atendimento às demandas de infraestruturas básicas, a exemplo do esgotamento sanitário, arborização e urbanização adequadas das vias públicas, por meio da presença de bueiros, calçadas, pavimentação, meio-fio, dentre outros. Somado a isto, o relevo plano, juntamente com as baixas declividades, facilita a ocorrência de inundações e alagamentos (João Pessoa, 2023).

Em João Pessoa, destacam-se alguns problemas associados à drenagem das águas pluviais, como: ocupação indevida de planícies fluviais e leitos de rios; Sistema de Microdrenagem (SMiD) subdimensionado; presença de resíduos sólidos e entulho nas vias públicas; falta ou deficiência de manutenção nas estruturas do SMiD; defeitos nas estruturas de SMiD; e depressões em vias públicas (João Pessoa, 2015; 2023).

Conforme os documentos da COMPDEC-JP, citados pelo PMSB (João Pessoa, 2015), até a conclusão do diagnóstico deste, o município apresentava 90 pontos de alagamento. Com a realização dos trabalhos de campo pela equipe do PMSB para elaboração do diagnóstico, foram contabilizados mais oito pontos com o mesmo problema. Dos 64 bairros existentes no município, 32 apresentaram ao menos um ponto de alagamento. Dentre esses bairros, destacam-se: Centro, Torre, Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Jaguaribe, Manaíra e Ernesto Geisel que apresentaram mais de quatro pontos de alagamento cada um, sendo o maior número desse problema observado na Zona Sul.

Cabe destacar que o documento do PMSB já se encontra defasado, necessitando de atualização, e que, se for realizar novamente o diagnóstico, provavelmente, alguns pontos serão acrescentados e outros excluídos. Em visita de campo para o desenvolvimento deste trabalho, realizada em 28 de junho de 2024,

percebeu-se que os pontos de alagamento ainda permanecem na R. Bancário Sérgio Guerra, Bairro Jardim Cidade Universitária (em frente ao Equilíbrio do Ser), no cruzamento da Av. Pedro II com a Av. Coremas, no Bairro Centro (em frente à Álamo Segurança Eletrônica), e também na Av. Carneiro da Cunha, no Bairro Torre (próximo ao Mercado Público). Outro ponto também visitado, em que a problemática é recorrente e antiga, foi na Av. Hilton Souto Maior, próximo à empresa Trans. Nacional (APÊNDICE B).

Um problema comum em todos os pontos, que também foi apontado no PMSB, é a presença de entulho e resíduos sólidos próximos às estruturas de SMiD. Tanto em frente ao Equilíbrio do Ser, quanto em frente à Álamo Segurança Eletrônica, observou-se que há SMiD nesses locais, porém não são suficientes para suprir a demanda, que costumam receber as águas de pontos adjacentes, por se tratar de áreas de declive. Por outro lado, perto da Trans. Nacional e do Mercado da Torre, percebeu-se que carecem estruturas de SMiD e o problema é agravado pela presença de resíduos que entopem essas estruturas, comprometendo o seu funcionamento.

Pelos dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2iD (MIDR, 2025b), entre 2003 e 2024, foram registrados dois desastres associados a enchentes e um a chuvas intensas em João Pessoa (antes desse período, não há registros). Os reconhecimentos de desastres de enchentes foram do tipo “Situação de Emergência” (SE), decretados em 05 de maio de 2011 e 17 de julho de 2011 (ambos no período chuvoso). Já o reconhecimento de desastre de chuvas intensas, também do tipo SE, foi decretado no dia 04 de setembro de 2013, no período seco. Apesar do significativo número de EEC que ocorreram nesse período, só houve o reconhecimento desses três desastres, já que, para um município decretar SE, é preciso que o evento tenha causado impactos elevados. E, nem sempre, um evento deflagrará em um desastre.

No caso do desastre de 05 de maio de 2011, antes mesmo de ser decretada SE pelo Governo Municipal, já havia notícias no jornal A União associadas à temática da chuva, como também o trabalho da Defesa Civil com ações de alerta e prevenção aos impactos da chuva (ANEXO C). Porém, no dia do desastre e no dia seguinte, o tema passou a ser capa de jornal, mostrando os efeitos da chuva na Capital e na Grande João Pessoa, causando engarrafamento de trânsito, suspensão de pousos no aeroporto, destruindo e danificando casas, além de diversos outros estragos (ANEXOS D e E). No dia anterior, a AESA também emitiu um “Estado de Atenção” para parte da Paraíba, incluindo a região do Litoral, devido à previsão de mais chuvas nas 24 horas seguintes (ANEXO F).

No arquivo digital do jornal A União, não há registros de notícias referentes ao desastre do dia 17 de julho de 2011. Quanto ao desastre de chuvas intensas do dia 04 de setembro de 2013, já havia notícia no jornal antes mesmo da data do evento propriamente dito, enfatizando os efeitos das chuvas (ANEXO G). No dia do evento, não houve notícias associadas, mas, no dia seguinte, foi matéria da capa do jornal com fotos

destacando as consequências da chuva na Capital: queda de barreira, casas e avenidas alagadas, pessoas desabrigadas e o caos no trânsito (ANEXO H e I).

Segundo a AESA, a causa desse acumulado de chuva (quase 200 mm em 24 horas, que corresponde a mais que o dobro da média esperada para o mês de setembro) seria o aumento da TSM no Oceano Atlântico, provocando elevação da umidade e a formação de nuvens. Com as chuvas excessivas, os açudes Marés e Gramame-Mamuaba chegaram a extravasar (ANEXO J). Nos dias seguintes, o tema das chuvas ainda foi recorrente, discutindo sobre os problemas e vícios antigos no município por causa dos impactos dessas como, por exemplo, os pontos de alagamento nos bairros, a queda de postes e o risco de desabamento das marquises de prédios antigos no centro histórico (ANEXO K).

De acordo com o Atlas de Desastres do Brasil (MIDR, 2025a), ao todo, foram registrados quatro episódios de desastres do tipo hidrológico entre 1991 e 2024, especificamente chuvas intensas, no município de João Pessoa, Paraíba. Em conjunto, esses eventos afetaram diretamente mais de 22 mil pessoas, deixando-as desalojadas ou desabrigadas, bem como deixou 237 feridas e enfermas. Com isso, o prejuízo para os cofres públicos, na época, foi de R\$ 46,41 milhões; para o setor privado, foi de R\$1,78 milhões; e os danos materiais contabilizados foram de R\$ 642,27 milhões, sendo o setor de infraestrutura o mais afetado.

IV. Conclusões

Pode-se concluir que há uma variabilidade espacial e temporal da chuva no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil, com maiores volumes e uma maior quantidade de Eventos Extremos de Chuva (EEC) nas áreas mais próximas ao litoral, validando a primeira hipótese do trabalho. Foi verificada uma diferença de, aproximadamente, 770 mm da chuva média anual da porção mais à Leste em relação ao Oeste, que pode ser justificada pela influência da maritimidade, o que se reflete também na diferença do total de EEC que foi em torno de 120 eventos. Além disso, não foi constatada tendência estatisticamente significativa de aumento ou diminuição da chuva média anual ou dos EEC por meio da aplicação dos testes estatísticos.

Percebeu-se que anos com maior chuva total anual e com mais EEC costumam coincidir com as condições de *La Niña* e/ou Dipolo negativo, que favorecem a ocorrência de chuvas e de EEC, mas isso não impede que estes ocorram também em anos de *El Niño* e/ou Dipolo positivo. Isto comprova que há, de fato, uma influência dos fenômenos atmosférico-ocênicos, como o ENOS e o Dipolo do Atlântico, na variabilidade da chuva. No entanto, a dinâmica da formação e da ocorrência de chuva é bastante complexa e não pode ser justificada apenas por estes, uma vez que outros fenômenos atmosféricos e/ou sistemas meteorológicos podem estar atuando.

Por fim, foi constatado que, nos últimos 15 anos, todo ano ocorreu ao menos um EEC no município. Em geral, costuma ocorrer mais EEC no período chuvoso, mas esses também podem ocorrer no período seco, só que com uma frequência bem menor. Apesar da quantidade expressiva de EEC registrados entre 1994 e 2024, poucos desastres hidrometeorológicos foram contabilizados nesse período, visto que a ocorrência de um evento não implicará em um desastre necessariamente, sendo preciso considerar outros fatores determinantes na sua ocorrência, como as condições de infraestrutura, o uso e ocupação do solo, a percepção e a consciência ambiental da população, o que corrobora com a segunda hipótese do trabalho.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal da Paraíba (PRODEMA/UFPB), pelo suporte, apoio e contribuições ao trabalho de dissertação da mestranda, do qual este artigo é oriundo. À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida à mestranda. Ao Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais, pela parceria e contribuições à pesquisa.

V. Referências

- ABREU, L. P.; MUTTI, P. R.; LIMA, K. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 82-97, 2019.
- AMORIM, A. C. B.; SCUDELARI, A. C.; AMARO, V. E.; MATOS, M. de F. A. de. Variabilidade dos Extremos de Precipitação Diária na Cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 4, p. 284-295, 2019.
- ANJOS, L. S.; ANJOS, R. S.; LUNA, V. F.; WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S. Resgate histórico dos eventos extremos de precipitação e seus impactos no município do Recife-PE. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, p. 335-359, 2024.
- ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 13; v. 20, 2017.
- CLIMATE HAZARDS CENTER/UNIVERSITY OF CALIFORNIA SANTA BARBARA – CHC/UCSB. **CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations**. Climate Hazards Center – UCSB, s.d. Disponível em: <<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>>. Acesso em: 11 jun. 2025.
- COELHO, C. A. S.; UVO, C. B.; AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 71, p. 185-197, 2002.
- COSTA, M. da S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. de M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.
- COSTA, S. A. T.; BEZERRA, A. C.; ARAÚJO, A. M. Q.; SILVA, M. F.; CRUZ, J. F.; ALVES, R. M.; SOUZA, L. S. B. Dinâmica espaço-temporal das anomalias de precipitação em uma região semiárida, Nordeste do Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, e14, 2021.

FREITAS, W. S. O uso de correlações máxima de TSM do dipolo do Atlântico e a precipitação no estado do Ceará. **Ciência e Natura**, v. 46, e71512, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **João Pessoa – Panorama**. Cidades IBGE, 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>>. Acesso em: 11 jun. 2025.

JOÃO PESSOA (Município). **Lei Complementar nº 093, de 30 de dezembro de 2015**. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico do Município de João Pessoa, seus instrumentos e dá outras providências. Atos do Prefeito, João Pessoa, 2015. Disponível em: <<http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/plano-municipal-de-saneamento-basico/>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

JOÃO PESSOA (Município). **Revisão do Plano Diretor de João Pessoa e legislações complementares: Sumário Executivo**. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2023. Disponível em: <<https://planodiretor.joaopessoa.pb.gov.br/documentos/>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4.ed. Londres: Charles Griffin, 1975.

LEITE, M. L.; ADACHESKI, P. A.; VIRGENS FILHO, J. S. Estudo da variabilidade da precipitação pluvial em municípios da região sul do Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, v. 6, jun. 2010.

LUCENA, D. B. **Impacto dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2008.

LUNA, V. F.; SILVA, J. M. O. Eventos extremos de chuva e impactos associados no município de Crato/CE. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 27, e69086, p.1-25, 2023.

MEDEIROS, F. J.; LIMA, K. C.; CAETANO, D. A.; SILVA, F. J. O. Impacto da Variabilidade Interanual da precipitação nos Reservatórios do Semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 731-741, 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MIDR. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. 2025a. Disponível em: <<https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL – MIDR. **Séries históricas do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. 2025b. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. **Econometria**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

Moraes, M. V.; Pampuch, L. A.; Bortolozzo, C. A.; Mendes, T. S. G.; Andrade, M. R. M.; Metodiev, D.; Pryer, T. Thresholds of instability: precipitation, landslides, and early warning systems in Brazil. **International Journal of Geosciences**, v. 14, p. 895–912, 2023.

NASCIMENTO, M. B.; SILVA, I. W. H.; SANTOS E SILVA, C. M. Normais climatológicas da precipitação pluviométrica nos municípios de João Pessoa e Campina Grande, estado da Paraíba entre 1981 a 2020. **Revista Geonorte**, v. 15, n. 50, p. 91-110, 2024.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Datasets Useful for ENSO Research**. Physical Sciences Laboratory – NOAA. Disponível em: <<https://psl.noaa.gov/enso/data.html>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Tropical Northern Atlantic Index (TNA)**. State of the Ocean Climate – NOAA. Disponível em: <<https://stateoftheocean.osmc.noaa.gov/sur/atl/tna.php>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Tropical Southern Atlantic Index (TSA)**. State of the Ocean Climate – NOAA. Disponível em: <<https://stateoftheocean.osmc.noaa.gov/sur/atl/tsa.php>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L. Eventos extremos pluviais em Jabotão dos Guararapes: climatologia e estudo de caso. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, volume especial, p. 70-82, 2016.

OLIVEIRA, E. L. T.; NEVES, F. M.; SILVA, J. B. L.; LACERDA, F. F. Variabilidade da chuva e do balanço hídrico no Território de Identidade do Sudoeste da Bahia, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e87164, p. 1-28, 2024.

OLIVEIRA, J. V. P.; LUCENA, D. B.; LIMA, P. R. C. Avaliação dos eventos extremos de chuva na região pluviometricamente homogênea do Alto Sertão da Paraíba entre 1994-2016. **Ciência e Natura**, v. 42, e102, 2020.

PEREIRA, M. D. B.; MOURA, M. de O.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da Zona da Mata Nordestina e a identificação de anos padrão. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 30-40, 2020.

PEREIRA, M. D. B.; SILVA, N. T.; MOURA, M. O. Eventos pluviométricos extremos na cidade de João Pessoa: análise dos eventos dos dias 16 e 17 de abril de 2016. **REGNE**, v. 2, n. especial, 2016.

SAHARIA, M.; KIRSTETTER, P. E.; VERGARA, H.; GOURLEY, J. J.; EMMANUEL, I.; ANDRIEU, H. On the Impact of Rainfall Spatial Variability, Geomorphology, and Climatology on Flash Floods. **Water Resources Research**, v. 57, e2020WR02912, 2021.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, p.1379-1389, 1968.

SILVA, A. D. G.; LOPES, R. F.; FERNANDES, I. W. L.; PEREIRA, G. V. A.; SILVA, C. L. C.; REIS, J. S.; LUCENA, R. L. Mudanças climáticas e variabilidade termopluiométrica na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 36, jan./jun. 2025a.

SILVA, E. A. da; BRITO, J. I. B. de; BECKER, C. T.; CAVALCANTI, E. P.; MANDÚ, T. B.; LIMA, I. P. C. de. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 93-111, 2022.

SILVA, F. F.; SANTOS, F. A.; SANTOS, J. M. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 27, p. 426-442, 2020.

SILVA, G. F. da; SOUSA, N. D. de; LUCENA, D. B.; PAIVA, M. E. M. F. de. **Avaliação de desempenho de dados em grade de chuva em postos pluviométricos do estado da Paraíba**. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, URCA, Crato-CE, 2025b. ISSN: 2764-1805.

SOUSA, N. D. **Análise do Comportamento dos Eventos Extremos, Intensos e/ou Persistentes de Chuva no Município de João Pessoa – PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2023.

SOUZA, L. S.; MEDEIROS, E. S.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, L. A. Modeling the maximum daily rainfall in the municipality of João Pessoa-PB, Brazil, using the Extreme Value Theory. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, n. 18, p. 488-503, 2022.

WESTRA, S.; FOWLER, H. J.; ALEXANDRE, L. V.; BERG, P.; JOHNSON, F.; KENDON, E. J.; LENDERINK, G.; ROBERTS, N. M. Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. **Geophys**, v. 52, p. 522-555, 2014.

Redução do Risco de Desastres e Soluções baseadas na Natureza: análise comparativa nos municípios de João Pessoa, Paraíba, Brasil e Guimarães, Braga, Portugal ⁴

⁴Este artigo será submetido à revista InterEspaço: revista de Geografia e Interdisciplinaridade (ISSN eletrônico 2446-6549), por isso foi escrito seguindo as normas desta revista, as quais podem ser consultadas no Anexo L.

**REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES E SOLUÇÕES BASEADAS NA
NATUREZA: análise comparativa nos municípios de João Pessoa, Paraíba, Brasil e
Guimarães, Braga, Portugal**

**DISASTER RISK REDUCTION AND NATURE-BASED SOLUTIONS: a comparative
analysis of the municipalities of João Pessoa, Paraíba, Brazil and Guimarães, Braga,
Portugal,**

**REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y SOLUCIONES BASADAS EN LA
NATURALEZA: análisis comparativo en los municipios de João Pessoa, Paraíba (Brasil)
y Guimarães, Braga (Portugal)**

RESUMO

Este estudo realiza uma análise comparativa da aplicação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) nos municípios de João Pessoa, Brasil, e Guimarães, Portugal, com foco na Redução do Risco de Desastres e na adaptação às mudanças climáticas. A abordagem metodológica envolveu revisão bibliográfica e documental, visitas de campo a áreas suscetíveis a eventos extremos de chuva e análise crítica das estratégias implementadas em ambas as cidades. Os resultados evidenciam que Guimarães apresenta uma estrutura consolidada de planejamento e gestão urbana, com projetos integrados de renaturalização, engajamento comunitário e reconhecimento internacional como Capital Verde Europeia 2026. Em contrapartida, João Pessoa possui iniciativas pontuais, fragmentação de áreas verdes e ausência de integração institucional no planejamento climático, apesar de seu significativo potencial ecológico, incluindo parques urbanos e ecossistemas costeiros. Conclui-se que a capital paraibana demanda políticas públicas integradas e sistematizadas para consolidar as SbN como instrumento estratégico de resiliência urbana, em contraste com o modelo avançado observado em Guimarães.

Palavras-chave: Adaptação e mitigação climática; Planejamento urbano; Resiliência urbana.

ABSTRACT

This study conducts a comparative analysis of the application of Nature-based Solutions (NbS) in the municipalities of João Pessoa, Brazil, and Guimarães, Portugal, focusing on Disaster Risk Reduction and adaptation to climate change. The methodological approach involved a literature and document review, field visits to areas susceptible to extreme rainfall events, and a critical analysis of the strategies implemented in both cities. The results show that Guimarães has a consolidated urban planning and management structure, with integrated renaturalization projects, community engagement, and international recognition as European Green Capital 2026. In contrast, João Pessoa has isolated initiatives, fragmented green areas, and a lack of institutional integration in climate planning, despite its significant ecological potential, including urban parks and coastal ecosystems. It is concluded that the capital of Paraíba requires integrated and systematized public policies to consolidate NbS as a strategic instrument of urban resilience, in contrast to the advanced model observed in Guimarães.

Keywords: Climate adaptation and mitigation; Urban planning; Urban resilience.

RESUMEN

Este estudio realiza un análisis comparativo de la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en los municipios de João Pessoa, Brasil, y Guimarães, Portugal, centrándose en la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático. El enfoque metodológico incluyó una revisión bibliográfica y documental, visitas de campo a zonas susceptibles de sufrir eventos extremos de lluvia y un análisis crítico de las estrategias implementadas en ambas ciudades. Los resultados ponen de manifiesto que Guimarães cuenta con una estructura consolidada de planificación y gestión urbana, con proyectos integrados de renaturalización, participación comunitaria y reconocimiento internacional como Capital Verde Europea 2026. Por el contrario, João Pessoa cuenta con iniciativas puntuales, fragmentación de las áreas verdes y ausencia de integración institucional en la planificación climática, a pesar de su importante potencial ecológico, que incluye parques urbanos y ecosistemas costeros. Se concluye que la capital de Paraíba necesita políticas públicas integradas y sistematizadas para consolidar las SbN como instrumento estratégico de resiliencia urbana, en contraste con el modelo avanzado observado en Guimarães.

Palabras clave: Adaptación y mitigación climática; Planificación urbana; Resiliencia urbana.

INTRODUÇÃO

Segundo a Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiental (UNEP, 2022), as Soluções baseadas na Natureza (SbN) são definidas como estratégias que promovem a proteção, conservação, restauração, uso sustentável e gestão de diversos ecossistemas (naturais ou modificados) a fim de lidar com os desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptativa. Por isso, há a necessidade de uma abordagem integrada para garantir o equilíbrio econômico e a adoção de práticas de gestão adaptativa, buscando a obtenção de ganhos sociais e para a biodiversidade, além de respeitar as comunidades locais e assegurar a distribuição equitativa e justa dos benefícios para a população (Brasil, 2025b).

As SbN são capazes de, simultaneamente, promover o bem-estar humano, fornecer serviços ecossistêmicos, aumentar a resiliência e gerar benefícios para a biodiversidade. Podem ser aplicados processos e estruturas ecológicas para enfrentar problemas de enchentes, ilhas de calor, escassez de água e vulnerabilidades sociais, permitindo a conservação da biodiversidade, a adaptação às alterações climáticas e a melhoria da qualidade de vida.

Por se tratar de um termo bastante abrangente, as SbN podem ser tratadas sob diferentes perspectivas a depender da abordagem e das partes interessadas. Não há um consenso na literatura quanto a sua classificação. No entanto, uma das mais conhecidas é a de Eggermont *et al.* (2015), que dividiram as SbN em três tipos: i) Ecossistemas em que há o mínimo de intervenção possível, mantendo ou melhorando os seus serviços ecossistêmicos através da preservação dos ecossistemas; ii) Ecossistemas existentes que passam por processo de modificação ou recuperação a fim de melhorar os seus serviços; e iii) Novos ecossistemas criados ou construídos, além de outras estruturas.

Nas zonas urbanas e periurbanas, as SbN podem trazer muitos benefícios e alguns exemplos de soluções são mais adequadas para estas áreas de acordo com o Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza (CGEE, 2022a): jardins de chuva e zonas de retenção natural com espécies nativas; telhados verdes e arborização urbana com espécies nativas; conservação e recuperação de matas ciliares e corredores ecológicos; hortas comunitárias e agroflorestas urbanas; contenção de encostas com vegetação nativa; pavimentos permeáveis; tratamento biológico de águas residuais e; parques lineares e zonas úmidas construídas.

O tema das SbN começou a ganhar notoriedade no início dos anos 2000 em debates de emergência climática a nível global, dominando, inicialmente, a União Europeia (UE). Posteriormente, ganhou destaque também no Brasil, especialmente na academia e nas agendas municipais, após a ocorrência de diversos eventos climáticos extremos que afetaram as cidades

brasileiras, o que fez com que várias delas decretassem “Situação de Emergência” ou de “Estado Calamidade Pública” nos últimos dez anos. Assim, as SbN foram incorporadas aos debates como forma de resgatar o valor da natureza para uma nova urbanização, a chamada “reurbanização” (Carvalho *et al.*, 2025).

Este trabalho foi desenvolvido a partir da experiência de mobilidade acadêmica “mestrado-sanduíche” na Universidade do Minho, Portugal, no período de setembro a dezembro de 2025, em que foram realizados levantamentos bibliográficos, visitas de campo e reuniões, aprendendo novas técnicas e metodologias para a aplicação de SbN e entendendo o seu impacto para a Redução do Risco de Desastres (RRD) associados aos Eventos Extremos de Chuva (EEC).

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa do impacto da aplicação de SbN nos municípios de João Pessoa, Paraíba, Brasil e de Guimarães, Braga, Portugal. Como objetivos específicos, tem-se: (i) Levantamento das boas práticas de SbN existentes em João Pessoa, Paraíba, Brasil e em Guimarães, Braga, Portugal; e (ii) Conhecer novas técnicas e metodologias para a avaliação do impacto da aplicação de SbN para a RRD associados a EEC. Para tanto, a hipótese norteadora foi: as Soluções baseadas na Natureza têm o potencial de contribuir com a Redução do Risco de Desastres nos municípios de João Pessoa e Guimarães?

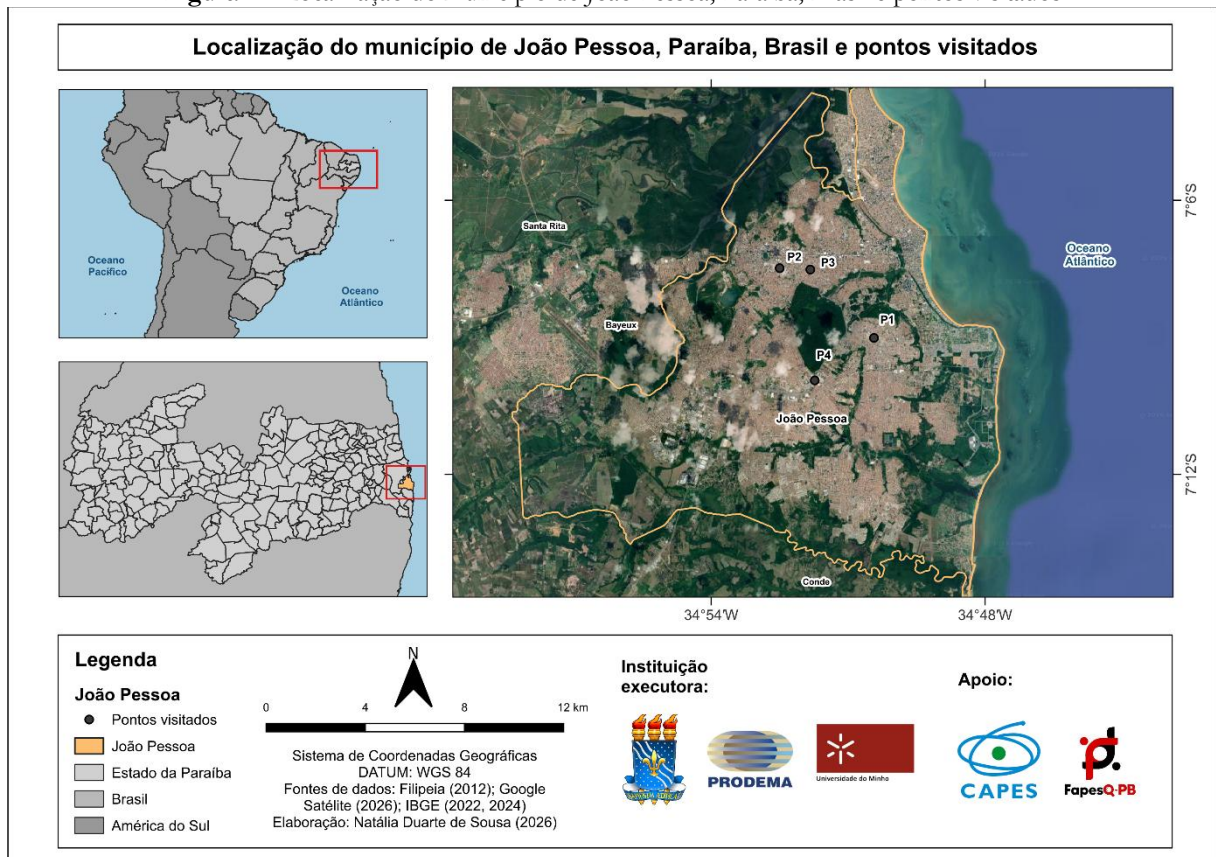
Com este trabalho, espera-se contribuir com a construção do conhecimento e o avanço no estabelecimento de políticas públicas que sejam mais eficazes e sustentáveis. Além disso, esta pesquisa é relevante por possibilitar a discussão de abordagens inovadoras e sustentáveis para o enfrentamento dos desafios associados ao processo de urbanização, principalmente em cidades que estão em expansão e precisam lidar com os efeitos das mudanças climáticas frequentemente. Neste sentido, as SbN são uma alternativa fundamental para a promover a sustentabilidade no contexto urbano, uma vez que podem promover a resiliência urbana e a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

METODOLOGIA

Área de estudo 1: João Pessoa, Paraíba, Brasil

A cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, está localizada na zona costeira da região Nordeste do Brasil, ocupando uma área de 210,04 km² (IBGE, 2023). Ao Sul, faz divisa com o município do Conde; à Oeste, com os municípios de Bayeux e Santa Rita; ao Norte, com Cabedelo; e à Leste, com o Oceano Atlântico (Figura 1). Pode ser considerada uma cidade de porte médio e é a mais populosa do estado, com 833.932 habitantes e densidade demográfica de 3.970,27 hab/km² de acordo com o Censo 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Figura 1 – Localização do município de João Pessoa, Paraíba, Brasil e pontos visitados



Fonte: Elaborado por Natália Duarte de Sousa (2026).

Por estar localizado próximo à linha do Equador, o município recebe muita radiação solar ao longo de todo o ano, aproximadamente 3.000 horas anuais, o que determina um clima quente com temperatura média anual de 26 °C (Souza; Katzchener, 2018). As temperaturas diárias mínimas e máximas variam de 21 °C a 30 °C, respectivamente. A sua baixa amplitude térmica anual é decorrente do efeito da maritimidade e da sua posição latitudinal (Santos *et al.*, 2012; Souza; Silva; Silva, 2016).

São observadas duas estações climáticas bem marcantes durante o ano: uma mais úmida, marcada pelas chuvas frequentes (março a agosto), e outra mais seca, com poucas chuvas (setembro a fevereiro) (Santos *et al.*, 2012). Os meses mais chuvosos costumam ser de maio a julho, com uma precipitação média de 1.896 mm/ano (Souza; Silva; Silva, 2016). Por causa da sua localização geográfica, há a uma forte influência dos sistemas atmosféricos oriundos do Oceano Atlântico, que determina o Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, o qual é quente e úmido ao contrário dos climas mais secos observados no interior da região (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

A cidade possui um relevo de baixas altitudes em relação ao nível do mar e preserva alguns remanescentes de Mata Atlântica ao longo do seu território (Silva, 1999 *apud* Santos *et al.*, 2012). Dentre estes remanescentes, destacam-se quatro Unidades de Conservação: Floresta Nacional da

Encontra-se inserida em uma região de clima temperado, com influências mediterrânea e atlântica, acarretando invernos frios e chuvosos e, verões moderados a quentes e ligeiramente úmidos. Apresenta amplitude térmica anual relativamente alta, variando entre 2 °C e 5 °C a temperatura mínima média do mês mais frio (janeiro) e entre 23 °C e 32 °C a temperatura máxima média do mês mais quente do ano (julho) (Lemos, 2022). Tal amplitude é resultado, principalmente, da sua localização geográfica, uma vez que a cidade está situada em um vale. Devido ao efeito das montanhas associado à passagem de superfícies frontais, possui elevados índices de precipitação, sobretudo no final do outono e início da primavera, com totais anuais que superam 1.500 mm (Pinheiro e Laranjeira, 2023).

Caracteriza-se por ser uma das regiões mais altamente industrializadas do país, conseqüentemente emprega grande parte da sua mão de obra no setor secundário. Dentre as atividades econômicas que mais se destacam estão a indústria transformadora e têxtil (fiação, tecelagem de linho e algodão), cutelaria, curtumes e artesanato (ourivesaria e bordados), e o turismo cultural (UCCLA, s.d.).

Procedimentos metodológicos

Este trabalho consistiu em três etapas: i) Levantamento bibliográfico; ii) Visitas de campo; e iii) Análise comparativa. Primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico no Google Acadêmico, assim como na própria busca do Google, para identificação das SbN existentes nos municípios de João Pessoa e de Guimarães. Para isso, foram utilizadas palavras-chave como: “Soluções baseadas na Natureza”, “João Pessoa”, “Paraíba”, “Brasil”, “Guimarães”, “Portugal”, “áreas verdes”, sendo todos esses termos combinados entre si e pesquisados nas línguas portuguesa e inglesa. Esse levantamento foi realizado em artigos de revistas científicas, documentos oficiais de ambos os municípios (como plano diretor, plano de contingência e outros) e notícias de jornais digitais.

Complementarmente, também foi utilizado o *Microsoft 365 Copilot* para auxiliar nas buscas, em que foi elabora um *prompt* solicitando que este identificasse SbN existentes tanto em João Pessoa quanto em Guimarães. Sendo assim, as fontes indicadas foram consultadas e analisadas. Porém, a grande maioria das fontes eram provenientes de *sites* institucionais e não propriamente de artigos científicos e acadêmicos. Por isso, buscou-se verificar a veracidade das informações com base em outros documentos oficiais, como relatórios e planos.

Na segunda etapa, foram realizadas visitas de campo em ambos os municípios com o objetivo de visualizar locais afetados pelos efeitos das chuvas e como esses problemas têm sido

tratados pela prefeitura e/ou pela câmara municipal. Em João Pessoa, foram visitados 4 (quatro) pontos em que são comuns problemas de alagamento (Figura 1): Rua Bancário Sérgio Guerra, no Bairro Jardim Cidade Universitária, em frente ao Equilíbrio do Ser (Figuras 3a e 3b); Av. Hilton Souto Maior, próximo à empresa Trans. Nacional (Figuras 3c e 3d); cruzamento entre as avenidas Dom Pedro II e Coremas, no Bairro Centro, em frente à Álamo Segurança Eletrônica (Figuras 3e e 3f); e Av. Caetano Filgueiras, por trás do mercado público do Bairro Torre (Figuras 3g e 3h).

Figura 3 – Pontos visitados em campo com problemas de alagamentos frequentes no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil: (a e b) Rua Bancário Sérgio Guerra, (c e d) Av. Hilton Souto Maior, (e e f) cruzamento entre as avenidas Pedro II e Coremas e (g e h) Av. Caetano Filgueiras por trás do mercado público do Bairro Torre.



(a)

Fonte: Google Earth (2026).



(b)

Fonte: G1 Paraíba/Semob-JP (2026).



(c)

Fonte: Sara Ribeiro Gomes (2024).



(d)

Fonte: ClickPB (2024).



(e)

Fonte: Google Earth (2026).



(f)

Fonte: TV Cabo Branco/G1 Paraíba (2024).



(g)

Fonte: Google Earth (2026).



(h)

Fonte: TV Cabo Branco/G1 Paraíba (2021).

Em Guimarães, também foram visitados 4 (quatro) pontos, só que estes tinham como foco observar as intervenções ao longo do curso do Rio Selho, atentando-se à influência da urbanização e do processo de ocupação nas margens do rio, bem como analisar as soluções aplicadas para amenizar os impactos das cheias e das inundações no seu entorno (Figura 2).

O primeiro ponto foi na Ribeira de Costa/Couros, situada no centro da cidade, na Rua Parque das Hortas (Figuras 4a). O segundo ponto foi na Rua de Trandes, especificamente no trecho em que o Rio Selho atravessa a ponte (Figuras 4b e 4c). O terceiro ponto foi no Parque de Roldes, na freguesia de Fermentões (Figuras 4d). E o quarto ponto foi na freguesia de Aldão, mais precisamente entre a Rua da Ponte e a Rua da Ponte Romana (Figuras 4e).

Figura 4 – Pontos visitados ao longo do Rio Selho: Ribeira da Costa/Couros (a), Rua de Trandes (b e c), Parque de Roldes (d) e Ponte Romana (e).



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Além desses quatro pontos do curso do Rio Selho, também foram realizadas outras duas visitas em Guimarães: uma ao Santuário da Penha, que tem mais de 600 metros de altitude e é considerado um dos pontos mais altos da cidade, para ter uma visão geral do município e seu entorno (Figuras 5a, 5b e 5c); e uma outra ao Laboratório da Paisagem, a fim de conhecer parte dos projetos e propostas que têm sido desenvolvidas pelos seus pesquisadores e sua equipe técnica (Figuras 5d, 5e, 5f e 5g).

Figura 5 – Santuário da Penha (a, b e c) e Laboratório da Paisagem (d, e, f e g).



Fonte: Acervo pessoal (2025).

Por fim, com base nas informações levantadas nos materiais bibliográficos e em campo, foi realizada uma análise comparativa dos desafios e oportunidades existentes nos dois municípios sob a perspectiva da implantação das SbN, buscando destacar a sua importância da aplicação para a gestão urbana sustentável, o combate às mudanças climáticas e o enfrentamento dos problemas decorrentes dos eventos extremos de chuva, como alagamentos, enchentes e inundações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Panorama das SbN no Brasil, na Paraíba e em João Pessoa

Em Curitiba (PR), desde a década de 1970, há um investimento expressivo em parques para o armazenamento da água da chuva, sendo, por isso, conhecida como a “cidade dos parques urbanos”. O Parque Barigüi foi o primeiro de Curitiba a ser criado com esse objetivo e é o mais visitado, sendo essa uma solução técnica, econômica e ambientalmente viável. Por causa disso, com

o tempo, outros investimentos foram realizados com o objetivo de ampliar a quantidade de parques na cidade, aumentando o potencial de armazenamento de água da chuva, mantendo as margens dos rios preservadas e protegendo a população dos impactos dos eventos climáticos extremos, a exemplo das enchentes (Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, 2021).

No Brasil, existe um catálogo com o Mapeamento de Iniciativas Climáticas Urbanas, produzido no contexto da Agenda de Sustentabilidade do Ministério das Cidades em 2025. Esse mapeamento constitui uma importante referência para os governos, instituições e empresas para a ação climática, permitindo identificar prioridades para definir onde investir, como estruturar o apoio e como aumentar o impacto socioambiental positivo dos recursos públicos e cooperativos. Acrescenta-se que o mapeamento possibilita fortalecer a capacidade transformativa das ações de adaptação e mitigação das mudanças climáticas a partir do conhecimento (Brasil, 2025a).

Pela análise desse catálogo, no estado da Paraíba, não há nenhuma iniciativa mapeada, o que aponta para três cenários possíveis: (i) não há iniciativas de projetos nesta perspectiva implantados ou em execução; (ii) as prefeituras paraibanas não submeteram nenhuma candidatura quando houve a chamada dos projetos; ou (iii) as prefeituras da Paraíba submeteram, mas não houve candidaturas aprovadas. Isso reforça que esse levantamento não representa a totalidade do panorama nacional, oferecendo apenas um retrato parcial e relevante das diferentes estratégias adotadas nos territórios urbanos com vistas ao enfrentamento dos desafios da mudança do clima.

O fato é que, de um total de 5.569 municípios brasileiros, foram registradas apenas 412 iniciativas climáticas, o que representa pouco mais de 7% do total. Isso reflete a necessidade urgente de ampliação e incentivo de projetos voltados para a adaptação e a mitigação das mudanças climáticas. Por isso, o anúncio da construção da Estratégia Nacional de Soluções baseadas na Natureza, lançada durante a COP30, é tão importante para o fortalecimento da integração da natureza no planejamento urbano e na agenda climática do país.

Essa iniciativa está inserida no contexto do “Programa Cidades Verdes Resilientes (PCVR)”, que busca uma articulação institucional multinível, uma vez que faltam ações coordenadas entre os entes da federação e de direcionamento de recursos, a favor da qualidade ambiental e da resiliência climática nas cidades brasileiras (Agência Gov, 2025; Brasil, 2024b).

Dentre as ações iniciais do PCVR, há a construção de forma participativa do Plano Nacional de Arborização Urbana (PlaNAU), bem como o lançamento de uma publicação sobre SbN comunitárias com ênfase na primeira infância (Brasil, 2024b, 2024c). O PCVR tem a ambiciosa meta de transformar as cidades em espaços mais verdes e adaptáveis, por meio da implementação de SbN em 17,5% dos municípios brasileiros até 2035, a fim de reduzir a sua vulnerabilidade aos eventos climáticos extremos e promover a qualidade de vida nas cidades (Agência Gov, 2025).

Em agosto de 2022, foi lançado o primeiro Catálogo Brasileiro de Soluções Baseadas na Natureza pelo Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS), no projeto CITInova, em parceria com os Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI), especificamente o ICLEI América do Sul e o ICLEI Europa, no âmbito dos projetos *Connecting Nature* e *UrbanbyNature*, e da Aliança Bioconexão Urbana. O catálogo foi desenvolvido a partir do aprofundamento das etapas de mapeamento e implementação de SbN realizadas pelo OICS (CGEE, 2022b; OICS, 2022), com a pretensão de oferecer informações que justifiquem e embasem o processo decisório, oferecendo um direcionamento pragmático para o planejamento das fases iniciais de implementação das SbN (CGEE, 2022a).

Por ainda haver uma escassez de projetos de SbN estruturados e implementados em áreas urbanas brasileiras, foi criado o “Acelerador de Soluções Baseadas na Natureza em Cidades”, pelo *World Resources Institute* (WRI) Brasil, que teve o objetivo de permitir o avanço do desenvolvimento e do financiamento de projetos de SbN em estágio de ideação. Esse foi o primeiro programa brasileiro com mentoria e capacitação voltadas para projetos urbanos de SbN. Foram apoiados dez projetos em quatro regiões do país em estágio inicial e houve a evolução dos mesmos para estágios mais avançados de desenvolvimento (Horn *et al.*, 2024).

Nas escolas públicas e nas comunidades paraibanas, existem projetos voltados para a implantação de hortas urbanas, como ferramentas de educação ambiental em ambientes coletivos. Por meio dessas hortas, promove-se a segurança alimentar, a biodiversidade e o engajamento comunitário, transformando terrenos que estavam ociosos em locais voltados para a convivência e a valorização da natureza (Silva, 2016). O projeto “Hortas para a Liberdade” é voltado para os reeducandos das unidades prisionais do estado da Paraíba, em que se incentiva o ensino da horticultura e o processamento de alimentos. Já o projeto “Horta nas Escolas” é direcionado para alunos da rede municipal de ensino, promovendo a educação ambiental, nutricional e a cooperação entre os alunos (A União, 2025a).

Conforme Silva (2016), há uma tendência de fragmentação das áreas verdes na cidade de João Pessoa, principalmente nas de preservação, por estruturas construídas, fazendo com que haja uma descontinuidade da conectividade da paisagem natural. Logo, a cidade não possui uma infraestrutura verde bem consolidada, pois os seus elementos estão dispersos quando deveriam formar uma rede para a conservação dos valores e das funções do ecossistema natural. Uma das formas de promover essa conexão seria justamente por meio da implantação e da manutenção de áreas de cultivo dentro da cidade.

Apesar de não haver projetos que utilizam as SbN de forma explícita em João Pessoa, podem ser citadas algumas ações apoiadas nestas que funcionam indiretamente como SbN, a

exemplo dos Parques Parahyba I, II, III e IV, que são importantes parques urbanos da cidade, com áreas verdes, ciclovias e áreas de lazer, atuando como uma infraestrutura verde que contribui para a drenagem urbana e a regulação térmica (Figuras 6a e 6b).

Figura 6 – Parque Parahyba III em construção (a) e após a finalização da obra de construção (b).



Fonte: Acervo pessoal de Hamilcar José Almeida Filgueira (2021).

Fonte: Turismo em Foco (2026).

À princípio, os Parques Parahyba não foram criados como SbN. Mas, eles foram construídos em áreas onde o lençol freático se elevava em períodos de chuva, causando enchentes em afluentes do Rio Jaguaribe. Portanto, a sua função também pode ser considerada uma SbN, associada com infraestrutura cinza, uma vez que esses afluentes foram canalizados durante a sua construção. Pode-se mencionar também ações voltadas para a criação de canteiros verdes nas principais avenidas da cidade (ex.: Av. Epitácio Pessoa e Av. Beira Rio), que promovem a infiltração da água da chuva no solo, assim como os parques e as praças, só que em menor proporção.

Mais recentemente, na zona sul da cidade, houve a inauguração do Parque Linear das Três Ruas, o qual foi entregue em setembro de 2024. Constitui um importante equipamento urbano de, aproximadamente, 1,6 km de distância que está situado no Bairro dos Bancários. Caracteriza-se por ser uma área de 9,3 hectares que integra espaços de lazer e convivência, com ciclovias, espaços de academia e práticas de esportes, além de intervenções na mobilidade urbana. No parque, também houve o replantio de 500 mudas de árvores nativas por meio do projeto “Replante”, o qual faz parte do programa “Viva o Verde”. Ao todo, há 985 plantas em toda a área do parque, das quais 517 são árvores monitoradas.

Por ser uma cidade que tem crescido bastante, com um acelerado processo de construção e urbanização, João Pessoa tem o desafio de crescer sem diminuir as suas áreas verdes (A União, 2025b). Porém, os dados do último Censo Demográfico, realizado pelo IBGE em 2022, apontam que apenas 53,2% das vias da capital paraibana são arborizadas. Apesar de ser um número expressivo, podia ser melhor em comparação com outras capitais do Nordeste do Brasil (NEB), a

exemplo de Natal (55,2%), Teresina (57,7%) e Fortaleza (59,7%), principalmente diante do cenário de emergência climática.

Uma outra iniciativa é a busca pela conexão de fragmentos de vegetação nativa a partir dos corredores verdes, que favorecem o deslocamento da fauna local e melhoram a conectividade ecológica. Em 2025, a prefeitura da capital, a partir da Secretaria de Meio Ambiental (Semam), apresentou o programa “João Pessoa+Verde” que tem o objetivo de ampliar as áreas verdes no município pelo aumento da arborização urbana e a recuperação das áreas degradadas. Dentre as suas ações estratégicas propostas, há o desenvolvimento de espaços verdes por meio da criação de corredores e vias verdes, além da continuidade da arborização de ruas, praças, parques e obras públicas com ênfase em áreas com pouca arborização (João Pessoa, 2025).

Logo, verifica-se que, em João Pessoa, há projetos pontuais e de pequena escala que demonstram que há uma iniciativa de avanço da integração entre o meio urbano e a natureza. Porém, ainda existe bastante espaço para a ampliação do uso de SbN nas áreas da cidade, como a drenagem sustentável, telhados verdes e reuso da água, por exemplos. Ademais, muitos são os projetos e as propostas existentes, mas faltam ações práticas e concretas de aplicação desses, especialmente em larga escala, pensando na integração dos espaços verdes.

Há necessidade de superar o pensamento de que o planejamento urbano deve ser focado no veículo automotor e na infraestrutura cinza para se investir em soluções sustentáveis. A infraestrutura cinza e, conseqüentemente a impermeabilização do solo, causam diversos impactos negativos nas cidades, como o aumento das ilhas de calor urbanas e o risco de inundações. Além disso, o adensamento gerado pelas construções acentua os problemas de poluição do ar e falta de espaços verdes (Carvalho *et al.*, 2025).

Sabendo disso, as SbN têm potencialidade para fortalecer a centralidade urbana do bairro do Varadouro, em João Pessoa, por meio da integração da infraestrutura verde com a promoção da resiliência ambiental e social. Exemplos de intervenções possíveis para este local, propostas por Carvalho *et al.* (2025), são os jardins de chuva, biovaletas e pavimentos permeáveis, que podem ajudar a mitigar os alagamentos e reduzir as ilhas de calor, deixando o bairro mais atrativo e habitável. Uma outra forma de incentivar a interação social e criar um espaço urbano mais saudável e sustentável, seria a restauração das áreas degradadas e a incorporação de vegetação nativa nos espaços de convivência.

Gomes (2024) usou o *software SWMM (Storm Water Management Model)* para modelar duas áreas críticas de João Pessoa que costumam sofrer com problemas de alagamento para três cenários distintos: um totalmente impermeabilizado, o cenário atual da cidade, e um cenário hipotético com a implementação das SbN, com a finalidade de avaliar a eficácia e propor a sua aplicação nestes

locais. O primeiro ponto foi na interseção entre as Avenidas Dom Pedro II e Coremas, onde foi sugerida a instalação de canteiros pluviais ao longo da Av. Dom Pedro II a fim de diminuir o volume de escoamento na cota mais baixa.

O segundo ponto foi na Av. Hilton Souto Maior, no Bairro José Américo, em que se propõe a implementação de jardins de chuva no canteiro central, além da instalação de pavimento permeável nas calçadas com canteiros pluviais, visando aumentar a área de infiltração da água da chuva e as áreas verdes resilientes. Com a modelagem, percebeu-se que as SbN têm potencial de reduzir o escoamento superficial e minimizar os picos de vazão em até 30% juntamente com a preservação de áreas verdes.

Também nas Avenidas Dom Pedro II e Coremas, Soares (2025) utilizou o *software SketchUp* para modelar Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS). Na Av. Dom Pedro II, propôs-se a implantação de canteiros pluviais, também chamados de jardins de chuva, além de telhados verdes em edificações comerciais e residenciais do entorno, que ajudariam a aproveitar as áreas construídas para a retenção da água da chuva. Já na Av. Coremas, foi proposta a implementação de um sistema de pavimento permeável, capaz de reduzir o acúmulo de água na superfície e ajudar a água a infiltrar diretamente no solo.

Sabendo desses benefícios das SbN no contexto urbano, essas práticas podem ser replicadas não só em outras áreas de João Pessoa, mas também em outras cidades, permitindo, assim, a criação de uma rede de áreas centrais sustentáveis capazes de promover a inclusão social, a qualidade ambiental e o dinamismo econômico, os quais são essenciais para o fortalecimento das cidades contemporâneas (Carvalho *et al.*, 2025).

A Lei Federal nº 14.904/2024 estabelece diretrizes para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima; altera a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009; e dá outras providências. No art. 2º, inciso VIII, fica estabelecido que, dentre as suas diretrizes, deve haver a “adoção de soluções baseadas na natureza como parte das estratégias de adaptação, considerando seus benefícios adicionais e sua capacidade de integrar resultados para adaptação e mitigação simultaneamente” (Brasil, 2024a, p. 8). Isto é, nos planos de adaptação à mudança do clima, as soluções baseadas na natureza devem ser consideradas e adotadas como estratégias de adaptação climática à nível local, municipal, estadual, regional e nacional.

Na Paraíba, há uma Lei Ordinária nº 10.047, de 09 de julho de 2013, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de telhados verdes em projetos de condomínios edificadas, residenciais ou não, com mais de 3 (três) unidades verticais agrupadas, que tenham sido protocolados em prefeituras dos municípios paraibanos. Além desta lei estadual, outras leis municipais de mesmo teor também foram anteriormente aprovadas no município de João Pessoa.

Porém, ainda que estas leis tenham sido aprovadas, existe um abismo gigante entre o que está estabelecido no papel e a realidade aplicada, já que são poucos os projetos que, de fato, adotaram os telhados verdes no município. E, sem a devida fiscalização e exigência, dificilmente estes se concretizarão.

No Plano Diretor de João Pessoa (2023), assim como em outros documentos oficiais municipais, não há a citação direta das SbN para a resolução dos problemas urbanos. Apesar disso, pode-se considerar que o tema é abordado de forma indireta em outros conceitos que nortearam a construção do documento, a exemplo da integração da natureza com o planejamento e o desenvolvimento urbano, na preparação e combate às mudanças climáticas, no conceito de Cidades Sustentáveis, nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e na Nova Agenda Urbana da ONU (NAU) (João Pessoa, 2023a).

Por outro lado, no Plano de Ação Climática do município de João Pessoa, as SbN são explicitamente citadas nos cobenefícios de alguns dos seus eixos estratégicos, como: Qualidade urbana e habitação; Áreas verdes e proteção costeira; Gestão de riscos climáticos; Saneamento ambiental e saúde; e Inclusão e redução da vulnerabilidade social (João Pessoa, 2023b). Contudo, por ser majoritariamente urbano, o município apresenta uma limitação quanto à disponibilidade de áreas para a implantação de SbN. Por isso, um dos seus desafios é reduzir a vulnerabilidade climática por meio da ampliação do percentual de áreas permeáveis usando as SbN.

No cenário atual, o município não possui Plano Diretor de Drenagem e, por isso, o Plano Municipal de Saneamento Básico é utilizado como referencial técnico dos serviços de drenagem. No entanto, este já se encontra bastante defasado, pois foi elaborado em 2015 e não passou por nenhuma atualização. Em relação à drenagem pluvial, são identificados problemas como a ocupação indevida das planícies pluviais e de leitos de rios, problemas de estrangulamento da calha, que geram o armazenamento de pequenas alturas em pontos de baixo gabarito, dimensionamento inadequado da microdrenagem, bueiros com diâmetros insuficientes e proliferação da vegetação na calha fluvial, que geram o aumento do depósito de sedimentos, a redução da velocidade de vazão e favorece a ocorrência de inundações e enchentes (João Pessoa, 2022).

Em virtude disso, uma das propostas estratégicas para reduzir os eventos de alagamentos e inundações é a elaboração do Plano Diretor de Drenagem do município de João Pessoa, além da melhoria dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos por meio da ampliação da coleta seletiva de resíduos recicláveis (João Pessoa, 2022).

Uma outra iniciativa é um Projeto de Lei Ordinário nº 1.918, apresentado em 5 de fevereiro de 2024, para instituir o Plano Municipal de Arborização Urbana no município de João Pessoa, a fim de “promover o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente e a melhoria

da qualidade de vida da população a partir da promoção e gestão adequada da arborização urbana” (João Pessoa, 2024). Assim, de acordo com o projeto, será possível mitigar ilhas de calor, melhorar a qualidade do ar e promover o bem-estar urbano por meio de ações como o plantio de espécies nativas e a manutenção das árvores existentes.

Portanto, conforme Fraga (2020), as políticas brasileiras possuem um apoio médio ao conceito de SbN de forma geral, indicando que este não é um recurso relevante para a política pública brasileira. Contudo, há referências a elementos individuais/pontuais de SbN e outras intervenções associadas ao conceito que favorecem a sua implementação. Ou seja, os instrumentos legais brasileiros fazem referência explícita ao uso da natureza para superar os desafios sociais, ambientais e econômicos, internalizando nos princípios e objetivos de suas políticas nacionais.

Panorama das SbN na Europa, em Portugal e em Guimarães

Segundo a revisão sistemática realizada por Ribeiro *et al.* (2026), a partir de 66 projetos implantados entre 2014 e 2023, há uma ampla distribuição geográfica de projetos de SbN na União Europeia (UE), com uma alta concentração nos países do Sul europeu. Essa distribuição geográfica é condicionada por fatores econômicos e institucionais. De acordo com os autores, regiões que apresentam maior acesso a financiamento europeu e maior capacidade administrativa, a exemplo do Norte da Itália e áreas metropolitanas da Espanha, França e Portugal, são também as que apresentam a maior densidade de projetos.

Devido a isso, a implementação de SbN e projetos associados à sustentabilidade tecnológica, adaptação climática e resiliência depende não só de fatores ambientais, mas também da dinâmica econômica e da governança territorial. Logo, são comuns as parcerias entre países, regiões ou cidades para implantação desses projetos a depender da escala geográfica das SbN. Tais parcerias são importantes por apresentarem o potencial de aumentar a replicabilidade e a transferibilidade das SbN, ampliando o seu impacto e a sua aplicação (Castelo *et al.*, 2023).

Dentre estes projetos, destacam-se os financiados pela União Europeia (EU) em Portugal, a exemplo do *URBAN GreenUP* e o *CONEXUS*, os quais são voltados para a implantação de SbN, como: jardins de chuva, corredores verdes, renaturalização das margens de rios, parques de biofiltração, bacias de retenção multifuncional, regeneração ecológica, praças verdes comunitárias e renaturalização de canais urbanos. Ambos os projetos cruzaram as fronteiras da Europa e foram também aplicados no Brasil.

A partir deste estudo, percebeu-se o papel estratégico das SbN por serem instrumentos multifuncionais, capazes de promover a resiliência, a sustentabilidade e a inovação nas políticas

públicas urbanas. Além disso, o estudo ressaltou a importância das SbN para a resiliência urbana por meio de processos colaborativos estáveis, envolvendo variados grupos-alvo (entidades governamentais, cidadãos, comunidades científica e empresarial, e sociedade civil/ONG) e integrando em estruturas de políticas de longo prazo e em estratégias de saúde pública (Ribeiro *et al.*, 2026).

Os espaços verdes têm como função principal garantir uma boa qualidade de vida aos seus habitantes, além de terem uma importância para a diversidade ecológica e para o embelezamento das cidades (Nieuwenhuijsen, 2021). Acrescenta-se ainda o benefício que geram para o crescimento da biodiversidade local, uma vez que são potenciadores da fauna e flora (Filazzola *et al.*, 2018). Sua importância é ainda mais marcante nas cidades mais poluídas na medida em que contribuem para melhorar o microclima urbano, reduzindo a amplitude térmica e regulando as temperaturas (Lin e Li, 2025).

De acordo com o Plano Diretor Municipal de Guimarães (2023), pela análise da Carta de Uso e Ocupação do Solo de 2018, Guimarães apresenta um predomínio de áreas florestais, que ocupam 38,3% do seu território, seguido das áreas agrícolas, com 29,2%, e dos territórios artificializados, que representam 26,2%. No município, há 23 espaços verdes registrados, incluindo parques e jardins. Ademais, observa-se uma tendência nas políticas e estratégias de gestão sustentável no território municipal com o investimento na recuperação de áreas degradadas e na criação de áreas verdes urbanas (Vieira *et al.*, 2017).

Todos estes espaços são vistos, pelo Município de Guimarães, como peças fundamentais para o desenvolvimento sustentável, bem como trazem benefícios para a qualidade de vida dos seus cidadãos, o seu envolvimento com a natureza e, conseqüentemente, a preservação do meio ambiente. Por causa dessas ações, Guimarães é considerada uma referência em Portugal e na Europa quanto à aplicação de SbN para o enfrentamento dos desafios climáticos, a melhoria da qualidade de vida e da promoção da sustentabilidade urbana. Não por acaso, foi escolhida como a “Capital Verde Europeia 2026”, sendo reconhecida por conseguir integrar com sucesso a sustentabilidade na sua cultura com o apoio da comunidade (cidadãos, meio acadêmico e setor privado) (Representação da Comissão Europeia em Portugal, 2024).

Durante as fases de avaliação das candidaturas, Guimarães obteve destaque excepcional em 7 (sete) parâmetros ambientais: qualidade do ar; ruído; água; biodiversidade, áreas verdes e uso do solo; resíduos e economia circular; alterações climáticas: mitigação; e alterações climáticas: adaptação (Câmara Municipal de Guimarães, 2024). O fato de ser reconhecida como “Capital Verde Europeia” traz inúmeros benefícios como a transformação para um perfil mais positivo da cidade, pelo espírito de otimismo gerado e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos, e a

construção de novas alianças em virtude da atração de novos investimentos (Representação da Comissão Europeia em Portugal, 2024).

É comum o trabalho conjunto do Município de Guimarães com o Laboratório da Paisagem. Este foi fundado em 2014 pela Câmara Municipal de Guimarães em parceria com a Universidade do Minho (UM) e a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Consiste em uma entidade promotora do desenvolvimento sustentável com foco na inovação, investigação e divulgação científica, além da sensibilização da população, prestação de serviços e consultoria ambiental (Laboratório da Paisagem, s.d.d).

Dentre os seus projetos, tem-se: “Ecovias do Ave, do Selho e do Vizela”, o “Plano de Ação da Biodiversidade de Guimarães” e o “BiodiverCity”. As Ecovias do Ave, do Selho e do Vizela apresentam uma extensão total de 61 km, contemplando 27 freguesias e uniões de freguesias. Caracteriza-se pela construção de percursos pedonais e cicláveis para aproximar as pessoas dos rios, contando suas histórias, protegendo os rios, sensibilizando a população para riqueza da galeria ripícola a fim de garantir a admiração, valorização e proteção do patrimônio natural de interesse cultural e paisagístico (Laboratório da Paisagem, s.d.b).

Paralelamente ao Projeto das Ecovias do Ave, do Selho e do Vizela, um outro projeto importante em Guimarães foi o processo de renaturalização do Rio Selho e do Rio de Couros a partir de intervenções para restaurar ecossistemas fluviais degradados (Costa; Vieira, 2021; Costa; Vieira, 2023; Costa; Vieira; Ribeiro, 2023). Dentre estas intervenções, inclui-se a plantação de vegetação nativa, a criação de zonas úmidas e de melhoria da qualidade da água, associadas a ações emergenciais e pontuais para reduzir o assoreamento do rio, como a retirada de fitoplâncton e de sedimento do seu leito (Figuras 7a a 7f).

Figura 7 – Situação ao longo do Rio Selho durante períodos de chuvas intensas e prolongadas: Ribeira da Costa/Couros (a), Rua de Trandes (b e c), Parque de Roldes (d) e Ponte Romana (e).



(a)

Fonte: Jornal de Notícias (2023).

(b)

Fonte: O Minho (2016).



(c)

Fonte: Acervo pessoal (2025).



(d)

Fonte: Grupo Santiago (2026).



(e)

Fonte: Acervo pessoal (2025).



(f)

Fonte: Grupo Santiago (2026).

Mais especificamente no Rio Selho, Costa e Vieira (2023) e Costa, Vieira e Ribeiro (2023) desenvolveram uma metodologia para identificar, caracterizar e avaliar as suas barreiras à continuidade fluvial, a partir da criação de um Índice de Condição Ambiental (em inglês, *Environmental Condition Index - ECI*), definindo critérios de decisão para a remoção de estruturas hidráulicas em rios.

Costa e Vieira (2021) aplicaram uma ferramenta de apoio à decisão para restauração de rios, chamada “*River Habitat Survey*”, a qual é utilizada para avaliar as características físicas e a qualidade dos rios, auxiliando na conservação e recuperação de habitats ribeirinhos. Conjuntamente, estas iniciativas permitiram recuperar o curso natural dos rios Selho e Couros, possibilitando a redução dos problemas de inundação e de alagamentos, especialmente nas áreas da Ribeira da Costa e Couros, onde esses problemas eram frequentes.

O Plano de Ação da Biodiversidade de Guimarães também conta com a participação do Laboratório da Paisagem, o qual é responsável pela execução do plano e pelo incentivo da participação da comunidade vimaranense. Além da forte vertente participativa, conta com as vertentes técnica e de investigação que permitiram a identificação de 12 unidades de amostragem no município de Guimarães. No entanto, a intenção é realizar o mapeamento de todo o seu território, envolvendo, formando e participando a fim de proteger, conservar e monitorizar as

espécies existentes nas Ecovias do Ave, do Selho e do Vizela, além de outros projetos de promoção do patrimônio natural (Laboratório da Paisagem, s.d.c).

Com foco maior no planejamento de SbN, o Projeto *BiodiverCity* consiste em parte de uma rede europeia com abordagens de base comunitária, formada por 10 (dez) cidades de 8 (oito) países, que tem como propósito a valorização da biodiversidade urbana e dos serviços ecossistêmicos. Outrossim, busca contribuir com o desenvolvimento de planos de ecologização urbana, promovendo o planejamento participativo de SbN, comportamentos cívicos pró-ambientais e a concretização da estratégia para a Biodiversidade da União Europeia (Laboratório da Paisagem, s.d.a).

Nesta mesma perspectiva, uma outra iniciativa municipal é o “Guimarães mais Floresta” que, a partir do projeto “Uma Árvore por Cada Vida – Criar Raízes Por Um Mundo Melhor”, teve o propósito de (re)florestar diferentes áreas do município, criando corredores verdes, que permitissem a proteção e a promoção da biodiversidade e da floresta autóctone (Agroportal, 2023).

Recentemente, o projeto “Miniflorestas, Grandes Impactos”, desenvolvido pelo Laboratório da Paisagem, também com base no Método Miyawaki, integrando o programa municipal de “Guimarães Pegadas”, teve como finalidade o reforço da educação e a adaptação do território às mudanças climáticas. Desta forma, foram realizadas atividades de sensibilização dos mais jovens quanto à importância da biodiversidade e das florestas nativas, estimulando a adoção de práticas ambientais responsáveis e o envolvimento de toda a comunidade educativa nas práticas de reflorestamento (Guimarães Digital, 2025).

Comparação do contexto das SbN em João Pessoa e Guimarães

Apesar da dificuldade em comparar dois municípios com realidades bem distintas em termos de climatologia, localização geográfica, hidrografia, geomorfologia, etc., foi elaborado um quadro-resumo com as informações descritas anteriormente, e explicitando o status atual de cada município, exemplos de iniciativas ligadas às SbN, bem como os pontos positivos e negativos de cada localidade, e o foco estratégico para a ampliação de projetos de SbN no contexto local (Quadro 1).

Quadro 1 – Resumo do panorama das SbN em João Pessoa, Paraíba, Brasil e Guimarães, Braga, Portugal

Critérios de Comparação	João Pessoa (Brasil)	Guimarães (Portugal)
Status de Implementação	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos pontuais e de pequena escala; • Sem citação direta de SbN no Plano Diretor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Referência europeia; • Escolhida como "Capital Verde Europeia 2026".
Principais Iniciativas e Projetos	<ul style="list-style-type: none"> • Parques Parahyba (I a IV); • Parque Linear das Três Ruas; • Programa "João Pessoa+Verde"; • Hortas urbanas escolares e comunitárias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto "BiodiverCity"; • Programa "Guimarães mais Floresta"; • Ecovias do Ave, Selho e Vizela; • "Miniflorestas, Grandes Impactos".
Pontos Positivos	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de barreiras naturais (manguezais) contra enchentes; • Esforços recentes de replantio de mudas nativas; • Previsão de SbN no Plano de Ação Climática. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte base científica e inovação através do Laboratório da Paisagem; • Planejamento participativo e comunitário; • Alto percentual de áreas florestais.
Pontos Negativos e Desafios	<ul style="list-style-type: none"> • Tendência de fragmentação das áreas verdes; • Baixa arborização viária; • Foco excessivo em infraestrutura cinza e veículos; • Defasagem no planejamento de drenagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de monitoramento constante de espécies; • Desafio de mapear a biodiversidade em todo o território do município.
Foco Estratégico para melhoria	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação de áreas degradadas; • Conexão de fragmentos via corredores verdes e; • Mitigação de ilhas de calor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valorização da biodiversidade urbana; • Proteção de rios; • (Re)florestamento de espécies autóctones e; • Adaptação climática.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Enquanto, em João Pessoa, as SbN são abordadas de forma indireta ou em projetos isolados; em Guimarães, elas estão integradas a redes europeias de cooperação e estratégias de longo prazo. O município português conta com uma parceria estruturada com universidades através do Laboratório da Paisagem para investigação e consultoria ambiental, algo não existente para o caso de João Pessoa. Ademais, a capital paraibana enfrenta o desafio do acelerado processo de urbanização que ameaça as áreas verdes, enquanto Guimarães mantém um predomínio de áreas florestais e agrícolas em seu território.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As SbN são bastante adaptáveis, podendo ser aplicadas em diferentes escalas, desde nível local até regional, em paisagens mais naturais, em meio rural e até mesmo nas cidades a depender das especificidades do contexto em que serão inseridas. No entanto, é imprescindível que a

implementação das SbN seja planejada de forma integrada em diferentes escalas, para que seus benefícios sejam potencializados em termos de efetividade. Outrossim, é fundamental que casos de sucesso sejam cada vez mais disseminados, com a finalidade de estimular a priorização destas iniciativas como um mecanismo de alcançar o desenvolvimento sustentável e a adaptação climática.

É notório que as SbN são instrumentos multifuncionais, que garantem a resiliência, a sustentabilidade e a inovação nas políticas públicas urbanas, a partir de processos colaborativos estáveis com a participação de variados grupos-alvo como, por exemplos, entidades governamentais, cidadãos, comunidades científica e empresarial, e sociedade civil/ONG. Outrossim, é preciso que elas sejam integradas em estruturas de políticas de longo prazo, assim como em estratégias de saúde pública diante dos inúmeros benefícios que podem trazer.

As SbN existentes, tanto em João Pessoa quanto em Guimarães, servem de exemplo de iniciativas focadas em soluções sustentáveis diante dos problemas decorrentes das mudanças climáticas, especialmente aqueles associados às enchentes, inundações e alagamentos. Isto é, contribuem com a redução do risco de desastres nos municípios analisados, corroborando a hipótese do trabalho. No entanto, há um amplo caminho de crescimento e ampliação destas iniciativas, principalmente no cenário brasileiro, onde as ações ainda são pontuais e com poucos projetos integrados e em larga escala.

Diante disso, é preciso que o município de João Pessoa, a exemplo de Guimarães, compreenda as SbN como peças fundamentais para o desenvolvimento sustentável, para a qualidade de vida dos seus habitantes, o envolvimento da população com a natureza e a preservação do meio ambiente. Deste modo, João Pessoa tem um grande potencial de aumentar a sua área verde global com a implantação de parques e jardins, promovendo a integração das áreas verdes urbanas e diminuindo as áreas impermeabilizadas.

Ademais, tomando como base o que já foi desenvolvido em Guimarães, João Pessoa pode desenvolver e implantar projetos de SbN focados na proteção e na recuperação de rios, criando também ecovias que aproximem os rios urbanos da população e corredores verdes que permitam a integração das áreas verdes existentes. Acrescenta-se a importância de se considerar nestes projetos o planejamento participativo com o envolvimento de diferentes grupos sociais para que, assim, se construa uma cultura de sustentabilidade com a comunidade local.

Nesta mesma perspectiva, a criação de uma entidade de investigação e educação, semelhante ao Laboratório da Paisagem, capaz de integrar ações do poder público em conjunto com as instituições de ensino superior e a sociedade civil, seria fundamental para colaborar com a efetivação das políticas de desenvolvimento sustentável no município. Paralelamente, um “laboratório vivo” serviria não só para a pesquisa científica, testando possíveis SbN em um espaço

verde urbano, mas também para educação ambiental, monitoramento climático e envolvimento comunitário, contribuindo para a consolidação de uma cultura voltada para o desenvolvimento sustentável.

Por fim, este trabalho cumpriu com o seu objetivo de discutir e ampliar os conhecimentos acerca das SbN, por meio do debate de abordagens inovadoras e sustentáveis voltadas para o enfrentamento dos desafios ligados à urbanização, sobretudo nas cidades que estão em crescimento, como é o caso de João Pessoa, e que lida com os impactos das mudanças climáticas recorrentemente. No entanto, é preciso se aprofundar ainda mais nesta temática, tendo em vista que ela ainda está em desenvolvimento. Uma possibilidade de continuação deste estudo seria testar possíveis SbN aplicadas em determinadas áreas do município e avaliar, por meio de modelagem e de parâmetros bem definidos, a sua eficácia em termos quantitativos para a redução do risco de desastres.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal da Paraíba (PRODEMA/UFPB), pelo suporte, apoio e contribuições ao trabalho de dissertação da mestranda, do qual este artigo é oriundo. À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida à mestranda durante execução do projeto de mestrado. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), pela bolsa concedida à mestranda durante período de intercâmbio para realização de mestrado-sanduíche.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Na COP30, MMA lança construção de estratégia nacional de Soluções Baseadas na Natureza.** Agência Brasil, 11 nov. 2025. Disponível em: <<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202511/na-cop30-mma-lanca-construcao-de-estrategia-nacional-de-solucoes-baseadas-na-natureza>>. Acesso em: 19 jan. 2026.

AGROPORTAL. **Nascimentos em Guimarães permitem plantar 1.400 árvores.** Agroportal, 30 jan. 2023. Disponível em: <<https://www.agroportal.pt/nascimentos-em-guimaraes-permitem-plantar-1-400-arvores/>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

A UNIÃO. **Hortas urbanas espalham-se pela Paraíba.** A União (município de João Pessoa, PB), 10 nov. 2025a. Disponível em: <https://auniao.pb.gov.br/noticias/caderno_paraiba/hortas-urbanas-espalham-se-pela-pb>. Acesso em: 21 jan. 2026.

A UNIÃO. **Progresso desafia Verde da Capital. A União (município de João Pessoa, PB).** 2025b. Disponível em: <https://auniaio.pb.gov.br/noticias/caderno_diversidade/progresso-desafia-verde-da-capital>. Acesso em: 21 jan. 2026.

BRASIL. **Lei n. 14.904, de 27 de junho de 2024.** Estabelece diretrizes para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima; altera a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, 27 jun. 2024a. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=14904&ano=2024&ato=fecoXRE5ENZpWT97f>>. Acesso em: 20 jan. 2026.

BRASIL - MINISTÉRIO DAS CIDADES. [LEMONS, M.F., MARTINS, A., CAMPANHONI, A., VALE, M., PRADO, H., MELLO-SILVA, C., SANTOS, A., DOMINGUES, I. (Org.)]. **Catálogo de Iniciativas Climáticas Urbanas no Brasil.** Brasília: UCCRN-LA, ONU-Habitat, GIZ, 2025a.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Cidades Verdes e Resilientes.** 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes>>. Acesso em: 19 jan. 2026.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Soluções comunitárias baseadas na natureza: adaptação de territórios vulneráveis às mudanças climáticas.** Brasília: MMA, 2024c. 100 p.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Soluções Baseadas na Natureza.** 2025b. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes/SBN/solucoes-baseadas-na-natureza-1>>. Acesso em: 05 jan. 2026.

CÂMARA MUNICIPAL DE GUIMARÃES. **Enquadramento geográfico.** Guimarães: Câmara Municipal de Guimarães. 2025a. Disponível em: <<https://www.cm-guimaraes.pt/enquadramento-geografico>>. Acesso em: 06 jan. 2026.

CÂMARA MUNICIPAL DE GUIMARÃES. **Plano Diretor Municipal de Guimarães – Estudos de Caracterização e Diagnóstico.** Guimarães: v. 2, Sistema Biofísico, 2023.

CÂMARA MUNICIPAL DE GUIMARÃES. **S. Torcato – Guimarães: Visit Guimarães Travel.** Guimarães: Câmara Municipal de Guimarães, 2025b. 2 p. Disponível em: <https://www.cm-guimaraes.pt/cmguimaraes/uploads/writer_file/document/8682/desd_storcato_pt_maio.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2026.

CÂMARA MUNICIPAL DE GUIMARÃES. **Guimarães acaba de ser eleita Capital Verde Europeia 2026.** Guimarães: Câmara Municipal de Guimarães, 27 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.cm-guimaraes.pt/areas-de-intervencao/noticia/guimaraes-acaba-de-ser-eleita-capital-verde-europeia-2026>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

CARVALHO, G. L. L.; LIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, J. X. A.; SILVEIRA, J. A. R. Estratégias integradas de Soluções baseadas na Natureza como potencializadoras de centralidades. **Revista Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 81-97, 2025.

CASTELO, S.; AMADO, M.; FERREIRA, F. Challenges and Opportunities in the Use of Nature-Based Solutions for Urban Adaptation. *Sustainability*, v. 15, e. 7243, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15097243>

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza – Entendendo e planejando SbN no Brasil**. Brasília: CGEE, 2022a. Disponível em: <<https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/>>. Acesso em: 05 jan. 2026.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **OICS lança o Primeiro Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza**. CGEE, 2022b. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/w/oics-lan%C3%A7a-o-primeiro-cat%C3%A1logo-brasileiro-de-solu%C3%A7%C3%B5es-baseadas-na-natureza>>. Acesso em: 19 jan. 2026.

CLICKPB. **Hilton Souto Maior e outras avenidas de João Pessoa seguem interrompidas devido às chuvas; confira lista. 2024**. Disponível em: <<https://www.clickpb.com.br/paraiba/hilton-souto-maior-e-outras-avenidas-de-joao-pessoa-seguem-interrompidas-devido-as-chuvas-confira-lista.html>>. Acesso em: 10 mar. 2026.

COSTA, F.; VIEIRA, A. Decision Support Tools for River Restoration: The Implementation of the “River Habitat Survey” Methodology on the River Selho (Guimarães Municipality, Northwest Portugal). *Hydrology*, v. 8, n. 69, 2021.

COSTA, F.; VIEIRA, A.; RIBEIRO, C. **Remoção de barreiras fluviais: uma proposta metodológica para os açudes no Rio Selho (Noroeste de Portugal)**. 2023. *In: XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, p. 1-10, 2023. ISSN 2318-0358.

COSTA, F.; VIEIRA, A. Stream Barrier Removal: Are New Approaches Possible in Small Rivers? The Case of the Selho River (Northwestern Portugal). *Hydrology*, v. 10, n. 163, 2023.

DIREÇÃO-GERAL DO TERRITÓRIO (DGT). **Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) – Áreas das freguesias, municípios, distritos e país**. Lisboa: DGT, 2025. Disponível em: <<https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>>. Acesso em: 11 fev. 2026.

EGGERMONT, H. *et al.* Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA*, v. 24, e. 4, p. 243 – 248, 2015.

FILAZZOLA, A.; SHRESTHA, N.; MACLVOR, J. C. The contribution of constructed green infrastructure to urbanbiodiversity: A synthesis and meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, v. 56, p. 2131-2143, 2019.

FRAGA, R. G. **Soluções baseadas na Natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileira**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2020.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA. **Cidades baseadas na natureza: infraestrutura natural para resiliência urbana**. Curitiba: Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, 2021. 20 p.

G1 PARAÍBA. **Chove mais de 145mm em João Pessoa e ruas ficam alagadas; veja trechos.** 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2021/02/26/fortes-chuvas-deixam-ruas-alagadas-em-joao-pessoa-veja-os-trechos.ghhtml>>. Acesso em: 10 mar. 2026.

G1 PARAÍBA. **Chuvas intensas em João Pessoa causam alagamentos, transtornos no trânsito e desvios de voos.** 2026. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2026/02/06/chuvas-intensas-joao-pessoa-transtornos.ghhtml>>. Acesso em: 10 mar. 2026.

G1 PARAÍBA. **João Pessoa registra em 12 horas quase metade do volume de chuvas previsto para maio.** 2024. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2024/05/28/joao-pessoa-registra-912-mm-de-chuva-e-nove-bloqueios-totais-de-transito-nesta-terca-feira.ghhtml>>. Acesso em: 10 mar. 2026.

GALVÃO JÚNIOR, P. **João Pessoa, 440 anos: cidade histórica se consolida como motor da economia paraibana.** Revista Nordeste, 28 ago. 2025. Disponível em: <<https://revistane.com.br/2025/08/28/joao-pessoa-440-anos-cidade-historica-se-consolida-como-motor-da-economia-paraibana/>>. Acesso em: 07 jan. 2026.

GOMES, S. R. **Soluções baseadas na Natureza (SbN) para a Redução de Risco de Desastre (RRD): estudo de caso no município de João Pessoa, PB.** Relatório de Iniciação Científica (PIBIC) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, 2024.

GUIMARÃES DIGITAL. **Três escolas de Guimarães ganharam miniflorestas que estimulam boas práticas ambientais.** Guimarães Digital, 13 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.guimaraesdigital.pt/index.php/informacao/ambiente/94878-tres-escolas-de-guimaraes-ganharam-miniflorestas-que-estimulam-boas-praticas-ambientais>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

HORN, L.; TORNELLO, V. T.; ARIOLI, M.; CORRÊA, F.; AZEREDO, L. **Acelerando Soluções Baseadas na Natureza em Cidades Brasileiras: Lições aprendidas na estruturação de projetos em estágio de ideação.** Nota Prática. São Paulo: WRI Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2024-08/WRI_Brasil-Acelerando_SBN_em_Cidades.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama – João Pessoa (PB).** Portal Cidades IBGE, 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>>. Acesso em: 07 jan. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – INE. **Censo 2021 – Resultados definitivos por município.** Lisboa, INE, 2021.

JOÃO PESSOA. **P5b – Relatório de Diretrizes e Propostas (Fase III).** João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, fev. 2022. 236 p.

JOÃO PESSOA (Prefeitura Municipal). **Prefeitura lança o programa João Pessoa Verde nesta segunda-feira.** João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 10 ago. 2025. Disponível em: <<https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/prefeitura-lanca-o-programa-joao-pessoa-verde-nesta-segunda-feira/>>. Acesso em: 21 jan. 2026.

JOÃO PESSOA. **Projeto de Lei Ordinária nº 1.918, de 5 fev. 2024.** Institui o Plano Municipal de Arborização Urbana no Município de João Pessoa e dá outras providências. João Pessoa: Câmara Municipal de João Pessoa, 2024. Disponível em: <<https://sapl.joaopessoa.pb.leg.br/materia/171399>>. Acesso em: 20 jan. 2026.

JOÃO PESSOA. **Revisão do Plano Diretor de João Pessoa: sumário executivo.** João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2023a. 104 p.

JOÃO PESSOA. **Sumário executivo: Plano de Ação Climática de João Pessoa.** João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2023b. 103 p.

JORNAL DE NOTÍCIAS. **Guimarães faz obras para evitar cheias no centro.** 2023. Disponível em: <<https://www.jn.pt/pais/artigo/guimaraes-faz-obras-para-evitar-cheias-no-centro/17781641>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

LABORATÓRIO DA PAISAGEM. **BiodiverCity.** Laboratório da Paisagem, s.d.a. Disponível em: <<https://labpaisagem.pt/projetos/biodivercity/>>. Acesso em: 13 jan. 2026.

LABORATÓRIO DA PAISAGEM. **Ecovias.** Laboratório da Paisagem, s.d.b. Disponível em: <<https://labpaisagem.pt/projetos/ecovias/>>. Acesso em: 13 jan. 2026.

LABORATÓRIO DA PAISAGEM. **Plano de Ação da Biodiversidade de Guimarães.** Laboratório da Paisagem, s.d.c. Disponível em: <<https://labpaisagem.pt/projetos/plano-de-acao-da-biodiversidade-de-guimaraes/>>. Acesso em: 13 jan. 2026.

LABORATÓRIO DA PAISAGEM. **Sobre.** Laboratório da Paisagem, s.d.d. Disponível em: <<https://labpaisagem.pt/sobre/>>. Acesso em: 13 jan. 2026.

LEMOS, A. M. L. **Mapeamento da vulnerabilidade às alterações climáticas do município de Guimarães.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Minho - Escola de Engenharia, 163p., dez. 2022.

LIN, H.; LI, X. The Role of Urban Green Spaces in Mitigating the Urban Heat Island Effect: A Systematic Review from the Perspective of Types and Mechanisms. **Sustainability**, v. 17, 6132, 2025.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 206 p., 2007.

NIEUWENHUIJSEN, M. J. Green infrastructure and health. **Annual Review of Public Health**, v. 42, p. 317-328, 2021.

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS (OICS). **Quem faz este catálogo?** In: Catálogo Brasileiro de Soluções baseadas na Natureza – Resumo executivo. OICS – CGEE, 2022. Disponível em: <<https://catalogo-sbn-oics.cgee.org.br/capitulos/resumo-executivo/quem-faz-este-catalogo/>>. Acesso em: 19 jan. 2026.

O MINHO. **Solução adotada em Guimarães para prevenir cheias é “exemplo nacional”.** 2016. Disponível em: <https://ominho.pt/solucao-adotada-em-guimaraes-para-prevenir-cheias-e-exemplo-nacional/#google_vignette>. Acesso em: 11 mar. 2026.

PARAÍBA. **Lei Ordinária nº 10.047, de 09 de julho de 2013.** Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação “telhado verde” nos locais que especifica, e dá outras providências. João Pessoa: Assembleia Legislativa do Estado da Paraíba, 09 jul. 2013. Disponível em: <<https://sapl3.al.pb.leg.br/norma/10763>>. Acesso em: 11 mar. 2026.

PASSO VERDE. **Camélias Park Flavius.** PassoVerde, s.d. Disponível em: <<https://passoverde.pt/localizacao/camelias-park-flavius/>>. Acesso em: 14 jan. 2026.

PEREZ, L. P.; SALES, A. L. P.; SILVEIRA, J. A. R. Mudanças climáticas e o urbanismo insustentável no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 322-340, 2020.

PINHEIRO, C. A.; LARANJEIRA, M. M. Ilha(s) de Calor Urbano de Superfície em território de urbanização difusa: o estudo de caso dos municípios de Braga e de Guimarães (Portugal). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, 2023. ISSN 2237-8642

REPRESENTAÇÃO DA COMISSÃO EUROPEIA EM PORTUGAL. **Guimarães e Águeda vencem prémios Capital Verde da Europa 2026 e Folha Verde da Europa 2026.** Representação em Portugal, 27 nov. 2024. Disponível em: <https://portugal.representation.ec.europa.eu/news/guimaraes-e-agueda-vencem-premios-capital-verde-da-europa-2026-e-folha-verde-da-europa-2026-2024-11-27_pt>. Acesso em: 14 jan. 2026.

RIBEIRO, I.; LOPES, H. S.; REMOALDO, P. C.; RIBEIRO, V.; ALVES, J. A.; SILVA, L. Contribution of nature-based solutions (NbS) to resilience – A review of European projects between 2014 and 2023. **Environmental Development**, v. 57, 101367, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101367>

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; SILVA, E. R.; ARAÚJO, L. E.; COSTA, A. D. L. Campo Térmico Urbano e sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 540-557, 2012.

SILVA, L. P. **Dos quintais às ruas: estudo de implantação de hortas nos vazios urbanos de João Pessoa como parte da infraestrutura verde urbana.** 2016. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SOARES, L. G. **Aplicação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) para a Gestão de Risco de Desastre (GRD) relacionados com fenômenos naturais no meio urbano.** Relatório de Iniciação Científica (PIBIC) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, 2025.

SOUZA, J. F. de; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

SOUZA, V. S.; KATZSCHNER, L. **Mapa climático urbano da cidade de João Pessoa/PB.** Anais do 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS 2018), Coimbra, Portugal, 24-26 out. 2018. 13 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Souza-2/publication/328701485_Mapa_climatico_urbano_da_cidade_de_Joao_PessoaPB/links/5bdc8>

5fda6fdcc3a8db8c139/Mapa-climatico-urbano-da-cidade-de-Joao-Pessoa-PB.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2026.

TURISMO EM FOCO. **Turismo em foco – Tudo do turismo no Brasil e Mundo**. 2022. Disponível em: <https://turismoemfoco.com.br/v1/2022/05/12/prefeito-participa-de-inauguracao-do-parque-parahyba-iii-e-destaca-integracao-com-futuro-parque-do-aeroclube/#google_vignette>. Acesso em: 11 mar. 2026.

UNEP. United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme. **Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022. 5/5 Nature-based solutions for supporting sustainable development**. 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/about-un-environment/intergovernmental-consultations-nbs>>. Acesso em: 05 jan. 2025.

UNIÃO DAS CIDADES CAPITAIS LUSO-AFRO-AMÉRICO-ASIÁTICAS (UCCLA). **Guimarães**. UCCLA, s.d. Disponível em: <<https://www.uccla.pt/membro/membro-efetivo/guimaraes>>. Acesso em: 06 jan. 2026.

VIEIRA, A. A. B.; GONÇALVES, A. J. B.; COSTA, F. S. **Relatório da Equipa da Unidade Operacional: “Áreas Verdes Incorporando Uso Sustentável do Solo”**. Guimarães Mais Verde - Candidatura a Capital Verde Europeia, 30 p., 2017.

VISIT GUIMARÃES. **Clima**. s.d. Disponível em: <<https://www.visitguimaraes.travel/profissionais/investidor/documentos-guimaraes/caraterizacao-do-concelho/clima>>. Acesso em: 06 jan. 2026.

CONCLUSÃO

A presente pesquisa permitiu avançar na compreensão das Soluções baseadas na Natureza (SbN) como estratégias voltadas à Redução do Risco de Desastres (RRD) associados a Eventos Extremos de Chuva (EEC). A revisão bibliométrica permitiu consolidar o embasamento teórico da temática e evidenciar sua crescente relevância científica na última década, especialmente entre 2021 e 2025. Esse crescimento reflete o reconhecimento global das SbN como alternativas sustentáveis para a infraestrutura cinza no contexto das mudanças climáticas e da necessidade de maior resiliência urbana. Entretanto, a produção científica ainda se concentra majoritariamente em países da Ásia, Europa e América do Norte, evidenciando a necessidade de ampliar pesquisas e aplicações na América Latina e em outras regiões do Sul Global.

A análise da produção científica também revelou o caráter interdisciplinar das SbN, evidenciado pela diversidade de áreas do conhecimento envolvidas — como engenharia, ciências ambientais, planejamento urbano e gestão de recursos hídricos — e pela variedade de temas associados, incluindo governança, drenagem urbana e planejamento territorial. Essa natureza multifacetada evidencia o potencial das SbN para enfrentar desafios socioambientais complexos de forma integrada.

No caso de João Pessoa, a análise da variabilidade espaço-temporal da chuva diária mostrou que os maiores volumes de chuva e a maior ocorrência de EEC concentram-se nas áreas próximas ao litoral. Em termos climáticos, anos associados à La Niña e ao Dipolo Negativo do Atlântico tendem a favorecer maiores volumes de chuva e maior frequência desses eventos. Embora os EEC ocorram predominantemente durante o período chuvoso, também podem ser registrados na estação seca.

Não foram identificadas tendências estatisticamente significativas de aumento ou redução da chuva média anual ou da frequência de EEC. Contudo, nas últimas décadas, ao menos um evento extremo foi registrado anualmente no município. Apesar disso, poucos desses eventos resultaram em desastres hidrometeorológicos, indicando que a ocorrência de EEC nem sempre se traduz diretamente em impactos severos. Logo, a primeira hipótese do trabalho foi em parte aceita, pois há um indicativo de aumento do total anual de chuva e dos eventos extremos, mas a quantidade de dados oficiais é insuficiente para afirmar que estes eventos têm causado mais transtornos à sociedade.

As SbN apresentam elevada capacidade de adaptação a diferentes escalas e contextos territoriais, desde áreas naturais até ambientes urbanos, constituindo estratégias multifuncionais capazes de fortalecer a resiliência climática e urbana. Para maximizar seus benefícios, sua

implementação deve ocorrer de forma integrada ao planejamento territorial e às políticas públicas, com participação colaborativa entre poder público, comunidade científica, setor privado e sociedade civil.

As experiências analisadas em Guimarães e João Pessoa indicam que as SbN podem contribuir para a mitigação de enchentes, inundações e alagamentos, corroborando com a segunda hipótese do trabalho. Contudo, no contexto brasileiro, essas iniciativas ainda são pontuais e pouco articuladas. João Pessoa apresenta potencial significativo para ampliar áreas verdes, reduzir superfícies impermeáveis e promover projetos de recuperação fluvial, ecovias e corredores verdes, especialmente por meio de processos participativos que fortaleçam uma cultura local de sustentabilidade. Nesse sentido, destaca-se a importância da criação de estruturas institucionais voltadas à integração entre pesquisa, gestão pública e sociedade, como laboratórios de pesquisa e educação ambiental, capazes de testar e monitorar SbN, acompanhar variáveis climáticas e promover o engajamento comunitário.

Por fim, conclui-se que este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre SbN aplicadas à RRD associada aos EEC em João Pessoa, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de investigações futuras, especialmente por meio de modelagens quantitativas capazes de avaliar com maior precisão a eficácia dessas soluções. Assim, embora o município não apresente recorrência de desastres hidrometeorológicos de grande magnitude, a adoção de estratégias de adaptação baseadas em SbN mostra-se fundamental para fortalecer o planejamento urbano frente aos desafios da emergência climática, promovendo soluções sustentáveis, economicamente viáveis e ambientalmente eficazes.

REFERÊNCIAS

- ACEITUANO, P. On the functioning of the southern oscillation in the South American sector - part I: surface climate. **Monthly Weather Review**, v. 116, n. 3, p. 505-524, 1988.
- ACKERMANN, M.; SAMORA, P. R. Área de preservação permanente urbana e o manejo da água: inovação, resiliência e adaptação aos eventos hidrológicos extremos. **Labor & Engenho**, v. 14, e020007, p. 1-10, 2020.
- ARAÚJO, M. O. L. Análise da precipitação horária no estado da Paraíba. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- ARAÚJO, R.R. P. M.; PEREZ, L. P.; ANJOS, K. L.; SALES, A. L. P. Vulnerabilidade, exposição e risco climático em João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Revista Cidades**, v. 14, n. 26, 2024.
- BARBOSA, R. S.; SILVA, J. C. Análise da utilização de áreas públicas como bacias de retenção para redução de alagamentos no bairro do Jardim Botânico. **Brazilian Journal of Animal and Environmentak Research**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2025.
- BAYISSA, Y.; TADESSE, T.; DEMISSE, G.; SHIFERAW, A. Evaluation of Satellite-Based Rainfall Estimates and Application to Monitor Meteorological Drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **Remote Sensing**, v. 9, n. 7, p. 669, 2017.
- BECEGATO, L. C.; TRICÁRIO, L. T. A importância das infraestruturas verdes como tecnologias sustentáveis para contribuição da qualidade ambiental das águas pluviais urbanas. **Geoambiente online**, n. 47, p. 310-325, 2023.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 01, p. 286-299, 2011.
- BENINI, R. M.; MENDIONDO, E. M. **Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na Bacia do Mineirinho**. Floresta e Ambiente, São Carlos/SP, pag. 211 – 222, 2015. Disponível em:<<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/15774>>. Acesso em: 01 jul. 2025.
- BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Projeto Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima**. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Soluções comunitárias baseadas na natureza: adaptação de territórios vulneráveis às mudanças climáticas**. Brasília: MMA, 2024. 100 p.: il. ISBN 978-65-88265-84-0.

BRASIL – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Brasil 2040: Resumo Executivo**. Brasília, 2015.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. **Cadernos MetrÓpole**, v. 22, n. 48, p. 397-416, 2020.

CAPOTONDI, A.; WITTENBERG, A T.; NEWMAN, M.; DI LORENZO, E.; YU, J.; BRACONNOT, P.; COLE, J.; DEWITTE, B.; GIESE, B.; GIULYARDI, E.; JIN, F.; KARNAUSKAS, K.; KIRTMAN, B.; LEE, T.; SCHNEIDER, N.; XUE, Y.; YEH, S. Understanding ENSO diversity. **American Meteorological Society**, v. 96, ed. 6, p. 921-938, 2015.

CHAVES, J. G. F. C.; GUIMARÃES, S. J. F.; TRINDADE, S. M. C.; OLIVEIRA, T.; SALES, T. V. N.; PAIVA, V. C. A. **Impacto das mudanças climáticas em projetos de drenagem urbana**. In: Ensino e pesquisa no curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFPB, Série Resenhas Pedagógicas, Grupo de Pesquisa em Educação Ambiental na Amazônia/GEAMAZ, Belém, n. 6, p. 16-20, 2025. Disponível em: <https://www.geamaz-ufpa.com.br/_files/ugd/78c979_c3f556ed28a8465caa2f2135ed0c9829.pdf#page=21>. Acesso em: 01 jul. 2025.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. 2012. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>>. Acesso em: 01 jul. de 2025.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G. M.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. IUCN: Gland, Switzerland, 97 pp., 2016. Disponível em: <https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_93FD38C8836B.P001/REF>. Acesso em: 27 mai. 2024.

CORREIA FILHO, W. L. F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO, D. B.; TERASSI, P. M. B.; TEODORO, P. E.; GOIS, G.; BLANCO, C. J. C.; SOUZA, P. H. A.; COSTA, M. S.; GOMES, H. B.; SANTOS, P. J. Rainfall variability in the Brazilian northeast biomes and their interactions with meteorological systems and ENSO via CHELSA product. **Big Earth Data**, v. 3, n. 4, p. 315–337, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/20964471.2019.1692298>>. Acesso: 06 out. 2023.

CUNICO, C.; LUCENA, D. B.; MOURA, M. O. **Atlas – Riscos, vulnerabilidades e desastres ambientais no estado da Paraíba**. Sobral – CE: Sertão Cult, 71 p., 2023.

DORST, H.; VAN DER JAGT, A.; RAVEN, R.; RUNHAAR, H. Urban greening through nature-based solutions – Key characteristics of an emerging concept. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, e101620, 2019.

DUMITRU, A.; WENDLING, L. **Evaluating the impact of nature-based solutions: A handbook for practitioners**. Luxembourg: European Commission (EC), 2021.

DU, S.; SCUSSOLINI; WARD, P. J.; ZHANG, M.; WEN, J.; WANG, L.; KOBS, E.; DIAZ-LOAIZA, A.; GAO, J.; KE, Q.; AERTS, J. C. J. H. Hard or soft flood adaptation? Advantages of a hybrid strategy for Shanghai. **Global Environmental Change**, v. 61, e102037, 2020.

ELKENAWY, E. M.; ALHUSSAN, A. A.; EID, M. M.; IBRAHIM, A. Rainfall classification and forecasting based on a novel voting adaptive dynamic optimization algorithm. **Frontiers in Environmental Science**, v.12, e. 1417664, 2024.

ESPINOZA, E. S. Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico Tropical. **Dissertação (Mestrado em Meteorologia)** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

FANG, X.; LI, J.; MA, Q.; ZHOU, R.; DU, S. A quantitative review of nature-based solutions for urban sustainability (2016-2022): From Science to implementation. **Science of Total Environment**, v. 927, e172219, 2024.

FERREIRA, V.; BARREIRA, A. P.; LOURES, L.; ANTUNES, D.; PANAGOPOULOS, T. Stakeholders' engagement on nature-based solutions: a systematic literature review. **Sustainability**, v. 12, n. 2, 2020.

FRAGA, R. G. **Soluções baseadas na Natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 177 p., 2020.

FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.; VASQUES, A. C.; SANTO, C. M. E.; CONFORTE, J. C. Validation of TRMM precipitation radar monthly rainfall estimates over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, n. D2, p. 1-9, 2009.

GOMES, R. S.; LIMA, K. C.; MEDEIROS, F. J. Effects of atmospheric systems operating in the Northeast of Brazil on the volumes of artificial reservoirs. **Scientific Reports**, v. 15, e27783, 2025. DOI: 10.1038/s41598-024-82858-x

GOUDARD, G. Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná). 236f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2019.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. Eventos e episódios pluviais extremos: a configuração de riscos hidrometeorológicos em Curitiba (Paraná - Brasil). **IdeAs**, v. 15, 2020.

GRAEL, A. S. **Parque Orla de Piratininga: Uma história pioneira de recuperação ambiental**. Blog do AXEL GRAEL, 2020. Disponível em: <<http://axelgrael.blogspot.com/2020/08/parque-orla-de-piratininga-uma-historia.html>>. Acesso em: 12 jul. 2025.

HALDER, T.; MAITRA, A. Multitechnique Rain Classification From Ground-Based Measurements Over a Tropical Location. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 58, n. 7, p. 5023-5031, 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, pp. 1-34, 2023.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION - IFC. **Nature-based Solutions in Cities: Solutions and Examples for Municipalities and the Private Sector**. 2024. Disponível em: <<https://www.gfdrr.org/en/publication/nature-based-solutions-guidance-municipalities-and-private-sector>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

KAYANO, M T.; ANDREOLI, R. V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Nino-Southern Oscillation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 111, ed. 13, p. 1-11 2006.

KOUSKY, V. E. Frontal Influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v.107, p. 1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 36, n. 6, p. 538-551, 1981.

KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. T. C.; STOCKER, E.; ADLER, R. F.; HOU, A.; KAKAR, R.; WENTZ, F.; ASHCROFT, P.; KOZU, T.; HONG, Y.; OKAMOTO, K.; IGUCHI, T.; KUROIWA, H.; IM, E.; HADDAD, Z.; HUFFMAN, G.; KRISHNAMURTI, T.; FERRIER, B.; OLSON, W. S.; ZIPSER, E.; SMITH, E. A.; WILHEIT, T. T.; NORTH, G.; NAKAMURA, K. The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. **Journal of Applied Meteorology**, v. 39, p. 1965-1982, 2000.

LIN, J.; QIAN, T. A New Picture of the Global Impacts of El Nino-Southern Oscillation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 17543, 2019.

LOSADA, T.; RODRÍGUEZ-FONSECA, B.; MECHOSO, C. R.; MOHINO, E.; CASTAÑO-TIERNO, A. Changes in Interannual Tropical Atlantic-Pacific Basin Interactions Modulated by a South Atlantic Cooling. **Journal of Climate**, v. 35, n. 13, p. 4403-4416, 2022.

LUNA, V. F. Eventos extremos de chuva e suscetibilidade a inundações em Juazeiro do Norte, Ceará. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2023.

LUNA, V. F.; SILVA, J. M. O. Eventos extremos de chuva e impactos associados no município de Crato/CE. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 27, e69086, p. 1-25, 2023.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ALVES, L. M.; BARRETO, N. J. C.; REBOITA, M. S.; RAMOS, A. M. Changing trends in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo: causes and impacts. **Frontiers in Climate**, v. 2, a. 3, 2020.

MARQUES, T. H. N.; RIZZI, D.; FERRAZ, V.; HERZOG, C. P. Soluções baseadas na Natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LBVERD**, v. 11, n. 01, e189419, p. 12-49, 2021.

MCPHILLIPS, L. E.; CHANG, H.; CHESTER, M. V.; DEPIETRI, Yaella; FRIEDMAN, Erin; GRIMM, Nancy B.; KOMINOSKI, John S.; MCPHEARSON, Timon; MÉNDEZ-LÁZARO, Pablo; ROSI, Emma J.; SHIVA, Javad Shafiei. Defining extreme events: A cross-disciplinary review. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 441-455, 2018.

MEDEIROS, E. A. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial e eventos extremos no estado da Paraíba. **Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2024.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **GeoTextos**, v. 13, n. 2, p. 135-159, 2017.

MOREIRA, A. B.; SANTOS, P. F. C.; SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S. Eventos extremos e a cidade: estudo de caso dos impactos causados por um evento climático em área urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1730-1745, 2017.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 38, ed. 12, p. 2653-2675, 1981.

MUBEEN, A.; RUANGPORN, L.; VOKINOVIC, Z.; TORREZ, A. S.; PLAVSIC, J. Planning and suitability assessment of large-scale nature-based solutions for flood-risk reduction. **Water Resources Management**, v. 35, p. 3063-3081, 2021.

NASCIMENTO, M. B.; ALMEIDA, N. V.; ARAÚJO, L. E. Análise da variabilidade precipitação pluviométrica na microrregião de Umbuzeiro, Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 16, v. 26, 2020.

NEHREN, U.; ARCE-MOJICA, T.; BARRETT, A. C.; CUETO, J.; DOSWALD, N.; JANZEN, S.; LANGE, W.; VARGAS, A. O.; PIRAZAN-PALOMAR, L.; RENAUD, F. G.; SANDHOLZ, S.; SEBESVARI, Z.; SUDMEIER-RIEUX, K.; WALZ, Y. Towards a typology of nature-based solutions for disaster risk reduction. **Nature-Based Solutions**, v. 3, 100057, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2023.100057>>. Acesso em: 27 mai. 2024.

NUNES, A. A. Tendências em eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte: detecção, impactos e adaptabilidade. **Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)** – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 207 p., 2018.

OPERANDUM. **How to reduce the threat of floods with Nature-Based Solutions in Germany**. YouTube, 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=bWt-AYz8zvg>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; GRACIOLLI, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia**, Série: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2001.

PALERMO, S. A.; TURCO, M.; PROUZ, B.; PRESTA, L.; FALCO, S.; STEFANO, A.; FREGA, F.; PIRO, P. Nature-based solutions for urban stormwater management: an overview. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 1196, n. 012027, 2023.

PEREIRA, G.; CASDOZO, F. S.; NEGREIROS, A. B.; ZANIN, G. D.; COSTA, J. C.; LIMA, T. E. R.; RUFINO, P. R.; RAMOS, R. C. Análise da variabilidade da precipitação para o estado de Minas Gerais (1981-2017). **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, 2018.

PIMENTEL, F. O.; ASSIS, W. L. Análise da variabilidade climática no município de Petrolina-PE entre os anos de 1973-2021. **Revista de Geografia – PPGEO/UFJF**, V. 12, N. 2, 2022.

QUEIROGA, A. A.; FILGUEIRA, H. J. A.; CUNICO, Camila. Correlação entre crescimento urbano e áreas sujeitas a inundação no município de João Pessoa-PB. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 98, p. 284-298, 2024.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing

the co-benefits of nature-based solutions in urban áreas. **Environmental Science and Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017.

REIS, L. C.; SANTOS E SILVA, C. M.; BEZERRA, B. G.; SPYRIDES, M. H. C. Caracterização da variabilidade da precipitação no MATOPIBA, região produtora de soja. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 4, p. 1425-1441, 2020.

ROA, O. H.; COTTI, D.; ASTE, N.; BUSTILLO-ARDAYA, A.; SCHNEIDERBAUER, S.; SOTO, I. T.; ROMÁN-DAÑOBEYTIA, F. WALZ, Y. Deriving targeted intervention packages of nature-based solutions for climate change adaptation and disaster risk reduction: A geospatial multi-criteria approach for building resilience in the Puna region, Peru. **Nature-Based Solutions**, v. 4, e100090, 2023.

RODRIGUES, E. L. Análise da variabilidade dos períodos secos e chuvosos da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando o Índice Padronizado de Precipitação (SPI). **Dissertação (Mestrado em Meteorologia)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2022.

RODRIGUES, E. L.; LOPES, R. F. C.; SOUSA, F. A. S. Análise estatística da variabilidade da precipitação para o município de João Pessoa-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 73263-73271, 2021.

ROSSETTO, A. M.; SILVA, A. S.; BODNAR, R. T. U.; BODNAR, Z. A regularização fundiária e a concretização da função social da cidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 98130-98142, 2021.

SALACK, S.; SALEY, I. A.; LAWSON, N. Z.; ZABRÉ, I.; DAKU, E. K. Scales for rating heavy rainfall events in the West African Sahel. **Weather and Climate Extremes**, v. 21, p.36-42, 2018.

SEGURA, C. S.; ROCHA, R. P. Tendências e variabilidade climática de frentes frias e precipitação na região metropolitana de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, 2024.

SILVA, E. A.; BRITO, J. I. B.; BECKER, C. T.; CAVALCANTI, E. P.; MANDÚ, T. B.; LIMA, I. P. C. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 93-111, 2022.

SILVA, E. B. C. Avaliação da influência do ENOS na precipitação do estado do Rio Grande do Norte. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia)** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, 2022.

SILVA, M. D. P. B. et al. Climate variability of precipitation in Ceara Region, Northeast of Brazil. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 33, n. 19, p. 491–512, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v33i19.17154

SILVA, N. T. As chuvas no município de João Pessoa: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2018.

SILVA, W. J. E. Distribuição espaço-temporal dos desastres hidroclimáticos no estado da Paraíba, 2003 a 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

SOUZA, L. S.; MEDEIROS, E. S.; GALBETTI, M. V.; BICALHO, C. C.; SANTOS, C. A. C.; SHINMA, T. A.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, L. A. Modelagem espacial de chuva intensas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 3, p.373-383, 2022.

SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P.; SILVEIRA, R. Non-stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in São Paulo, Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 1339-1349, 2009.

TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, p. 752-783, 2020.

TEIXEIRA, M. S.; PRIETO, R. B. Eventos extremos de chuva no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre 2004 e 2013. Parte 1: Definição dos eventos e estatísticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 45-52, 2020.

UNISDR – International Strategy for Disaster Reduction. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/gmD3D7>>. Acesso em: 02 jul. 2025.

UNITED NATIONS. **A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/s3RAhp>>. Acesso em: 02 jul. 2025.

UVO, C. R. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 99p., 1989.

VAN CAUWENBERGH, N.; DOUROJEANNI, P. A.; VAN DER ZAAG, P; BRUGNACH, M.; DARTEE, K.; GIORDANO, R.; LOPEZ-GUNN, E. Beyond TRL – Understandings institutional readiness for implementation of nature-based solutions. **Environmental Science and Policy**, v. 12, p. 293-302, 2022.

VELLOZO, L. D.; SANTOS, L. C. O.; WEINS, N. W. Disseminação de ideias de Soluções baseadas na Natureza: uma análise da implementação do Parque orla de Piratininga, Niterói (RJ). **Revista LABVERDE**, v. 12, n. 01, e189324, p.100-128, 2022.

VICARELLI, M.; SUDMEIER-RIEUS, K.; ALSADADI, A.; SHRESTHA, A.; SCHÜTZE, S.; KANG, M. M.; LEUE, M.; WASIELEWSKI, D.; MYSIK, J. On the cost-effectiveness of Nature-based Solutions for reducing disaster risk. **Science of The Total Environment**, v. 947, 174524.

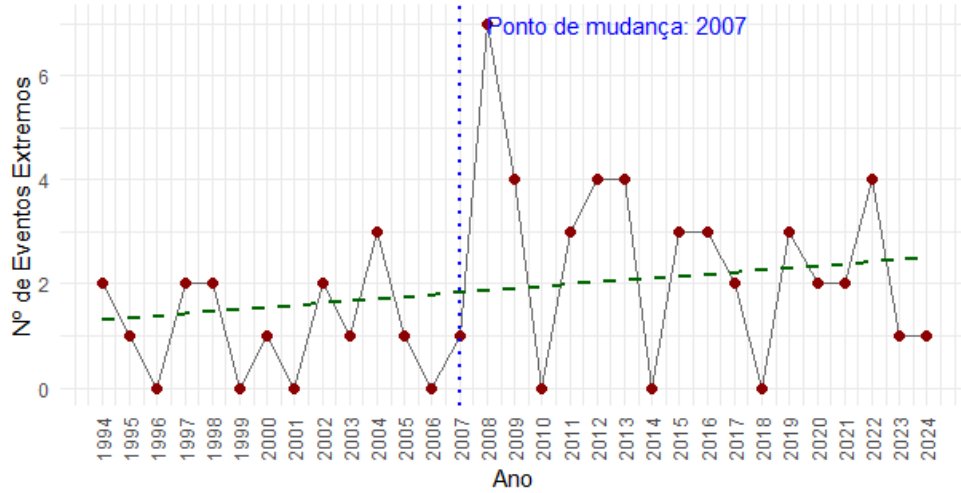
VITÓRIO, E. L.; SILVA, T.; VILELA, I.; SANTOS, E.; VELEDA, D. Interannual rainfall variability in Northeast Brazil influenced by Pacific and Atlantic climate modes. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**, v. 112, e. 101596, p. 1-18, 2025.

WALSH, J. E.; BALLINGER, T. J.; EUSKIRCHEN, E. S.; HANNA, E.; MÅRD, J.; OVERLAND, J. E.; TANGEN, H.; VIHMA, T. Extreme weather and climate events in northern areas: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 209, p. 1-19, 2020.

XIMENES, D. S. S.; MAGLIO, I. C. Soluções baseadas na Natureza e adaptação climática no Brasil: estudo de cidades costeiras vulneráveis. **Revista LABVERDE**, v. 12, n. 01, e188817, p. 183-206, 2022.

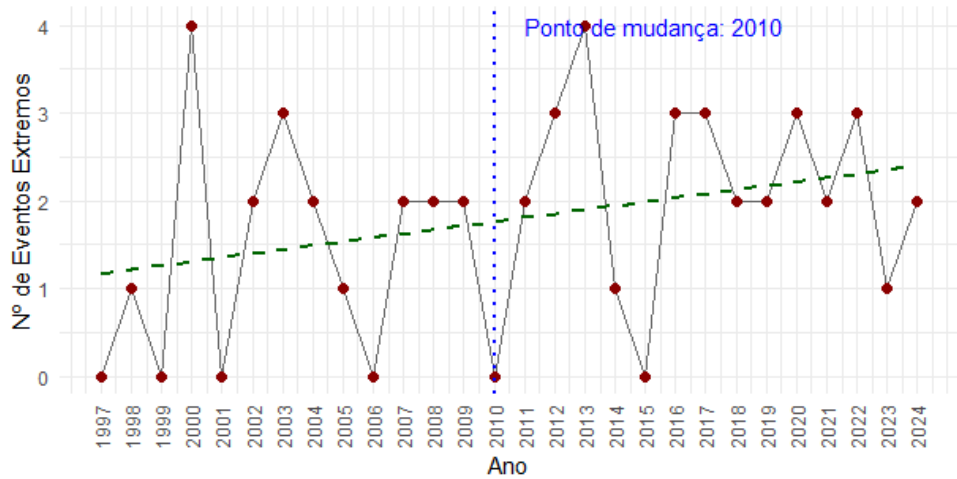
APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS TENDÊNCIAS ANUAIS DE EEC NOS POSTOS (A) DFAARA, (B) MANGABEIRA E (C) MARÉS

Tendência Anual de EEC (1994–2024) - Posto DFAARA (> 80,38 mm)
 Sen's Slope: 0.00 eventos/ano | p (Mann-Kendall) = 0.273 | Pettitt: p = 0.158



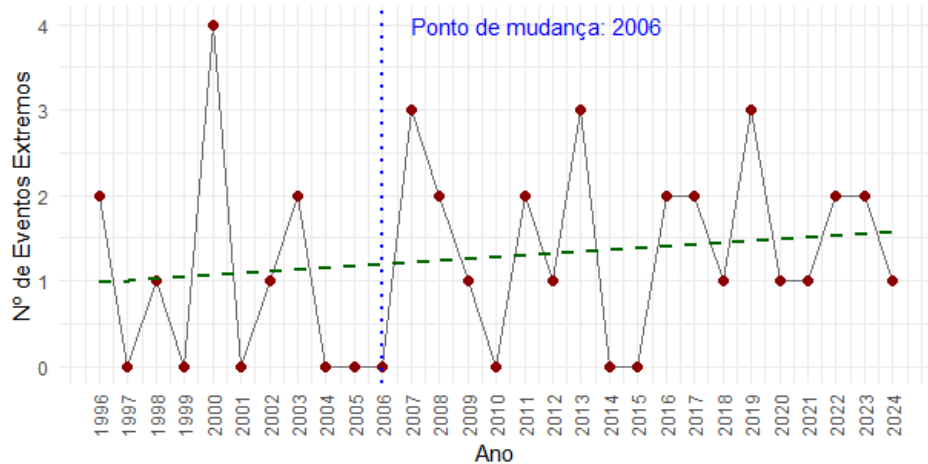
(A)

Tendência Anual de EEC (1997–2024) - Posto Mangabeira (> 80,38 mm)
 Sen's Slope: 0.00 eventos/ano | p (Mann-Kendall) = 0.123 | Pettitt: p = 0.369



(B)

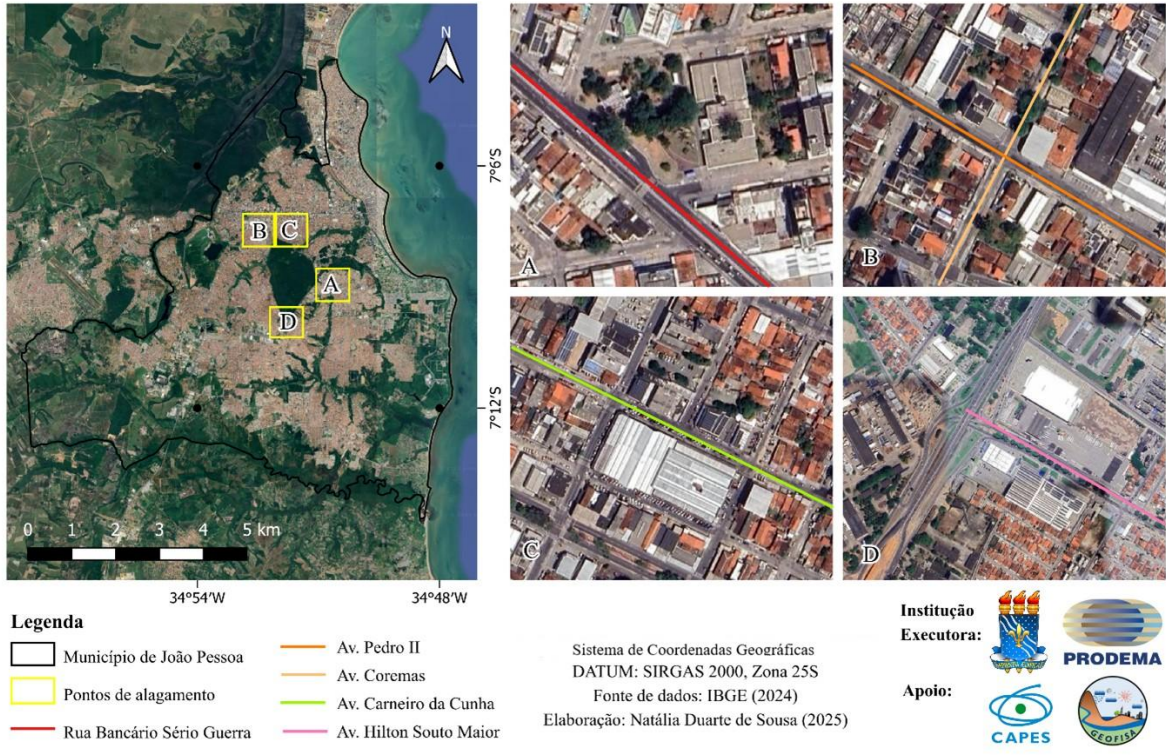
Tendência Anual de EEC (1996–2024) - Posto Marés (> 80,38 mm)
 Sen's Slope: 0.00 eventos/ano | p (Mann-Kendall) = 0.291 | Pettitt: p = 0.583



(C)

APÊNDICE B – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE ALAGAMENTO PERSISTENTES NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRASIL

Localização dos pontos de alagamento persistentes no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil



ANEXO A – NORMAS DA REVISTA ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Preparação de manuscritos

Todas as seções do manuscrito devem possuir espaçamento duplo. Após o aceite, nenhuma mudança será feita no artigo, de modo que as provas de prelo precisem apenas de correções em erros tipográficos. Lembramos que o envio de artigos é feito exclusivamente pelos autores através do nosso sistema de gerenciamento de artigos.

Tamanho do artigo

Os artigos podem ser de qualquer tamanho necessário para a apresentação e discussão concisa dos dados, mas mantendo-se conciso e cuidadosamente preparado tanto em termos de impacto quanto de legibilidade. No entanto, artigos não devem exceder 50 páginas, incluindo todos os itens (figuras, tabelas, referências, etc.), a menos que possua autorização prévia do Editor-Chefe.

Página de rosto

A página de rosto do artigo deve apresentar os seguintes itens: 1. Título do artigo com até 150 caracteres, sem abreviações e com a tentativa de manter o interesse amplo da comunidade científica; 2. Nomes completos de todos os autores. Utilize números sobrescritos para indicar a filiação de cada autor. 3. Endereços profissionais e ORCID de todos os autores, incluindo instituição, departamento, rua, número, CEP, cidade, estado e país; 4. Key words (de 4 a 6 em ordem alfabética e separadas por vírgulas); 5. Running title (versão resumida – e não abreviada - do título com até 50 caracteres, incluindo espaços); 6. Seção dos AABC à qual o artigo pertence; 7. Nome, endereço, telefone e e-mail do autor para correspondência, a quem serão enviadas as mensagens mais relevantes do processo de avaliação. Este autor ou autora deve ser indicado com um asterisco após seu nome.

Não cumprir com qualquer dos requisitos acima fará com que o artigo seja devolvido (unsubmitted) para correções.

Abstract

O abstract deve conter até 200 palavras e apresentar as principais descobertas do artigo, incluindo uma breve introdução, os objetivos do trabalho e uma conclusão baseada nas presentes descobertas. Caso os autores estejam submetendo uma revisão convidada/autorizada, o abstract deve abordar o principal tema da revisão e explicitar a contribuição de tal revisão à área. O abstract não deve possuir títulos nem citações/referências.

Texto do manuscrito

Todo o texto deve ser escrito com espaçamento duplo utilizando a fonte Times New Roman tamanho 12 ou equivalente, desde que mantida a legibilidade. Por favor, organize seu texto nas seguintes partes sempre que possível: 1. Página de rosto; 2. Abstract (em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introduction; 4. Materials and Methods; 5. Results; 6. Discussion; 7. Acknowledgments, se aplicável; 8. Author contributions (se o artigo tiver mais de um autor); 9. References; 10. Legendas de figuras e tabelas, se aplicável.

Artigos de algumas áreas, como por exemplo Ciências Matemáticas, devem seguir seu formato padrão. Em alguns casos, pode ser aconselhável omitir a seção (4) e juntar as partes (5) e (6). Quando aplicável, a seção Materials and Methods deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em seres humanos ou as normas seguidas para tratamentos experimentais em animais.

Todos os procedimentos devem ser detalhadamente descritos. Utilize inglês norte-americano para escrever o texto. Nomenclaturas da área de Química devem ser fornecidos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Cepas de organismos também devem estar identificadas. Informe nomes de fornecedores de reagentes e/ou equipamentos. Utilize unidades e símbolos de acordo com o *Bureau International des Poids et Mesures* (SI) sempre que possível.

Acknowledgments

Devem ser incluídos ao fim do texto, antes das referências. Agradecimentos pessoais devem preceder nomes de instituições e agências. De forma ideal, notas de rodapé devem ser evitadas, mas, quando necessário, devem estar numeradas. Agradecimentos a financiamentos, subsídios, bolsas de estudo e dívidas com outros colegas, bem como menções à origem do artigo (como uma tese, por exemplo), devem estar nesta seção. Favor incluir o nome completo da agência de fomento, país e número do projeto (se aplicável).

Abreviações

Devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto por abreviações padrão e oficiais. Unidades e seus símbolos devem estar em conformidade com as aprovadas pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Legendas de figuras

Esta informação deve ser fornecida ao fim do manuscrito, após as referências. Todas as figuras devem conter legenda. A legenda deve possuir uma sentença introdutória que descreve as principais descobertas. Todas as divisões na figura devem ser identificadas com letras minúsculas, quando aplicável (1a, 2a, 2b, 3c, 3d, etc.). Quando for o caso da utilização de barras de erro, favor informar se um número que vem após o símbolo \pm é um *Standard Error Of Mean* (SEM) ou *standard deviation of mean* (SD). Deve ser informado na legenda se o resultado apresentado representa N experimentos individuais.

Tabelas

Cada tabela deve possuir um pequeno título acima da mesma. Notas abaixo da tabelas também pode ser utilizadas. Tabelas devem ser citadas no artigo em algarismos romanos (Table I, Table II, Tables IV and V, etc.). Tabelas devem ser submetidas separadamente em arquivos editáveis, preferencialmente .doc ou .docx.

Figuras

Só serão aceitas figuras de alta qualidade (mínimo de 300 dpi). Todas as ilustrações serão consideradas figuras, incluindo desenhos, gráficos, mapas, fotografias, esquemas, etc. Seu posicionamento tentativo deve ser indicado, assim como todas as figuras devem ser citadas com seu respectivo número ao longo do texto. Figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem estar em formato .PS/.EPS ou .CDR (PostScript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em escala de cinza devem estar em formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Figuras devem, a princípio, ser submetidas no tamanho em que espera-se que estejam publicadas no periódico, ou seja, largura de 8cm (uma coluna) ou 16,2cm (duas colunas), com a altura máxima de cada figura e respectiva legenda sendo menor ou igual a 22cm.

As legendas das figuras devem ser enviadas com espaçamento duplo em página separada. Cada dimensão linear dos menores caracteres e símbolos não pode ser menor que 2mm após redução. Figuras coloridas são aceitas tanto como figuras em preto e branco. No entanto, 5 figuras em p/b são sem custo aos autores, enquanto cada figura colorida na versão impressa será cobrada dos autores, com a comunicação sendo feita durante a fase de produção (após o processo de avaliação). De modo a padronizar a contagem e cobrança de figuras preto e branco, tabelas que ocupem dois terços da página ou que tenham mais que 12 colunas ou 24 colunas serão consideradas figuras p/b. Manuscritos de Matemática, Física ou Química podem ser redigidos em TEX, AMS-TEX ou LaTeX, desde que o arquivo .BIB seja enviado junto. Manuscritos sem fórmulas podem ser enviados em .RTF ou doc/docx para Windows.

Referências

Os autores são responsáveis pela exatidão das referências, bem como suas respectivas citações. Artigos publicados ou ainda ‘In press’ podem ser incluídos. Comunicações pessoais (Smith, personal communication) devem ser autorizadas por escritos pelos envolvidos. Referências a teses, abstracts de encontros (não publicados em jornais indexados) e manuscritos em preparação ou apenas submetidos, mas não ainda aceitos, devem ser citados no texto no formato (Smith et al., unpublished data) e NÃO devem ser incluídos na lista de referências.

Referências devem ser citadas no texto no formato a seguir sem a aspa simples, ‘Smith 2004’, ‘Smith & Wesson 2005’ ou, quando há 3 ou mais autores, ‘Smith et al. 2006’. Quando houver dois ou mais artigos cujo nome do primeiro autor e ano de publicação são idênticos, as referências devem ser diferenciadas por letras minúsculas, como em ‘Smith 2004a’, ‘Smith 2004b’, etc.

As referências devem ser listadas alfabeticamente de acordo com o nome do primeiro autor, sempre na ordem SOBRENOME XY, sendo X e Y as iniciais. Se há mais de 10 autores na referência, usar SOBRENOME XY ET AL., sem listar os demais autores. Referências devem conter também o título do artigo. Os nomes dos periódicos devem estar abreviados sem itálico, pontos ou vírgulas. Para as abreviações corretas, verifique listas das maiores bases de dados nas quais o periódico está indexado, ou consulte a *World List of Scientific Periodicals*. A abreviação a ser usada em referências dos Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos devem servir de guias para sua lista de referências em nossa revista:

REFERENCES

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P & LEVANTE A. 1984a.

Tentative explanation of the special role played by the areas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELAND-SHEER E,

GIUFFRIDA R & CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG & MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID & SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum*

Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e capítulos de livros

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science. *Thinker's Library*, n. 120.

London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER

CONFERENCE, 5., Philadelphia. *Proceedings ...*, Philadelphia: J. B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W & BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of

minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of polipeptides: contributions

of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), *Peptides, polypeptides and proteins*, New York: J

Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

ANEXO B – NORMAS E TEMPLATE DA REVISTA RA’EGA – O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ANÁLISE

Diretrizes para Autores

NORMAS PARA O ENVIO DE TRABALHOS:

I -Orientação Geral:

O artigo deve ser inédito e apresentar linguagem impessoal (redigido em 3ª pessoa). Até o presente momento a RA’EGA só avalia documentos submetidos pelo sistema eletrônico de revistas (SER) na modalidade: ARTIGOS (passos 1 e 2 do processo de submissão –etapas: iniciar submissão e transferência do manuscrito).

Os artigos submetidos para avaliação devem estar no idioma português. Submissões em inglês devem conter, também, uma versão em português para acelerar o processo de avaliação, ampliando o número de avaliadores possíveis. TODOS os artigos aceitos serão publicados em português (ou espanhol) e inglês. As traduções e revisões podem ser feitas por empresas especializadas ou pessoas devidamente capacitadas (ver condição abaixo) ou, por pessoas credenciadas e indicadas pela RA’E GA (ver sugestões de nomes e regras para credenciamento no final desta secção).

Os artigos devem conter no mínimo 80% das referências bibliográficas extraídas de artigos científicos publicados em PERIÓDICOS. A versão final deve ter no máximo 20 páginas e não ultrapassar 10Mb. Casos excepcionais poderão ser justificados. O link para acesso ao modelo de diagramação pode ser encontrado no final desta secção e utilizado para fins de diagramação e/ou verificação da adequação do número de páginas.

Os artigos podem ser submetidos COM ou SEM diagramação (em formato DOC ou DOCX). Se aceitos devem ser diagramados conforme modelo da Revista. Cabe aos autores fazer ou contratar o serviço de diagramação. Só serão publicados artigos que atendam plenamente o modelo de diagramação. Link para acesso ao modelo pode ser encontrado no final desta secção.

Documentos NECESSÁRIOS (passo 4 do processo de submissão: transferência de documentos suplementares), a serem anexados no ato da submissão:

- Aprovação junto ao CEP (OBRIGATÓRIO somente para pesquisas que envolvam seres humanos, inclusive entrevistas, conforme Resolução CNS 196/96) (pdf).

- Lista de possíveis revisor(es) (pdf)- indicação de no mínimo 01 e no máximo 03 nomes de avaliadores(as)/revisores(as) para possíveis contribuições ao processo de avaliação. Não necessariamente os nomes indicados serão utilizados no processo de avaliação. Para indicação de nomes deve ser observado as seguintes características:

1. não possuir publicação em conjunto nos últimos 3 anos com quaisquer dos autores do artigo submetido;
2. possuir trabalho publicado (ou pesquisa) em área correlata à temática do artigo submetido;
3. possuir pelo menos 01 artigo publicado em periódico situado nos três extratos superiores (QUALIS CAPES) nos últimos 3 anos e,
4. estar cadastrado(a) no sistema SER (Sistema Eletrônico de Revista).

Em caso de aceite e, somente após este, os autores deverão enviar a versão diagramada em português e em inglês do artigo, bem como o termo de comprovação de capacitação para tradução (para autores que optarem por contratar a tradução em empresas especializadas ou de terceiros).

São considerados capacitados para tradução, desde que comprovados, professores universitários de idiomas Letras – Inglês que já tenham atuado na tradução de outros artigos/livros e, empresas especializadas em tradução de artigos científicos. Demais casos serão analisados pela equipe da Revista.

II - Demais informações:

Visando agilizar o processo de avaliação, a RAE'GA através dos editores de secção e membros de apoio, procede a duas análises que antecedem o envio dos artigos para avaliação por pares: análise de escopo (não gera parecer) e análise adequação às normas e plágio. Estas análises são realizadas no período máximo de 60 dias, contados a partir da submissão. Se em até 60 dias não houver comunicação por parte da Revista, significa que o artigo foi encaminhado para avaliação cega por pares.

Recomenda-se que o(s) autor(es) busque(m) assessoria linguística profissional (revisores e/ou tradutores certificados em língua portuguesa) antes de submeter(em) originais que possam conter incorreções e/ou inadequações morfológicas, sintáticas ou idiomáticas. Originais identificados com incorreções e/ou inadequações serão devolvidos na etapa da análise de escopo.

Após o aceite o artigo passa ainda pelas seguintes etapas: 1. Revisão ortográfica, 2. Leitura crítica, 3. Leitura de provas (pelos autores) e 4. Publicação. Nas etapas 1, 2 e 3 podem ser

solicitadas alterações. O artigo final só será publicado se em conformidade com as demandas indicadas. A decisão final sobre a publicação ou não do manuscrito é sempre dos editores.

No caso da identificação de conflito de interesse da parte dos revisores, o Comitê Editorial encaminhará o manuscrito a outro revisor ad hoc.

III - Formatação do texto:

O arquivo deve ser submetido em formato DOC (ou DOCX) e os autores não podem ser identificados no corpo do texto, figuras, gráficos ou mapas. Não pode existir qualquer possibilidade de identificação da autoria.

O artigo deverá conter o título (português e inglês), resumo e abstract (200 a 250 palavras sintetizando o trabalho e constando o objetivo e a conclusão), palavras-chave separadas por ponto e vírgula (3 a 5 palavras – as palavras-chave não devem estar presentes no título do artigo), introdução, materiais e métodos, resultados e discussão, conclusão e referências. TODOS estes itens são OBRIGATÓRIOS. Demais subitens são optativos.

Exemplo de formato de citação bibliográfica, formatação de quadros, figuras e tabelas e demais diagramações podem ser obtidas no modelo de diagramação cujo link encontra-se disponível no final desta secção.

O modelo utilizado que serve de referência para verificação do número de páginas, pode ser baixado em: <https://github.com/revistaraega/templates/blob/main/template.docx>

Um vídeo auxiliar, explicativo sobre a diagramação pode ser obtido em: <https://youtu.be/KPHBI3QLQF8>

Título do artigo (português) – (fonte: Calibri 22 – negrito – maiúscula/minúscula)

Título do artigo (inglês)

Primeiro autor *, segundo autor **, terceiro autor ***

* Departamento, Nome da Instituição, e-mail

** Departamento, Nome da Instituição, se diferente, e-mail

*** Departamento, Nome da Instituição, se diferente, e-mail

<http://dx.doi.org/.....XXX>

Resumo

Máximo de 250 palavras – Deve conter os seguintes assuntos (sem os itens): Introdução. Objetivo. Materiais e Métodos. Resultados e Discussões. Conclusões. Exemplo: Modelos digitais de elevação são obtidos por diferentes processos e, utilizados em diferentes tipos de análises, bem como na obtenção de parâmetros do relevo. Este trabalho avalia as diferenças resultantes do emprego de ... na obtenção dos parâmetros declividade e curvatura vertical. A pesquisa utilizou os modelos ASTER DEM, SRTM e ALOS PRISM, disponibilizados com resolução de 30m, sendo o recorte amostral o município de Piraquara, o qual compreende diferentes contextos geomorfológicos. A pesquisa identificou ... valores obtidos. Conclui-se que a escolha do modelo afeta diretamente os parâmetros derivados do modelo de elevação, sendo os modelos que apresentam menores divergências o ALOS PRISM e o SRTM. (este resumo é apenas a título de exemplo, estes dados e resultados não foram testados).

Palavras-chave:

Até cinco. Separadas por vírgulas. Não deve conter palavras que já se encontram no título

Abstract

Maximum 250 words - Must contain the following subjects (without the items): Introduction. Objective. Materials and methods. Results and discussions. Conclusions.

Keywords:

Up to five. Separated by commas. Must not contain words that are already in the title

Introdução (fonte calibri (corpo) – negrito – fonte: 14 – versalete – maiúsculo/minúsculo)

Item obrigatório. Deve usar maiúsculas e minúsculas – Item obrigatório. A introdução deve apresentar, de forma explícita, a fundamentação, justificativa e o **objetivo** do artigo. Caso a construção do artigo tenha empregado **hipótese**, esta deve ser apresentada e fundamentada, preferencialmente, antes da apresentação do objetivo.

Figuras devem ter resolução de 300dpi e tamanho máximo de 20cm (altura) x 18cm (largura). A referência à figura no texto deve ser feita na forma de hiperlink (no word: clicar na figura > menu; referências > inserir legenda). A área de estudo se localiza no sul do Município de XX, entre as coordenadas (Lat.: 25º 17' 33,3" S e Long.: 54º 22' 33,66" W.Gr.) Conforme Figura 1 (no word: menu: referências > legendas > inserir referência cruzada).

Atenção para apresentação de coordenadas geográficas e números: (ERRADO > Lat.: 25º 17' 33,3" S -- CORRETO > Lat.: 25º 17' 33,3" S) – (ERRADO: 25.000 -- CORRETO > 25000 ou 25 000 -- 12325000 ou 12 325 000). Sugere-se observar o Sistema Internacional – SI (**SAMPAIO, 2019: p.16**).

Observar o tamanho do papel e margens (Carta 8,5 x 11pol –216 x 279mm), margens personalizadas (superior/inferior 1,78 – direita/esquerda – 1,27), cabeçalho/rodapé (acima/abaixo 0,79).

Caso a figura apresente texto (como por exemplo mapas e fluxogramas) estes **não** podem utilizar fonte inferior a 8 (Calibri) ou ter tamanho igual ou inferior (equivalente), ou seja, todos textos devem serem legíveis.



Figura 1 – (a figura não pode ser flutuante – deve ser alinhada com o texto - Área de estudo. (fonte/autoria)

Materiais e Métodos

Item obrigatório. Apresenta todos materiais e métodos empregados na pesquisa. Atentar para o fato de que metodologia possui fundamentação científica, não correspondendo, apenas, a um conjunto de procedimentos adotados pelo autor.

Quadros e tabelas, como a exemplo da

Tabela 1 - Peso e idade: homens e mulheres

Tabela 1, seguem as normas estabelecidas pela ABNT e IBGE ABNT (2005 e IBGE (1993). Sugere-se observar as considerações e exemplos disponíveis em IBGE (1993) e **Sampaio (2019)**, sobre diferenças entre os termos quadros e tabelas e sobre a forma de disposição dos dados em tabelas (p. 171 e p. 174).

Tabela 1 - Peso e idade: homens e mulheres

	Mulheres	Homens
Peso	78	86
Idade	26	22

Notas, fonte e autoria de dados, quadros e tabelas

Quadros e tabelas devem ser comentados e discutidos ao longo do texto. Observar se no quadro ou tabela todos os textos estão em tamanho legível.

Quadro 2 – (dados qualitativos- homens e mulheres)

	Mulheres	Homens
Município A	Médio	Pequeno
Município B	Grande	Moderado

Notas, fonte e autoria de dados, quadros e tabelas

Resultados e discussão

Item obrigatório. Apresenta e discute os resultados **específicos** e **exclusivamente obtidos** a partir da pesquisa desenvolvida. **É pertinente que os resultados apresentados sejam discutidos à luz de outros trabalhos** que versam sobre o assunto ou similares. **Não** é possível apresentar como resultado, dados que não resultam diretamente da pesquisa.

Citações devem ser feitas em conformidade com a ABNT. Sugere-se o uso de programas específicos para esta finalidade, como a exemplo o Mendeley (gratuito e pode ser usado na versão desktop ou online). Estes programas apresentam plugins que se instalam em editores de texto pagos, como o WORD e gratuitos, como LIBREOFFICE. No caso específico do Mendeley, é possível optar pelo modelo disponibilizado pela UFPR (no programa desktop > menu: view > citation style > Universidade Federal do Paraná – ABNT).

Conclusões

Item **não** obrigatório. Conclusões só podem ser feitas sobre os resultados **específicos** e **exclusivamente obtidos** a partir da pesquisa desenvolvida. Pode apresentar procedimentos pendentes e sugerir novos trabalhos e recomendações.

Outras dúvidas podem ser sanadas observando outros artigos já publicados e presentes em volumes anteriores da Revista.

Agradecimentos

Item **não** obrigatório. Fontes de financiamento, empresas e outros que contribuíram diretamente para a viabilização da pesquisa.

Referências

ABNT. NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

IBGE. Normas de apresentação Tabular. 3º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

SAMPAIO, T. V. M. Cartografia Temática. 1º ed. Curitiba - PR: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR, 2019.

ANEXO C – Recorte do Jornal A União do dia 04 de maio de 2011, pág. 9

EM JOÃO PESSOA

FOTO: Fernando Pereira



Com a continuidade das chuvas, os prédios podem desmoronar

Defesa Civil alerta donos de imóveis sobre desabamento

> **Marcos Lima**
marcos06@brasil.com

A Defesa Civil de João Pessoa alertou ontem os proprietários de imóveis, cujas marquises correm riscos de desabamento devido as constantes chuvas que caem na Capital, para que os mesmos não deixem de tomar as providências somente em momento de desespero.

ep, em estado de abandono, colocam em risco a vida da população. Na Avenida Vasco da Gama, também no mesmo bairro, algumas marquises são escoradas com pedregulhos de madeira, trazendo perigo a quem ficar embaixo. Ninguém quis falar sobre o problema.

No Centro Histórico e na Avenida Maciel Pinheiro, o problema não é diferente. Casas antigas e abandonadas também merecem atenção.

ANEXO D – Recorte do Jornal A União do dia 05 de maio de 2011, pág. 1



R\$ 1,00
Assinatura anual
R\$ 160,00

www.paraiba.pb.gov.br

A UNIÃO

118 ANOS - TERCEIRO JORNAL MAIS ANTIGO EM CIRCULAÇÃO NO BRASIL



Twitter > @uniaogovpb

João Pessoa, Paraíba | QUINTA-FEIRA, 5 de maio de 2011 | ANO CXVIII - Número 081



PROVIDÊNCIAS
Governo lança Comitê de Prevenção

24 HORAS
Estado de Atenção é mantido e Aesa prevê mais chuva

CALAMIDADE
40 famílias ficam desabrigadas em Campina Grande




ALERTA Chuvas provocam inundações, causam desmoronamentos e deixam famílias desabrigadas em municípios paraibanos PÁGINA 11

ANEXO E – Recortes do Jornal A União do dia 05 de maio de 2011, pág. 9

VOOS ATRASADOS

FOTO: Secom/PB



Em abril, segundo o diretor da Infraero Sérgio Baltoré, cinco pilotos tiveram que arremeter a aeronave

Chuva está impedindo pousos no Aeroporto Castro Pinto, em JP

> Carlos Cavalcanti

cavcavalcante@gmail.com

As chuvas que castigam João Pessoa têm provocado atrasos em voos de empresas aéreas com destino ao Aeroporto Internacional Castro

os pilotos tenham mil metros de visibilidade, então, eles não pousam a aeronave. Ou faz voos extras, dependendo do combustível do avião, ou então retornar à Natal ou Guararapes”, explicou Sérgio Baltoré.

O diretor de Operações da Infraero disse que em abril pasado, segundo esclareceu Sérgio

normalmente do Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, em João Pessoa, na manhã desta quarta-feira. “Esse avião decolou normal. Ele deixou a pista às 5h25 da manhã”, reforçou ele.

Fernandes Baltoré afirmou que não teve nenhum conhecimento de que o avião da



[FOTO&LEGENDA]

Trânsito lento por causa das chuvas até mesmo nas rodovias da Grande João Pessoa. Pior, porém, são as marcas deixadas pelas águas que prejudicam ainda mais o tráfego, como o buraco que surge na beira da estrada, na BR-230, na Capital.

ANEXO F – Recorte do Jornal A União do dia 05 de maio de 2011, pág. 11

João Pessoa > Paraíba > QUINTA-FEIRA, 5 de maio de 2011

Geral

A UNIÃO 11
Cotidiano

| >>> CLIMA > Municípios como Campina e Natuba ficaram inundados e Governo cria Comitê de Prevenção

Estado de Atenção mantido em parte da PB e a previsão é de mais chuvas

> Marcos Lima
marcos885@hotmail.com

A Agência Executiva de Gestão das Águas (Aesa) manteve ontem Estado de Atenção para o Litoral, Brejo, Agreste, Sertão e Alto Sertão paraibano. O órgão prevê chuvas para essas regiões nas próximas 24 horas, não descartando assim aparição rápida do sol.

Na área litorânea, por exemplo, já choveu 86,7 mm do total mensal de 280 mm, o que corresponde a 30,96% para o mês de maio. "Ainda existem muita umidade do ar no oceano, bem como muitas nuvens

Um levantamento total dos estragos feitos pelas chuvas no município de Natuba foi realizado na manhã de ontem por uma equipe da Defesa Civil Estadual, sob o comando do gerente executivo do órgão, tene-

Megaoperação para evitar estragos em JP

Uma "megaoperação" formada por funcionários da Emlur, Secretaria de Desenvolvimento Social, Secretaria de Saúde, Infraestrutura, Desenvolvimento Urbano, Meio Ambiente e outros órgãos municipais, está visitando as 31 áreas de riscos monitoradas pela Defesa Civil, tomando medidas preventivas contra as fortes chuvas que caem nos últimos dias em João Pessoa.

As comunidades do São



citado entrou no apoio as ações de assistência e já garantiu o fornecimento de 20 barracas para alojar, provisoriamente, as famílias que ficaram desabrigadas. A situação mais crítica foi registrada no bairro da Conceição, onde seis famílias ficaram desabrigadas com a cheia do canal que corta o bairro. Os moradores que tiveram de deixar as casas estão alojados na Escola Frei Dagoberto, também na Conceição, e estão recebendo auxí-

ANEXO G – Recorte do Jornal A União do dia 03 de setembro de 2013, pág. 10

Diversidade

Saúde

10 ANUNÃO João Pessoa, Paraíba - TERÇA-FEIRA, 3 de setembro de 2013

RISCO DE CONTÁGIO

Chuva aumenta número de caracóis

Animal transmite doenças, entre elas a meningite, e chega a colocar 600 ovos de uma vez

Rafaela Gambarra
rafaelagambarra@gmail.com

Extremamente adaptável ao ambiente, o caracol gigante africano pode ser encontrado, com frequência – e em grandes quantidades – em bairros como o José Américo, Mangabeira e também na orla do Cabo Branco. Em períodos chuvosos, ele costuma se reproduzir alcançando até 600 ovos por postura. Introduzido no Brasil na década de 1980, hoje é considerado um problema de saúde pública – o animal pode transmitir doenças como a meningite. O indicado pelos órgãos responsáveis é que a própria população

infectadas. Mesmo assim, é uma situação que merece nossa atenção”, indica o biólogo. Ele chamou a atenção, ainda, para as cascas dos animais que já estão mortos, que podem servir para armazenar água e colaborar com a proliferação do mosquito transmissor da dengue.

Desde 2006, o Ihama vem realizando uma força-tarefa com vários órgãos como a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (Sudema), as Secretarias de Meio Ambiente dos municípios e o Centro de Vigilância Ambiental e Zoonoses – a intenção é diminuir a infestação causada por esses animais. “Nós sabemos que não é algo que vamos acabar do dia para a noite, mas, de pouquinho em pouquinho, nós estamos diminuindo a quantidade deles”, diz o biólogo.

A recomendação dada à população



FOTO: Evandro Pereira

Espep divulga calendário de cursos

A Escola do Servidor Público do Estado da Paraíba (Espep), ligada à Secretaria de Administração do Estado (Sead) divulgou ontem o calendário de cursos para setembro. Podem participar dos cursos de formação todos os servidores estaduais da administração direta ou indireta, efetivos, comissionados, prestadores de serviço e estagiários. As aulas são ministradas na sede da Espep, na Rua Neusa de Souza Sales, s/n, no bairro Mangabeira IV, próximo ao Detran, em João Pessoa.

Serão oferecidos quatro cur-

ANEXO H – Recorte do Jornal A União do dia 05 de setembro de 2013, pág. 1

Paraíba

13 A UNIÃO João Pessoa, Paraíba - 2013-09-06, 6 de setembro de 2013

Abertura do comércio no feriado de 7 de Setembro será opcional
página 14

PRÉDIOS ANTIGOS EM JP

Marquises levam riscos à população

Um orgão de força tarefa para avaliar casarões e evitar desmoronamentos

esfêzela também inapropriadamente

Diariamente, centenas de pessoas passam, acuradas, em frente das marquises de prédios antigos no centro da capital paraibana. São prédios que alguns dizem serem legados herança do século XVIII e que, hoje, estão abandonados e em péssimas condições que se agravam com as chuvas, ocasionando em mais infortúnios, a vida de quem é obrigada a passar diariamente, e mesmo quando não há chuva, a situação é crítica. Atualmente, a Prefeitura Municipal está organizando uma força tarefa para avaliar os prédios antigos em João Pessoa e a Defesa Civil para realizar uma vistoria nas áreas e avaliar o estado de conservação e, assim, impedir que ocorram desmoronamentos.

No Centro Histórico, na quadra 10, parte do terreno da Moura, há um prédio antigo que sempre foi utilizado para a venda de produtos. Já não há mais ninguém lá e o prédio está abandonado há anos. Já no bairro de São José, há um prédio antigo que sempre foi utilizado para a venda de produtos. Já não há mais ninguém lá e o prédio está abandonado há anos.

Prédios antigos que foram em ruas movimentadas como a Rua da Moura, porém, estão em péssimas condições. De acordo com o arquiteto João Carlos de Almeida, o prédio da Moura está em péssimas condições e há risco de desmoronamento. Ele também mencionou o prédio da Moura, que está em péssimas condições e há risco de desmoronamento.

Já para a avaliação de prédios antigos, a Prefeitura Municipal está organizando uma força tarefa para avaliar os prédios antigos em João Pessoa e a Defesa Civil para realizar uma vistoria nas áreas e avaliar o estado de conservação e, assim, impedir que ocorram desmoronamentos.

que estão ameaçando a vida. O Instituto Histórico e Geográfico de João Pessoa (IHGJP) realizou em 2012, inspeções que identificaram vários problemas em várias marquises em João Pessoa e Capim, Região Metropolitana da capital, inclusive a presença de ramos e árvores. Há uma situação crítica em algumas ruas do centro, principalmente na Rua da Moura, onde há um prédio antigo que está em péssimas condições e há risco de desmoronamento.

Não somente as chuvas já há algum tempo, e há sem- pre chuvas, tendo os mesmos problemas em várias partes da cidade, principalmente na Rua da Moura, onde há um prédio antigo que está em péssimas condições e há risco de desmoronamento.

Hotel Glória

No bairro de Santa Rita, há um prédio antigo que está em péssimas condições e há risco de desmoronamento. De acordo com o arquiteto João Carlos de Almeida, o prédio da Moura está em péssimas condições e há risco de desmoronamento.

Uma força tarefa para avaliar os prédios antigos em João Pessoa e a Defesa Civil para realizar uma vistoria nas áreas e avaliar o estado de conservação e, assim, impedir que ocorram desmoronamentos.



Marquises em péssimas condições oferecem riscos e causam medo à população da capital



Trabalhos de manutenção em um prédio antigo em João Pessoa

Chuva danifica equipamentos e abastecimento de água é prejudicado

Equipes da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (Cagepa) estiveram realizando manutenção nos sistemas de abastecimento de água em Santa Rita. O fornecimento de água foi interrompido em virtude das fortes chuvas registradas nos últimos dias na Região Metropolitana de João Pessoa. Segundo informou a gerência regional da Cagepa, no bairro, a ausência de água ocasionou a interrupção no sistema de abastecimento de água. Isso ocasionou a interrupção dos equipamentos utilizados no abastecimento. É preciso que o sistema seja reparado e que seja feita a manutenção dos equipamentos utilizados no abastecimento.

Em Santa Rita, de acordo com o Centro de Controle Operacional da Cagepa, após a interrupção do sistema de abastecimento de água, a situação é crítica e é necessário que seja feita a manutenção dos equipamentos utilizados no abastecimento.

Informações sobre os serviços realizados pela Cagepa podem ser obtidas pelo telefone 3333-1111.

Sigla Emergencial

No bairro paraibano, a Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP) por meio da Secretaria de Desenvolvimento Social (Sedes), está realizando manutenção de emergência nos sistemas de abastecimento de água. Isso ocasionou a interrupção dos equipamentos utilizados no abastecimento. É preciso que o sistema seja reparado e que seja feita a manutenção dos equipamentos utilizados no abastecimento.

ANEXO L – NORMAS DA REVISTA INTERESPAÇO: REVISTA DE GEOGRAFIA E INTERDISCIPLINARIDADE

TÍTULO DO MANUSCRITO: subtítulo

TÍTULO TRADUZIDO PARA O INGLÊS

TÍTULO TRADUZIDO PARA O ESPANHOL

RESUMO

O resumo deve conter, de forma concisa, a explicação da proposta do manuscrito, destacando-se claramente o(s) objetivo(s), a metodologia, os principais resultados e/ou as conclusões. Incluir três ou quatro palavras-chave que expressem o conteúdo do texto. Recomenda-se evitar utilizar as mesmas palavras-chave do título do trabalho. A formatação do texto do resumo é a fonte Garamond, tamanho 10 pontos, espaço entrelinhas simples e alinhamento do texto justificado. Não deve exceder o limite de 170 palavras.

Palavras-chave: Palavras-chave 01; Palavras-chave 02; Palavras-chave 03.

ABSTRACT

Realizar a tradução do resumo para o inglês, caso este não seja o idioma original do texto. Não utilizar tradutores automáticos. Recomendamos que a tradução seja feita por um nativo no idioma, profissional e/ou empresa especializada em serviços de revisão e tradução. Caso algum dos autores seja fluente no idioma, o mesmo também poderá preencher a declaração, atestando a tradução dos títulos e resumos.

Keywords: Keyword 01; Keyword 02; Keyword 03.

RESUMEN

Realizar a tradução do resumo para o Espanhol, caso este não seja o idioma original do texto. Não utilizar tradutores automáticos. Recomendamos que a tradução seja feita por um nativo no idioma, profissional e/ou empresa especializada em serviços de revisão e tradução. Caso algum dos autores seja fluente no idioma, o mesmo também poderá preencher a declaração, atestando a tradução dos títulos e resumos.

Palabras clave: Palabra clave 01; Palabra clave 02; Palabra clave 03.

INTRODUÇÃO

A introdução é a parte do trabalho em que o autor mostra uma visão geral da sua pesquisa, apresentando: a escolha do problema e as hipóteses; o objetivo, o período e a delimitação do campo da pesquisa; as justificativas e argumentações para a elaboração do trabalho; a problematização do tema; a metodologia utilizada e a relevância da pesquisa elaborada. Ou seja, é a apresentação do tema a ser estudado, situando o leitor no contexto da obra. A introdução deve ser concisa, clara e coerente com o desenvolvimento do trabalho, apresentando apenas indicações gerais, sem antecipação de resultados. A proposta metodológica pode ser explorada aqui ou em tópico separado.

Recomendamos que o desenvolvimento teórico ocorra em seção (ou seções) separada da introdução.

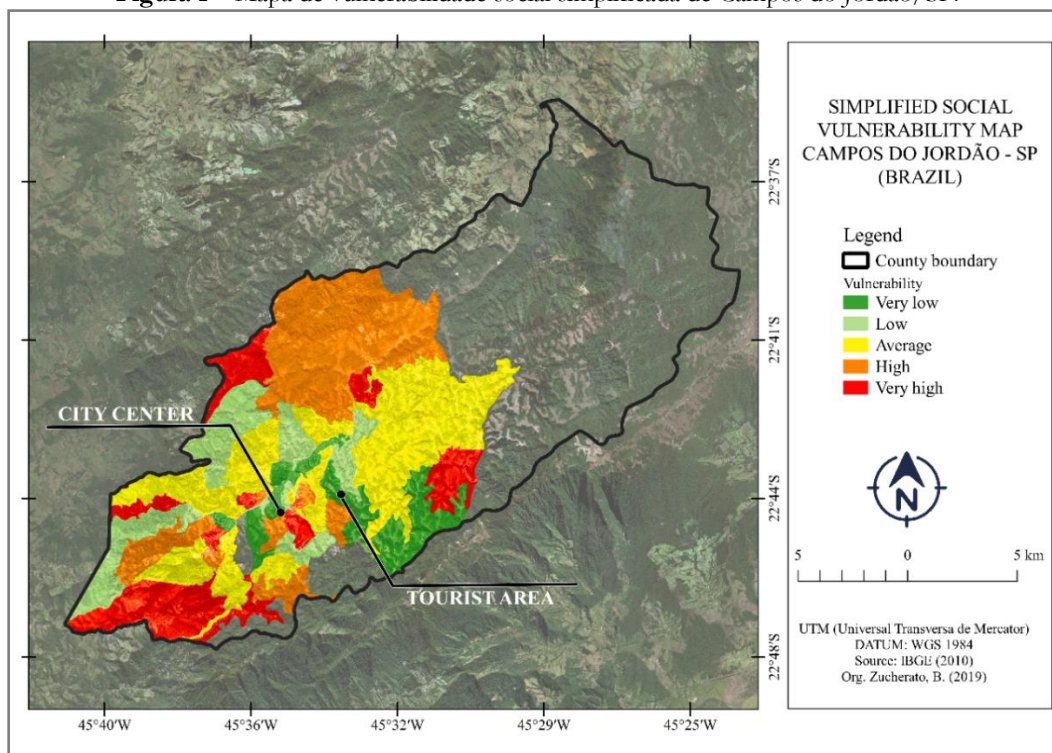
O texto deve seguir o padrão de formatação indicado nas diretrizes para autores (Fonte Garamond 12, espaço entrelinhas 1,5, alinhamento justificado e recuo para parágrafo de 1,25 cm).

DESENVOLVIMENTO (em tópicos, com título baseado no conteúdo do trabalho)

O desenvolvimento do manuscrito deverá ser feito em pelo menos uma seção. Nas seções, os autores devem discorrer sobre o referencial teórico e analítico que embasa o trabalho, bem como os resultados e discussões da pesquisa.

Poderão ser inseridas ilustrações (mapas, figuras, fotos, gráficos, quadros e tabelas). A largura máxima das ilustrações deve ser de até 15 cm (medida da margem esquerda à direita). Excepcionalmente, os autores poderão utilizar ilustrações com dimensões maiores, em página com orientação horizontal. Os autores poderão ainda elaborar mosaico de imagens, no entanto, deverão enumerar cada figura do mosaico com uma letra.

Figura 1 – Mapa de vulnerabilidade social simplificada de Campos do Jordão/SP.



Fonte: Não mencionar nomes dos autores.

A citações com mais de 3 linhas deverão ser recuadas 4 cm da margem esquerda. Inserir um espaço entre linhas 1,5 (fonte 12 pontos) antes e depois da citação longa.

As culturas perenes arbóreas são geralmente consideradas como as mais indicadas para as regiões tropicais úmidas, como a Amazônia, devido às árvores possuírem alguns atributos que as tornam apropriadas para as condições de alta precipitação pluviométrica e solos relativamente pobres (MÜLLER; ALVES, 1997, p. 37).

A chamada dos autores pode ser inserida antes ou no final da citação.

CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

AGRADECIMENTOS

Este espaço pode ser utilizado para agradecimentos a agências de fomento, IES, grupos de pesquisas ou profissionais que contribuíram com financiamento, apoio técnico-científico ou leitura crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS

Listar apenas os autores citados no manuscrito, em ordem alfabética e conforme os modelos disponíveis nas diretrizes para autores e normas da ABNT.