



Método híbrido MPSI-CoCoSo aplicado na ordenação de zonas prioritárias para implementação de políticas públicas no município de Camaragibe – Pernambuco

Rosângela Monteiro Gomes¹, Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel², Josicléda Domiciano Galvêncio³, Marcos dos Santos⁴, Carlos Francisco Simões Gomes⁵

¹ Doutoranda do Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Avenida Doutor Belmino Correia, n. 4115, BL-5, Apto-206, Alberto Maia, Camaragibe, Pernambuco, Brasil. 54771-000. E-mail: raganga@yahoo.com.br (autor para correspondência).

² Professora Titular, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Manoel de Medeiros, SN, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900. E-mail: rejane.pimentel@ufrpe.br.

³ Professora Titular, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, n. 1235, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil. 50670-901. E-mail: josicleda.galvencio@ufpe.br.

⁴ Professor Titular, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Fluminense, Rua Passo da Pátria, n. 156, Campus Praia Vermelha Bloco D - sala 309 São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 24.210-240. E-mail: marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br.

⁵ Professor Titular, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Fluminense, Rua Passo da Pátria, n. 156, Campus Praia Vermelha Bloco D - sala 309 São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 24.210-240. E-mail: cfsg1@bol.com.br.

Artigo recebido em 16/10/2024 e aceito em 12/03/2026

RESUMO

O crescimento populacional acelerado tem provocado diversas consequências socioambientais, entre elas a redução das áreas verdes e o aumento das áreas expostas ao risco de eventos hidrológicos extremos, o que impõe desafios significativos à administração pública. Diante desse contexto, o estudo objetivou estabelecer uma hierarquia de zonas prioritárias para a implementação de políticas públicas de adaptação e mitigação de riscos hidrológicos no município de Camaragibe, em Pernambuco, por meio da aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo, integrando critérios territoriais e de exposição ao risco. O estudo foi desenvolvido com base no mapa de zoneamento do município, analisado no QGIS 3.38. Para a definição das zonas prioritárias, foram utilizadas duas ferramentas de Apoio Multicritério à Decisão (AMD): o método MPSI e o método CoCoSo. O método MPSI foi utilizado para atribuir pesos aos critérios: 1- Área de cada zona (km²), 2- Área exposta ao risco – BATER (km²) e 3- Quantidade de eventos hidrológicos extremos no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2025. Em seguida, aplicou-se o método CoCoSo foi implementado utilizando a ferramenta computacional *online*. Entre as dez zonas que compõem o município estudado, a Zona de Urbanização Consolidada (ZUC) apresentou a maior prioridade para a implementação de políticas públicas, seguida pela Zona Especial de Conservação de Recursos Hídricos (ZECRH) e, em terceiro lugar, pela Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR).

Palavras-chave: inundação, ocupação irregular, zoneamento urbano.

Método híbrido MPSI-CoCoSo aplicado na ordenação de zonas prioritárias para implementação de políticas públicas no município de Camaragibe – Pernambuco

ABSTRACT

Rapid population growth has generated several socio-environmental impacts, including the reduction of green areas and the expansion into areas exposed to the risk of extreme hydrological events, imposing challenges on public administration. In this context, the present study aimed to establish a hierarchy of priority zones for the implementation of public policies focused on the adaptation and mitigation of hydrological risks in the municipality of Camaragibe, in Pernambuco, using the hybrid MPSI-CoCoSo method, integrating territorial and risk-exposure criteria. The research was conducted based on the municipality's zoning map, analyzed using QGIS 3.38 software. Two Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods were used to define the priority zones: MPSI and CoCoSo. The MPSI method was used to assign weights to the

critérios: 1-Área de cada zona (km²), 2-Área exposta ao risco – BATER (km²), e 3-Número de eventos hidrológicos extremos registrados no período entre janeiro de 2019 e dezembro de 2025. Subsequentemente, o CoCoSo método foi implementado usando uma ferramenta computacional online. Entre as dez zonas que compõem o município estudado, a Zona Consolidada de Urbanização (ZUC) foi classificada como a maior prioridade para a implementação de políticas públicas, seguida pela Zona Especial para a Conservação dos Recursos Hídricos (ZECRH) e, em terceiro lugar, a Zona de Proteção com Restrição de Urbanização (ZPUR).

Palavras-chave: inundação, ocupação irregular, zoneamento urbano.

Introdução

A expansão urbana e desordenada observada nas cidades brasileiras tem imposto desafios significativos ao planejamento territorial, sobretudo quanto à intensificação das vulnerabilidades socioambientais e à ampliação da exposição a riscos hidrológicos, o que torna necessário o mapeamento das áreas (Queiroga, Filgueira & Cunico, 2024). Processos como o adensamento populacional, a ocupação de áreas ambientalmente frágeis e a insuficiência dos serviços de saneamento básico comprometem o bem-estar social e ampliam os impactos ambientais, especialmente em contextos urbanos periféricos (Gama & Almeida, 2020). Para além do adensamento, práticas antrópicas associadas à precariedade na gestão dos recursos hídricos, às atividades industriais intensivas e à limitada capacidade institucional contribuem para agravar os efeitos adversos relacionados com as mudanças climáticas (Sarnoski & Zakrzewski, 2022).

Em escala global, as mudanças climáticas têm aprofundado as desigualdades socioambientais e imposto novas exigências ao planejamento urbano, demandando estratégias integradas de adaptação capazes de fortalecer as infraestruturas, reduzir riscos e aumentar a resiliência dos territórios (Silva Júnior et al., 2023). Nesse contexto, as cidades assumem papel central, uma vez que concentram populações, atividades econômicas e infraestruturas críticas, além de funcionarem como espaços estratégicos para a articulação entre políticas públicas, escalas territoriais e soluções tecnológicas voltadas à adaptação climática (Mendes, 2020).

A literatura contemporânea destaca que a mudança do clima não se configura apenas como uma crise ambiental, mas também como resultado de modelos de desenvolvimento historicamente insustentáveis, o que exige transformações estruturais nos modos de planejamento, governança e gestão do território (Acevedo & Cebey, 2020; OECD, 2023). Nesse sentido, cresce a necessidade de territorializar as políticas de adaptação, reconhecendo que os níveis de vulnerabilidade e capacidade adaptativa variam significativamente entre diferentes zonas urbanas, em função de desigualdades socioeconômicas,

fragilidades institucionais e condições ambientais específicas (Camargo & Pietro, 2023).

Nacional e internacionalmente, pesquisas recentes têm avançado na incorporação da adaptação climática ao planejamento urbano, com ênfase na identificação e priorização de áreas urbanas vulneráveis, como os estudos de Chitula et al. (2024) na cidade de Beira, em Moçambique.

Diante desse cenário, Tadi et al. (2025) aplicaram a metodologia *Integrated Modification Methodology* (IMM) no bairro Cidade Nova, no Rio de Janeiro, evidenciando o potencial das soluções baseadas na natureza para mitigar as ilhas de calor e reduzir o risco de enchentes. Prado et al. (2024), em uma meta-análise sobre estratégias de SbN, demonstraram que sua efetividade depende fortemente do desenho espacial e da gestão temporal das intervenções.

De forma complementar, Seleguim et al. (2024) analisaram os desafios institucionais à implementação dessas soluções em cidades brasileiras, ressaltando a importância de critérios claros para a priorização territorial. Ferreira, Cabral & Moraes (2026), visando à efetividade das ações, ressaltam a importância dos modelos matemáticos utilizados para compreender as águas pluviais, os quais são primordiais para a tomada de decisão, enquanto Giacomelli, Fan & Scottá (2023) defendem a ideia de simular várias combinações.

No entanto, embora existam diversas estratégias de adaptação, ainda são escassas as metodologias capazes de combinar, de forma robusta, dados geoespaciais, indicadores de vulnerabilidade social e elementos de capacidade institucional para subsidiar a priorização territorial de políticas públicas (Guerrero-Hidalga et al., 2020; Lemos et al., 2020).

Neste sentido, a literatura internacional recente reforça os desafios e a importância de abordagens espacialmente explícitas e integradas para orientar políticas públicas urbanas voltadas à adaptação climática (Kurita et al., 2024). Massarelli e Binetti (2025) aplicaram técnicas de análise multicritério para mapear zonas urbanas vulneráveis e identificar áreas prioritárias para soluções baseadas na natureza, considerando fatores como densidade populacional, uso do solo e cobertura vegetal.

Lobo et al. (2023) argumentam que o planejamento adaptativo deve compreender as cidades como redes sociais inseridas no espaço físico, permitindo captar simultaneamente as dinâmicas sociais e territoriais na definição de prioridades. Outros estudos destacaram a relevância de estratégias que conciliem equidade social e sustentabilidade ambiental, como evidenciado por Maheshwari *et al.* (2025), Nowak *et al.* (2023) e Giacomelli, Rossi & Fernández (2025).

Nesse cenário, métodos de análise multicritério têm se consolidado como ferramentas adequadas para apoiar a tomada de decisão no planejamento territorial, especialmente quando integrados a Sistemas de Informação Geográfica. Entre esses métodos, destacam-se o *Preference Selection Index* (MPSI), proposto por Maniya & Bhatt (2010) e utilizado por vários pesquisadores, entre eles, Gligoric et al. (2022), e o *Combined Compromise Solution* (CoCoSo), desenvolvido por Yazdani, Kazimieras e Turskis, (2019), os quais apresentam robustez e desempenho satisfatório em diferentes contextos avaliativos, conforme demonstrado por estudos recentes (Alrasheedi *et al.*, 2021; Lahane & Kant, 2021; Mi & Liao, 2020; Wang et al., 2024).

A adoção de uma abordagem híbrida entre MPSI e CoCoSo representa um avanço metodológico ao reduzir a subjetividade na definição de pesos e ao aumentar a consistência do processo decisório. Contudo, ainda são incipientes os estudos que aplicam essa combinação à priorização territorial de políticas públicas urbanas, o que evidencia uma lacuna científica relevante. Em contextos de restrição orçamentária e de múltiplas demandas socioambientais, a definição de critérios técnicos transparentes torna-se essencial para garantir maior eficiência alocativa e equidade intraurbana.

Sendo assim, neste estudo, destaca-se o município de Camaragibe, localizado na Região Metropolitana do Recife, no estado de Pernambuco, que constitui um recorte territorial relevante para a aplicação dessas abordagens, uma vez que apresenta significativa exposição a riscos hidrológicos. Segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) (2010), o município em epígrafe possui 8.458 imóveis e 29.026 pessoas em áreas suscetíveis a desastres, o que evidencia a necessidade de estratégias de planejamento integradas. Ademais, o Plano Diretor Municipal vigente (2007) estabelece um macrozoneamento

composto por dez zonas de uso e proteção, configurando um importante cenário institucional, ainda que carente de instrumentos analíticos capazes de subsidiar a priorização territorial das políticas públicas.

Diante desse contexto, o estudo objetivou estabelecer uma hierarquia de zonas prioritárias para a implementação de políticas públicas de adaptação e mitigação de riscos hidrológicos no município de Camaragibe-PE, por meio da aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo, que integra critérios territoriais e de exposição ao risco. Parte-se da hipótese de que a aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo é capaz de hierarquizar, de forma objetiva e consistente, as zonas urbanas do município de Camaragibe-PE, ao integrar critérios territoriais e de exposição a riscos hidrológicos, reduzindo a subjetividade no processo de tomada de decisão e contribuindo para a formulação de políticas públicas mais eficazes e territorialmente orientadas.

Material e métodos

O estudo foi estruturado seguindo três etapas principais: (i) Delimitação e caracterização da área de estudo, correspondente ao município de Camaragibe, no estado de Pernambuco; (ii) aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo, no qual o método MPSI foi empregado para a definição dos pesos atribuídos a cada critério analisado, enquanto o método CoCoSo foi utilizado para a ordenar as zonas segundo sua prioridade de intervenção; e (iii) análise e interpretação dos resultados, com base na identificação das zonas prioritárias para a implementação de políticas públicas.

Caracterização da área de estudo

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022), o município de Camaragibe, em Pernambuco, localiza-se a aproximadamente 12 km da capital pernambucana, nas coordenadas geográficas 8°1' de latitude sul e 34°59' de longitude oeste (Figura 1). A Lei Complementar nº 426, de 3 de abril de 2020, destaca que o município em epígrafe pertence à Região Metropolitana do Recife e foi emancipado em 1982, por meio do desmembramento do município de São Lourenço da Mata. Ainda de acordo com o IBGE, em 2022, Camaragibe era composta por uma população de 147.771 habitantes, distribuída em uma área territorial de aproximadamente 51.321 km², com densidade demográfica de 2.879,35 hab./km².

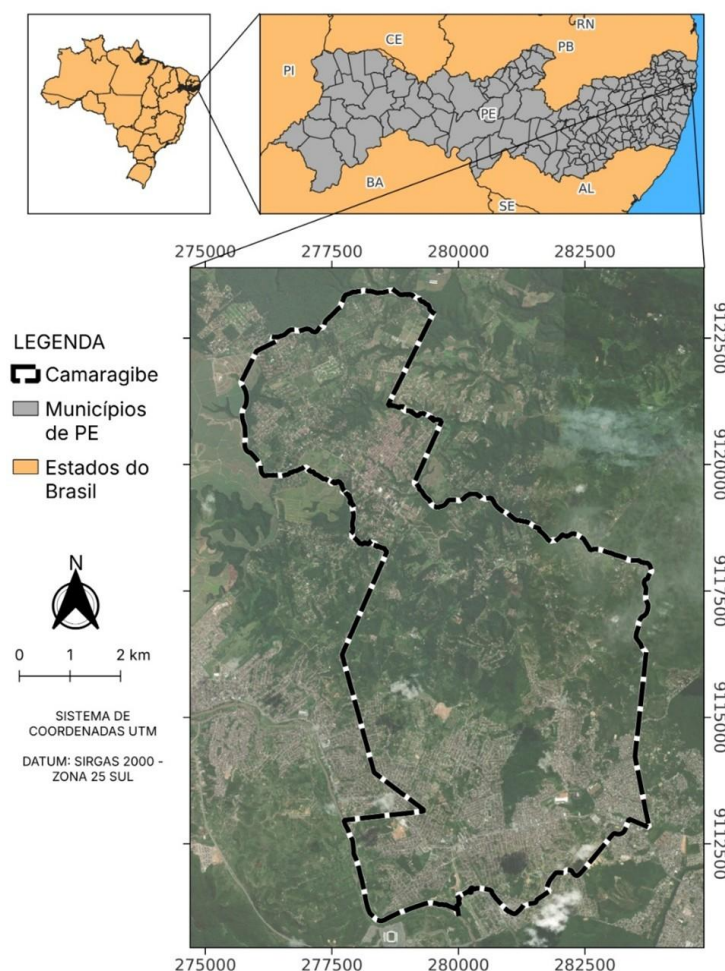


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Camaragibe, em Pernambuco, Brasil.

A estrutura socioeconômica local é predominantemente urbana e baseada nos setores de comércio, serviços e administração pública, com reduzida participação das atividades industriais e agropecuárias (IBGE, 2022). Segundo dados da Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), em 2023, a integração funcional com os municípios vizinhos evidencia a dependência de Camaragibe da dinâmica econômica da metrópole, especialmente em mobilidade, emprego e infraestrutura.

O município de Camaragibe – PE apresenta uma estrutura territorial definida por seu zoneamento urbano, conforme estabelecido no Plano Diretor Municipal de 2007. O território é dividido em duas macrozonas principais, a saber: Macrozona de Proteção Ambiental (MPA) e Macrozona de Qualificação Urbana (MQU), e em um conjunto de zonas especiais, que orientam o uso e a ocupação do solo com base em critérios de preservação ambiental e de qualificação urbana.

A Macrozona de Proteção Ambiental é composta por quatro zonas específicas: 1-Zona de

Conservação Ambiental (ZCA): destinada à proteção dos ecossistemas e corredores ecológicos; 2-Zona de Proteção de Manancial (ZPM): assegura a integridade das áreas de captação e recarga hídrica; 3-Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR) 1 e 2: voltada ao controle da ocupação em áreas de fragilidade geomorfológica; 4-Zona de Proteção Permanente (ZPP): correspondente às faixas marginais de rios e às encostas, regida pela legislação federal de proteção ambiental.

A Macrozona de Qualificação Urbana abrange as áreas de maior consolidação urbana, sendo subdividida em três zonas específicas: 1-Zonas de Urbanização Consolidada (ZUC) 1 e 2: abrangem os espaços centrais ocupados e consolidados, com residências e empresas comerciais e de serviços. 2- Zona de Requalificação Urbana (ZRU): compreende o Centro histórico-cultural do Município e seu entorno. 3- Zonas de Urbanização em Consolidação (ZUEC) 1, 2 e 3: abrangem os espaços urbanizados ou em processo de

urbanização que necessitam de qualificação urbanística.

A Zona Especial é subdividida em três zonas: 1- Zona Especial de Conservação de Recursos Hídricos (ZECRH): compõe-se de espaços marginais aos recursos hídricos de importância para a drenagem natural. 2- Zona Especial de Preservação Histórica (ZEPH):

corresponde ao sítio da Vila da Fábrica que, devido aos seus valores materiais e imateriais, possui relevância histórica, arquitetônica e cultural. 3 - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS): abrange espaços caracterizados por assentamentos habitacionais irregulares. As zonas supracitadas podem ser observadas na Figura 2.

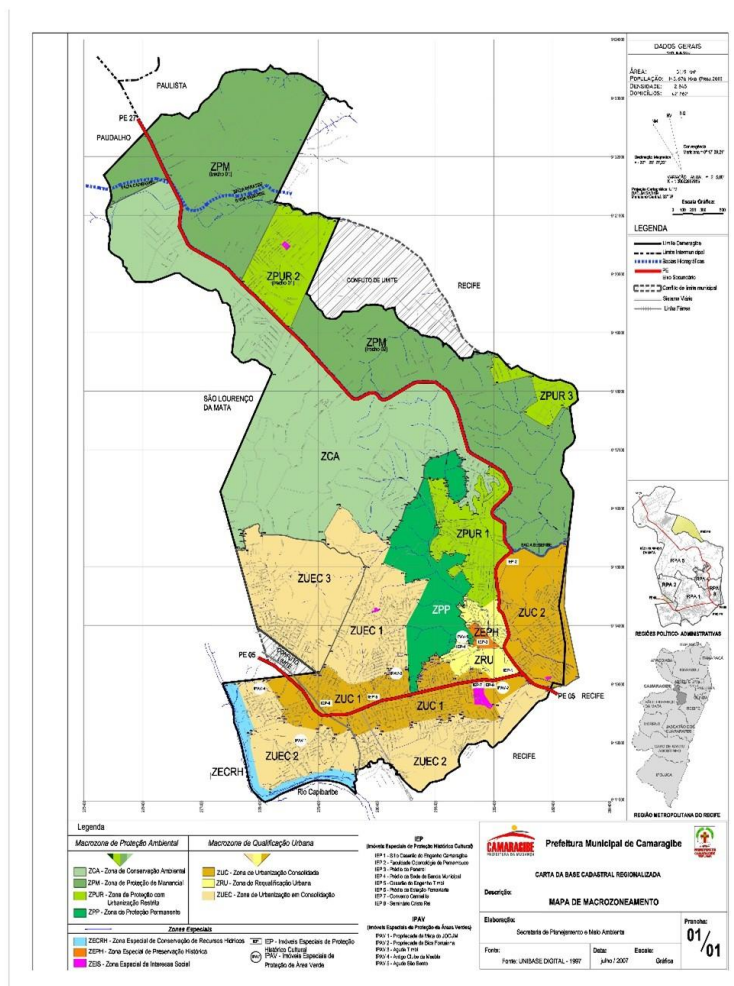


Figura 2. Zoneamento do município de Camaragibe, em Pernambuco. Fonte: Prefeitura Municipal de Camaragibe, 2007.

Delimitação da área de estudo

Primeiramente, foi solicitada à Prefeitura do Município de Camaragibe, em Pernambuco, por meio da Lei de Acesso à Informação (LAI), a disponibilização dos arquivos *shapefile* contendo a delimitação das zonas urbanas a serem analisadas. Contudo, o município informou não dispor desses arquivos. Diante disso, optou-se por delimitar a área de estudo com base no *shapefile* de delimitação territorial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Após o *download*, o arquivo foi inserido e manipulado no *software* QGIS 3.38, utilizando técnicas de geoprocessamento, sendo inseridas as

coordenadas correspondentes à delimitação de cada zona urbana, disponíveis no Plano Diretor de 2007. Após a inserção de cada zona, foram inseridas as poligonais correspondentes às áreas de risco, resultantes da interseção dessas áreas com as feições censitárias denominadas Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (BATER), disponibilizada pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR).

Ademais, foram mapeados os locais de ocorrência de eventos hidrológicos extremos no município de Camaragibe-PE no período compreendido de janeiro de 2019 a dezembro de 2025, disponibilizados pelo Ministério da

Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e por meio da LAI, cujo número do protocolo é 59009.000103/2026-80, complementados por notícias em *site* oficiais, visto que nem todos os acontecimentos são comunicados formalmente ao MIDR.

Aplicação do método híbrido MPSI – CoCoSo

Neste estudo, adotou-se o método híbrido MPSI–CoCoSo como estratégia de apoio à decisão multicritério, integrando a definição objetiva dos pesos dos critérios, por meio do método MPSI (*Method of Preferential Selection Index*), à ordenação e priorização das alternativas realizadas pelo método CoCoSo (*Combined Compromise Solution*). Essa abordagem permite maior consistência metodológica ao processo decisório, ao reduzir a subjetividade na atribuição de pesos e ao proporcionar a ordenação das alternativas analisadas.

Portanto, ressalta-se que as alternativas analisadas correspondem às zonas de uso e ocupação do solo definidas no Plano Diretor Municipal de Camaragibe (2007), totalizando dez zonas urbanas. Essas zonas constituem o objeto da ordenação multicritério, não sendo tratadas como critérios de avaliação, mas sim como unidades territoriais a serem priorizadas na implementação de políticas públicas.

A avaliação das alternativas foi realizada com base em três critérios quantitativos, diretamente associados à exposição ao risco hidrológico, definidos da seguinte forma: (a) Área de cada zona urbana, obtida com base no Plano Diretor do município de Camaragibe. (b) Área exposta ao risco hidrológico, expressa em hectares, obtida a partir da Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (BATER), resultante da interseção entre as áreas de risco mapeadas e as zonas urbanas do município, disponíveis também pelo MIDR; e (c) Quantidade de ocorrências de eventos hidrológicos extremos registradas no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2025, considerando episódios oficialmente reconhecidos e disponibilizados pelo MIDR e por demais órgãos oficiais.

Esses critérios foram selecionados por representarem, de forma objetiva e mensurável, tanto a recorrência dos eventos extremos quanto a extensão espacial da exposição ao risco, permitindo captar diferentes dimensões da vulnerabilidade hidrológica urbana.

Aplicação do método MPSI

Primeiramente, utilizou-se o método MPSI (*Method of Preferential Selection Index*), sendo este proposto por Maniya & Bhatt (2010), o qual teve como base o método proposto por Saaty em 1980, e sua aplicação resultou na atribuição de pesos distintos aos critérios “Quantidade de ocorrência de eventos hidrológicos extremos no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2025” e “Área exposta ao risco”, refletindo a capacidade de cada critério em discriminar as alternativas e contribuir para a priorização territorial. Este método é composto por cinco etapas, apresentadas a seguir.

1ª etapa: Construção da Matriz de Payoff

A Matriz de *Payoff* (Equação 1) é uma tabela estruturada, amplamente utilizada na pesquisa operacional e nos processos de tomada de decisão multicritério, cuja finalidade é organizar, de forma sistemática e comparativa, o desempenho de diferentes alternativas (A) frente a múltiplos critérios de avaliação (C).

(A/C)

$$= [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} A/C & C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde: $A_1 - A_m$: representam as alternativas; $C_1 - C_n$: representam os critérios; X_{ij} : representa a avaliação da alternativa “i” conforme o critério “j”; m: representa a quantidade de alternativas; e n: representa a quantidade de critérios.

2ª etapa: Normalização da Matriz de Payoff

A Normalização da Matriz de *Payoff* constitui uma etapa fundamental do processo de análise multicritério, na qual são tratados os critérios conforme sua natureza. Os critérios classificados como benéficos (Equação 2) são aqueles em que valores mais elevados indicam melhor desempenho; nesses casos, a normalização é geralmente realizada pela divisão do valor original pelo valor máximo observado. Por sua vez, os critérios classificados como de custo ou não benéficos (Equação 3) correspondem a aqueles em que valores menores representam melhor desempenho, sendo normalizados usualmente pela razão entre o valor mínimo e o valor original.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad (3)$$

A escolha do método de normalização exerce influência direta sobre a posição final das alternativas no *ranking*, sendo, portanto, essencial que os critérios de normalização sejam definidos e aplicados com rigor metodológico, a fim de assegurar a confiabilidade, a consistência e a precisão do processo decisório, visto que eles decidem a Normalização da Matriz de Payoff (Equação 4).

$$R(A/C) = [r_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} A/C & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ A_2 & r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & r_{m1} & r_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

onde: r_{ij} : representa o valor dos critérios, $0 < r_{ij} < 1$.

3ª etapa: Cálculo da média das colunas/critérios

Por meio do cálculo da média das colunas/critérios (Equação 5), determina-se o valor médio (v_j) de desempenho de cada critério após a normalização. Para tanto, somam-se todos os valores normalizados do critério e dividem-se pelo número de alternativas.

$$v_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \quad (5)$$

5ª etapa: Cálculo da variação de preferências

Para medir o grau de diferenciação (Equação 6) de cada critério entre as alternativas, ou seja, indicar quanto aquele critério realmente discrimina as alternativas, calcula-se a distância de cada valor em relação à média do critério. Sendo assim, quanto maior a variação, maior a capacidade de distinção e maior a importância do critério.

$$P_j = \sum_{i=1}^m (r_{ij} - v_j)^2 \quad (6)$$

5ª etapa: Cálculo dos pesos de cada critério

Nesta última etapa, calcula-se o peso (ω_j) de cada critério analisado (Equação 7), transformando a variação em peso relativo, garantindo que cada critério receba peso

proporcional à sua capacidade de diferenciar alternativas, ou seja, é a fase que define a importância dos critérios.

$$\omega_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad (7)$$

Ressalta-se que todas as etapas supracitadas podem ser calculadas de forma automatizada por meio do preenchimento da Calculadora MPSI-MARA, disponível em <https://psi-mpsi-mara.streamlit.app/>, todavia, no momento da realização deste estudo, o aplicativo estava passando por atualizações, portanto, procedeu-se com o cálculo de forma manual. Na sequência, os pesos obtidos foram utilizados no método *Combined Compromise Solution* (CoCoSo), integrando a estrutura da análise multicritério adotada neste estudo.

Aplicação do método CoCoSo

De posse do peso para cada critério, aplicou-se o método *Combined Compromise Solution* (CoCoSo), proposto por Yazdani, Kazimieras e Turskis, (2019), sendo este uma técnica de Tomada de Decisão Multicritério aplicada à ordenação de alternativas com base em múltiplos critérios, integrando as abordagens da Média Ponderada Simples (SAW) e do Modelo de Produto Ponderado (WPM). O método supracitado é composto por seis etapas.

1ª etapa: definição da Matriz de Decisão

Inicialmente, construiu-se a Matriz de Decisão (Equação 8), que organiza os valores dos atributos (critérios) associados a cada alternativa analisada. Essa matriz representa a base de dados do processo decisório multicritério, permitindo estruturar, de forma sistemática, o desempenho de cada alternativa em relação a cada critério.

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

onde: m = número de alternativas; n = número de critérios; x_{ij} = valor do critério j para a alternativa i.

2ª etapa: a Normalização da Matriz de Decisão

A normalização tem como objetivo padronizar os dados, tornando-os comparáveis entre si, uma vez que os critérios podem estar em escalas distintas. Após esse processo, todos os valores passam a variar no intervalo [0,1].

3ª etapa: *Matriz Sequência de comparabilidade (benefício e custo)*

Na sequência: - segue as equações de comparabilidade, em que a Equação 9 diz respeito ao critério de benefício e a Equação 10 ao custo, proposta por Zeleny (1973).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (9)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (10)$$

onde: rij = valor normalizado; xij = valor original; max(xij) e min(xij) = maiores e menores valores do critério.

4ª etapa: *Sequência de Comparabilidade Ponderada*

Após a normalização dos critérios, foram integradas a Sequência de Comparabilidade Ponderada (Si), conforme a Equação 11, e a Sequência de Comparabilidade Ponderada Exponencialmente (Pi), conforme a Equação 12.

$$s_i = \sum_{j=1}^n (\omega_j r_{ij}) \quad (11)$$

Todavia, visando otimizar o processo, acessou-se a planilha eletrônica do Método CoCoSo pelo site

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{\omega_j} \quad (12)$$

onde: ω_j = peso do critério j; rij = valor normalizado.

5ª etapa: *Estratégia de Agregação*

Nesta etapa, foi realizada a agregação dos valores, permitindo ordenar as alternativas, utilizando o índice denominado “índice de desempenho relativo $\mathcal{R}_i$ ”, calculado pelas Equações 13 a 15.

- Cálculo do Índice Proporcional:

$$\mathcal{R}_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (13)$$

- Cálculo do Índice Relativo Mínimo:

$$\mathcal{R}_{ib} = \frac{S_i}{\min_i S_i} + \frac{P_i}{\min_i P_i} \quad (14)$$

- Cálculo do Índice Balanceado:

$$\mathcal{R}_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1 - \lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i + (1 - \lambda) \max P_i)} \quad (15)$$

onde: λ = parâmetro de equilíbrio (geralmente é igual a 0,5); Si e Pi = comparabilidades calculadas.

6ª etapa: *Agregação Final*

Os três índices são integrados no índice global de desempenho, tendo como base o resultado de $\mathcal{R}_{ia}$, $\mathcal{R}_{ib}$, $\mathcal{R}_{ic}$, como pode ser observado na Equação 16.

$$\mathcal{R}_i = (\mathcal{R}_{ia} \mathcal{R}_{ib} \mathcal{R}_{ic})^{1/3} + 1/3 (\mathcal{R}_{ia} + \mathcal{R}_{ib} + \mathcal{R}_{ic}) \quad (16)$$

Esse índice final permite ordenar as alternativas e definir o ranking de prioridade. <https://sergiofloquet.shinyapps.io/cocoso/#> (Figura 3) e, ao preenchê-la, obtiveram-se os resultados dos cálculos supracitados.

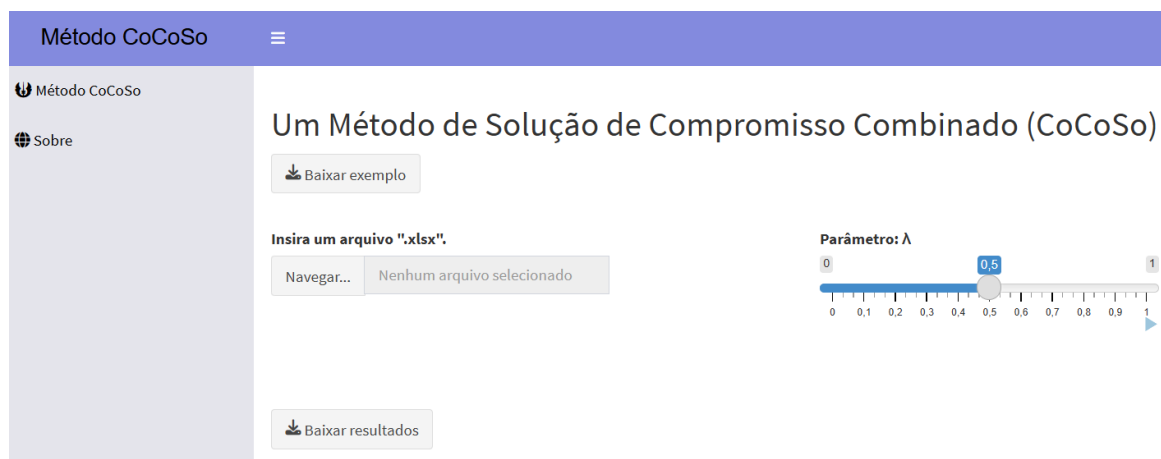


Figura 3. Página inicial do aplicativo Método CoCoSo. Fonte: Yazdani, Kazimieras e Turskis, 2019.

Nesta etapa, definiu-se o quantitativo de alternativas e de critérios: 10 alternativas, que, neste caso, foram as zonas urbanas do município de Camaragibe - PE, e 3 critérios definidos durante a etapa do método MPSI. Ressalta-se que, no âmbito do método CoCoSo, o critério relativo à área de cada zona (km²) foi classificado como critério de custo (mínimo), considerando que zonas territorialmente menores tendem a demandar menor complexidade operacional e maior viabilidade para a implementação de medidas de gestão do risco.

Por sua vez, os critérios “Área exposta ao risco – BATER (km²)” e “Quantidade de ocorrências de desastres no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2025” foram tratados como critérios de benefício (máximo), pois valores mais elevados indicam maior pressão socioambiental e, sob a ótica da priorização de políticas públicas, sinalizam maior necessidade de alocação de recursos, ações estruturais e não estruturais,

justificando prioridade no planejamento governamental.

Na sequência, a planilha devidamente preenchida foi inserida no aplicativo, permitindo obter o ranking das zonas prioritárias para a implementação de políticas públicas.

Resultados e discussão

Análise das áreas de zoneamento territorial

A análise da estrutura territorial de Camaragibe, a partir da delimitação de suas macrozonas urbanas, permitiu compreender que o município apresenta uma organização espacial diversificada, composta por zonas urbanas voltadas tanto à preservação e conservação ambientais quanto à ocupação urbana consolidada e em expansão. Na Figura 4 podem ser observadas as dez zonas que compõem o município de Camaragibe, em Pernambuco.

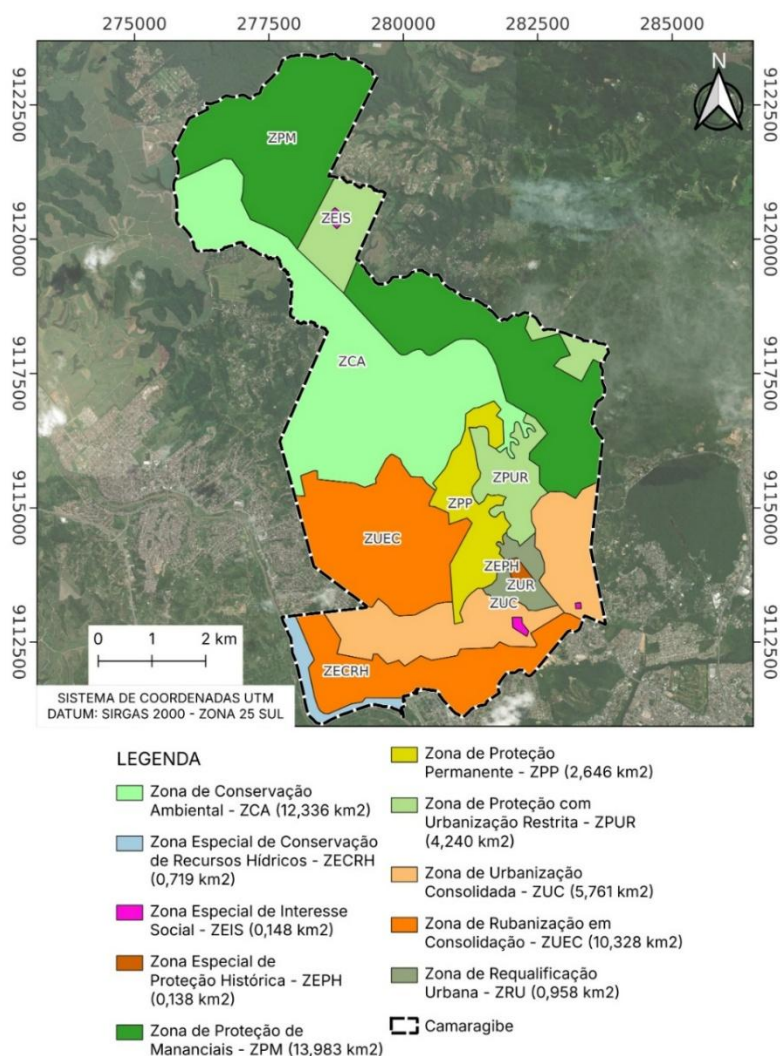


Figura 4. Mapa do zoneamento do município de Camaragibe, em Pernambuco.

Ao analisar o mapa, observa-se que a Zona de Proteção de Manancial (ZPM) apresenta a maior extensão territorial, com aproximadamente 13,94 km². De acordo com o Plano Diretor do município analisado, essa área desempenha função estratégica na manutenção dos serviços ecossistêmicos, contribuindo para a regulação hídrica e para a contenção da expansão urbana em áreas ambientalmente sensíveis. A Zona de Conservação Ambiental (ZCA) também apresenta expressiva representatividade territorial (12,41 km²), reforçando o papel do município na proteção de remanescentes florestais e na conservação dos recursos hídricos locais.

A Zona de Urbanização Consolidada (ZUC), com 5,79 km², e a Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR), com 4,31 km², correspondem aos principais vetores de ocupação urbana. Nessas áreas, observam-se processos intensos de adensamento populacional e de impermeabilização do solo, que, quando associados à declividade elevada e à drenagem

insuficiente, aumentam o risco de alagamentos e escorregões — especialmente em setores onde a infraestrutura urbana é precária, o que desafia o poder público quanto à implantação de políticas públicas, conforme defendem Silva Júnior et al. (2023).

As Zonas Especiais de Proteção dos Recursos Hídricos (ZECRH) e Zonas Especiais de Preservação Hídrica (ZEPH), que juntas totalizam aproximadamente 0,79 km², concentram-se em áreas de nascentes e margens de cursos d'água, exercendo função essencial na contenção do escoamento superficial e na recarga dos aquíferos locais. Para sua conservação, é imprescindível o cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Essas zonas carecem de ações para preservar as Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme estabelece o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 2012).

A Zona de Uso e Expansão Controlada (ZUEC), com 10,30 km², representa o principal

espaço de transição entre áreas urbanizadas e ambientes naturais. O planejamento desse setor é crucial para evitar a conversão desordenada de áreas vegetadas em superfícies impermeáveis, o que ampliaria a vulnerabilidade hidrológica. As Zonas de Proteção Paisagística (ZPP) somam 2,70 km² e caracterizam-se como áreas de relevância estética e ambiental que, além de contribuírem para a regulação climática local, de acordo com Prado et al. (2024), nesses locais é possível implementar Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para mitigar os efeitos de eventos hidrológicos extremos.

Por fim, as Zonas de Regularização Urbanística (ZRU) e as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) ocupam 0,94 km² e 0,10

km², respectivamente. Essas áreas, marcadas por ocupações irregulares ou por vulnerabilidade social, requerem atenção especial no planejamento urbano, sobretudo na ampliação de sistemas de drenagem sustentável e no controle de ocupações em áreas de risco. Contudo, inúmeras obras civis adentram as zonas da Macrozona de Proteção Ambiental e das Zonas Especiais, o que aumenta a impermeabilidade do solo e reduz as áreas verdes, gerando impactos ambientais negativos, especialmente nos períodos chuvosos.

Na Figura 5 podem ser observados os BATER, assim como os pontos de ocorrência de eventos hidrológicos extremos em períodos chuvosos.

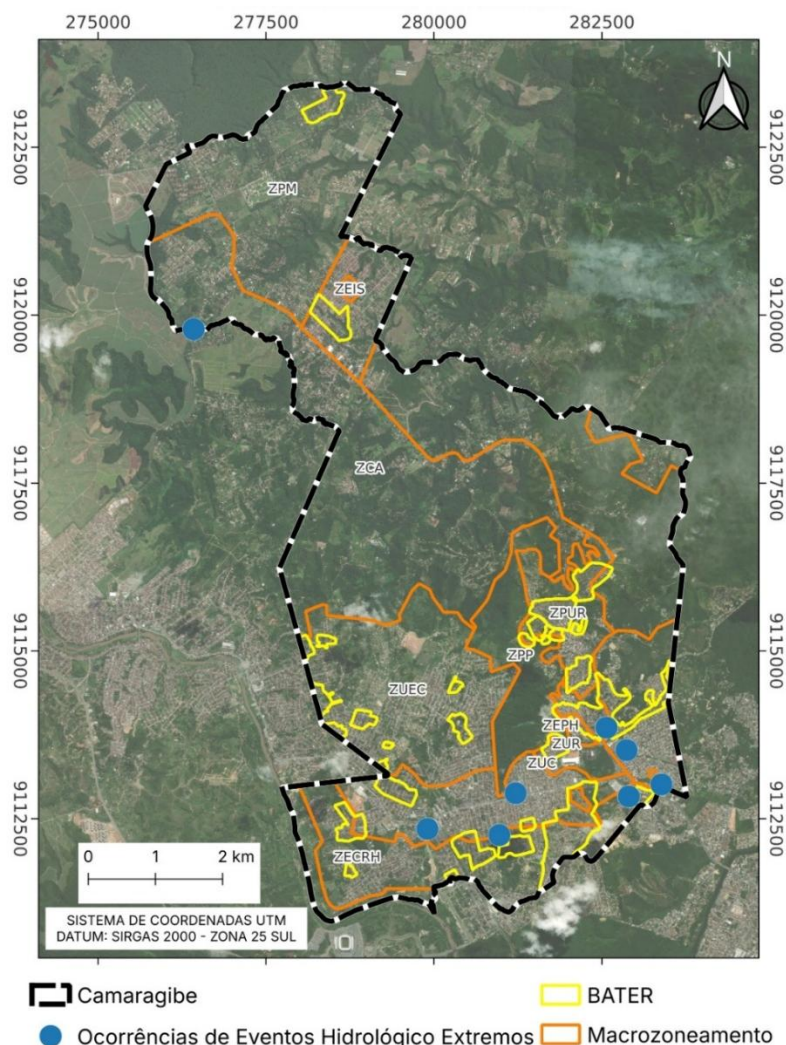


Figura 5. Distribuição espacial das zonas urbanas, das áreas BATER e dos registros de eventos hidrológicos extremos no município de Camaragibe, em Pernambuco, Brasil.

Ao analisar o mapa acima, observa-se que o município de Camaragibe, no estado de Pernambuco, é contemplado com 31 BATER, distribuídos nas seguintes zonas: ZPM, ZPUR, ZUEC, ZECRH e ZEIS. A análise desses locais evidencia a presença predominante de construções,

de cursos de água e de áreas verdes reduzidas, características que contribuem para o aumento da vulnerabilidade socioambiental dessas áreas, sobretudo em função da ocupação desordenada, da insuficiência de infraestrutura urbana e da proximidade com corpos hídricos.

Adicionalmente, foram analisados os locais de ocorrência de eventos hidrológicos extremos registrados no município de Camaragibe-PE no período de janeiro de 2019 a dezembro de

2025. Esses eventos concentraram-se, principalmente, na zona de urbanização consolidada (ZUC), como pode ser observado no Quadro 1.

Denominação (Tipo ou Subtipo)	Local	Zona	Ocorrência	Ano	Fonte
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Aldeia de Baixo (Japão)	ZRU	Enchentes	2019	MIDR pela LAI por meio do N° do Protocolo 59009.000103/2026-80
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Loteamento Nazaré	ZUC 2			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alberto Maia	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro Novo (Canal do Bradesco)	ZUC 1	Alagamentos		
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Jardim Primavera (Canal de Jardim Primavera)	ZUC 2			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alberto Maia (Canal de Alberto Maia)	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alberto Maia (Av. Belmino Correia, em frente ao Prédio da Prefeitura Municipal)	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alberto Maia (Av. Belmino Correia, em frente à Igreja Universal)	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro Novo do Carmelo (Av. Belmino Correia, em frente ao Hospital Aristeu Chaves)	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Aldeia de Baixo (Japão)	ZRU	Enchentes	2022	MIDR pela LAI por meio do N° do Protocolo 59009.000103/2026-80
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Loteamento Nazaré	ZUC 2			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alberto Maia (Canal de Alberto Maia)	ZUC 1			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Aldeia (Estrada da Telebras)	ZPUR- 2			
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro Novo (Canal ao lado do Banco Bradesco)	ZUC 1	Enchente resultando em 1	2022	JC PE

			morte por afogamento		
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Alto de Santo Antônio	ZUC 3	Alagamento	2022	S2iD
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro dos Estados	ZUC 1	Alagamento	2022	S2iD
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro dos Estados	ZUC 1	Alagamento	2022	S2iD
Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas	Bairro Novo (Canal ao lado do Banco Bradesco)	ZUC 1	Enchente resultando em 1 morte por afogamento	2025	G1 Pernambuco

Quadro 1. Levantamento das consequências decorrentes de registros de eventos hidrológicos extremos no município de Camaragibe, em Pernambuco, Brasil.

Destaca-se a ocorrência reiterada de óbitos por afogamento no canal localizado no Bairro Novo, ao lado do Banco Bradesco, sobretudo após episódios de precipitação intensa. A repetição de eventos fatais no mesmo ponto ao longo dos anos configura evidência de uma área de risco hidrológico elevado, resultante da interação entre perigo natural, vulnerabilidade urbana e exposição permanente da população que precisa transitar pelo local. Neste caso, trata-se de um risco conhecido, espacialmente delimitado e socialmente produzido, cuja persistência revela não apenas fragilidades estruturais do sistema de drenagem, mas, sobretudo, lacunas na atuação preventiva do poder público.

Nesse contexto, recorrência do óbito pode configurar a ausência de intervenções estruturais — como adequação hidráulica do canal, contenção física e redimensionamento da seção de escoamento — bem como de medidas não estruturais, a exemplo de sinalização permanente, isolamento da área e ações educativas, que contribui para a manutenção de um cenário de vulnerabilidade institucionalizada, no qual as perdas humanas deixam de ser eventos esporádicos e passam a refletir falhas na governança territorial.

Ademais, observa-se que as zonas denominadas ZUC e ZUEC coincidem com áreas onde há presença de BATER, evidenciando a sobreposição entre a suscetibilidade ambiental e a ocupação vulnerável. Essa convergência espacial reforça a configuração de risco socioambiental agravado. Entretanto, mesmo diante da recorrência documentada de desastres nessas localidades, não foram identificadas políticas públicas efetivamente implementadas com foco na prevenção ou mitigação dos impactos de eventos hidrológicos

extremos. Tal omissão reforça a fragilidade do planejamento urbano municipal e evidencia a dissociação entre o diagnóstico do risco e a adoção de medidas concretas de gestão.

Assim, a persistência desse cenário ao longo do tempo não pode ser atribuída exclusivamente à intensidade dos eventos hidrológicos extremos, mas deve ser compreendida como resultado de um processo contínuo de negligência estrutural, de insuficiência de planejamento preventivo e de fragilidade na implementação de políticas públicas de adaptação. A falta de atualização do Plano Diretor Municipal, datado de 2007, evidencia a defasagem do principal instrumento de ordenamento territorial do município, em desacordo com o disposto na Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), que determina sua revisão, no mínimo, a cada dez anos. Essa lacuna compromete a incorporação de diretrizes contemporâneas de gestão de riscos, de resiliência urbana e de adaptação às mudanças climáticas, especialmente diante da recorrência de eventos hidrológicos extremos registrados na área.

Nesse contexto, a não revisão do Plano Diretor configura não apenas uma lacuna administrativa, mas também um fator que contribui para as vulnerabilidades socioambientais e para a reprodução de perdas humanas evitáveis e evidenciadas.

Aplicação do método híbrido MPSI - CoCoSo

A aplicação do método MPSI resultou na atribuição dos seguintes pesos aos critérios analisados: 0,17 para “Área de cada zona (km²)”, 0,28 para “Área exposta ao risco – BATER (km²)” e 0,55 para “Quantidade de ocorrência de eventos hidrológicos extremos no período de janeiro de

2019 a dezembro de 2025” (Figura 6). Esses resultados indicaram maior peso ao critério “Quantidade de ocorrência de eventos hidrológicos extremos”, seguido por “Área exposta ao risco” e

“Área de cada Zona”, evidenciando que a recorrência histórica dos eventos apresentou maior capacidade discriminatória entre as zonas analisadas.



Figura 6. Peso de cada critério obtido pelo método MPSI.

A aplicação integrada dos métodos MPSI e CoCoSo permitiu estruturar um modelo robusto de priorização multicritério, contemplando simultaneamente a dimensão territorial, a exposição espacial ao risco e a recorrência histórica de eventos hidrológicos extremos. O critério “Área de cada zona (km²)”, classificado como critério de minimização (mínimo), mostrou-se metodologicamente adequado, uma vez que zonas territorialmente menores tendem a demandar menor volume de intervenções estruturais e podem apresentar maior viabilidade operacional para ações preventivas e corretivas. Assim, a minimização desse critério favorece áreas mais compactas sob a perspectiva da eficiência na gestão territorial.

Por sua vez, os critérios “Área exposta ao risco – BATER (km²)” e “Quantidade de ocorrência de eventos hidrológicos extremos de janeiro de 2019 a dezembro de 2025” foram classificados como critérios de maximização (máximo). Tal definição não implica valorização do risco, mas sim uma interpretação estratégica orientada ao planejamento público. No caso da área exposta, maiores extensões territoriais sob suscetibilidade indicam um maior contingente espacial a ser contemplado por políticas de mitigação, o que justifica sua priorização. De forma análoga, maior recorrência de eventos hidrológicos extremos representa intensificação da pressão socioambiental e maior necessidade de intervenções estruturais e não estruturais (Quadro 2).

Critérios	Área de cada Zona (km²)	Área exposta ao risco - BATER (km²)	Quantidade de ocorrência de eventos hidrológicos extremos de janeiro de 2019 a dezembro de 2025
Pesos	0,1700	0,2800	0,5500
Valor ótimo	MIN	MAX	MAX
Zona de Conservação Ambiental (ZCA)	12,336	0	0
Zona de Proteção de Manancial (ZPM)	13,983	0,17	0
Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR)	4,24	0,93	1
Zona de Proteção Permanente (ZPP)	2,646	0	0
Zona de Urbanização Consolidada (ZUC)	5,761	0,59	15
Zona de Requalificação Urbana (ZRU)	0,958	0	2
Zona de Urbanização em Consolidação (ZUEC)	10,328	0,78	0
Zona Especial de Conservação de Recursos Hídricos (ZECRH)	0,719	1,23	0
Zona Especial de Preservação Histórica (ZEPH)	0,138	0	0
Zona Especial de Interesse Social (ZEIS)	0,148	0,15	0

Quadro 2. Matriz de decisão do método CoCoSo. Fonte: Adaptado de Yazdani, Kazimieras e Turskis (2019).

O *ranking* obtido pelo método CoCoSo evidencia que a priorização não se baseia exclusivamente na frequência de eventos hidrológicos extremos, mas sim na combinação entre a recorrência e a magnitude espacial da exposição. Esse resultado reforça a importância de

abordagens multicritério na gestão de riscos urbanos, uma vez que análises unidimensionais tenderiam a privilegiar apenas zonas com maior número de registros históricos, negligenciando áreas com grande extensão territorial suscetível (Quadro 3).

Alternativas	Order	k	ki_a	ki_b	ki_c	Si	Pi
Zona de Urbanização Consolidada (ZUC)	1	16,9996	0,204	43,58	1	0,7853	2,7293
Zona Especial de Conservação de Recursos Hídricos (ZECRH)	2	10,0884	0,1414	25,3671	0,693	0,4429	1,9927
Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR)	3	8,8577	0,1428	21,8385	0,7	0,368	2,0922
Zona de Urbanização em Consolidação (ZUEC)	4	5,7964	0,1103	13,919	0,5406	0,2224	1,6777
Zona de Requalificação Urbana (ZRU)	5	5,6077	0,0901	13,8315	0,4419	0,2333	1,3198
Zona Especial de Interesse Social (ZEIS)	6	5,3334	0,1021	12,7943	0,5004	0,204	1,5547
Zona Especial de Preservação Histórica (ZEPH)	7	4,128	0,0679	10,1466	0,3329	0,17	1
Zona de Proteção Permanente (ZPP)	8	3,5387	0,0642	8,5657	0,3146	0,1392	0,9666
Zona de Proteção de Manancial (ZPM)	9	1,3038	0,0356	2,9136	0,1745	0,0387	0,5746
Zona de Conservação Ambiental (ZCA)	10	1,0848	0,0416	2,2119	0,2039	0,0202	0,6963

Quadro 3. *Ranking* das zonas prioritárias para implementação de políticas públicas no município de Camaragibe, em Pernambuco. Fonte: Adaptado de Yazdani, Kazimieras e Turskis (2019).

Os resultados obtidos a partir da aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo evidenciam que a priorização das zonas no município de Camaragibe está fortemente associada à recorrência de eventos hidrológicos extremos, à exposição física ao risco e à configuração territorial das áreas analisadas, conforme os critérios adotados na modelagem multicritério. Essa articulação é fundamental para identificar áreas de maior pressão socioambiental, revelar desigualdades internas ao território e subsidiar decisões governamentais mais precisas e eficientes. Estudos recentes apontam que a integração entre informações espaciais, indicadores socioeconômicos e arranjos de governança multiescalar é decisiva para a priorização territorial e para a efetividade das ações adaptativas (Milhorange & Bursztyn, 2019).

Nesse contexto, a Zona de Urbanização Consolidada (ZUC), classificada como a mais prioritária no novo ranqueamento, destacou-se por apresentar a maior recorrência de eventos hidrológicos extremos no período analisado, associada à expressiva área exposta ao risco. Trata-se de áreas densamente ocupadas, com elevado grau de impermeabilização do solo e pressão antrópica significativa, fatores que intensificam a

susceptibilidade a alagamentos e inundações. A elevada prioridade atribuída à ZUC reflete a lógica do modelo, no qual os critérios classificados como de maximização — especialmente a quantidade de ocorrências de desastres — exerceram influência determinante no resultado, evidenciando a necessidade de intervenções estruturais e não estruturais voltadas à mitigação e adaptação.

Na sequência, a Zona Especial de Conservação de Recursos Hídricos (ZECRH) e a Zona de Proteção com Urbanização Restrita (ZPUR) ocuparam as segunda e terceira posições do *ranking*, respectivamente. A ZECRH apresenta relevância estratégica para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e para a regulação hídrica, de modo que sua priorização sinaliza a importância de proteger áreas ambientalmente sensíveis diante da pressão territorial, podendo ser adotado o que estabelece o Novo Código Florestal Brasileiro no que diz respeito às APP. A ZPUR, caracterizada por ocupação condicionada e restrições urbanísticas, evidencia que mesmo áreas com controle normativo podem apresentar níveis relevantes de exposição ao risco quando associadas à dinâmica urbana e à recorrência de eventos extremos.

É importante destacar que o *ranking* obtido não representa uma classificação de risco absoluta, mas sim uma hierarquização relativa entre zonas

(Figura 7), condicionada pelos critérios analisados e pela lógica do método multicritério adotado.

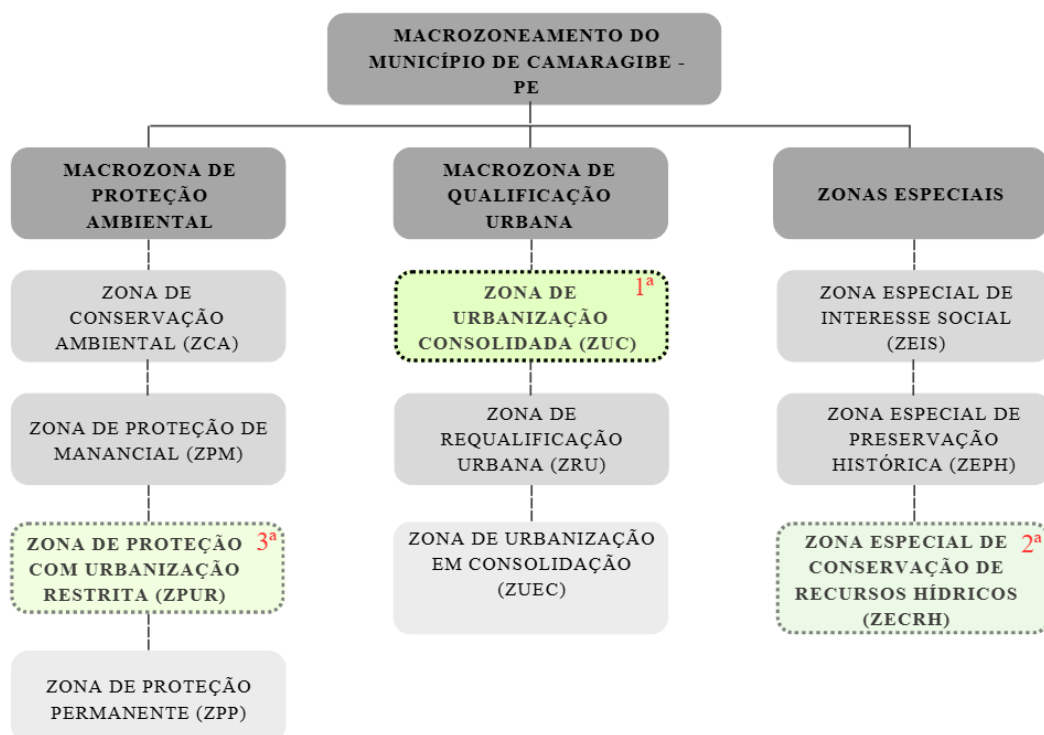


Figura 7. Zoneamento do município de Camaragibe, em Pernambuco, com destaque para as zonas prioritárias para a implementação de políticas públicas.

A predominância dessas zonas entre as áreas críticas reforça a constatação de que a vulnerabilidade ambiental em Camaragibe está fortemente associada à ocupação irregular de áreas ambientalmente sensíveis, fenômeno recorrente em municípios metropolitanos em rápida expansão (IPCC, 2023). Sob a ótica da gestão pública, os resultados indicam a necessidade de fortalecer os instrumentos de planejamento adaptativo local, alinhados às diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608, 2012) e da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187, 2009).

A priorização das zonas ZUC, ZECRH e ZPUR para ações de adaptação sugere que o município deve concentrar esforços em estratégias de conservação da ocupação das APP, a recuperação de cobertura vegetal e controle do uso e ocupação do solo, aliadas à ampliação de infraestrutura verde e drenagem sustentável — ações que convergem com as recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) e do Relatório Global de Adaptação (GCA, 2021), que enfatizam soluções baseadas na natureza e integração entre planejamento urbano e gestão ambiental.

Do ponto de vista metodológico, a aplicação do método híbrido MPSI-CoCoSo mostrou-se adequada para apoiar processos decisórios em contextos urbanos complexos, ao permitir a ponderação objetiva dos critérios e a integração de diferentes dimensões do risco. A articulação entre dados geoespaciais, métodos de apoio multicritério e ferramentas SIG contribui para a territorialização das políticas públicas de adaptação climática, oferecendo subsídios técnicos consistentes para a alocação prioritária de recursos. Além disso, reforça o potencial das técnicas de apoio à decisão espacial como ferramentas para aumentar a eficiência da governança ambiental (Dinotte et al., 2023; Wang et al., 2024).

Assim, os resultados reforçam que a vulnerabilidade ambiental em Camaragibe está diretamente relacionada à ocupação de áreas ambientalmente sensíveis e à insuficiência de instrumentos eficazes de controle do uso do solo. A priorização das zonas identificadas pelo modelo representa uma oportunidade estratégica para a implementação de ações integradas de mitigação e adaptação, alinhadas às diretrizes nacionais de proteção e defesa civil e às recomendações internacionais de resiliência urbana.

Destaca-se que é de suma importância que os gestores municipais, em conjunto com a comunidade local e demais atores sociais, tomem decisões estratégicas, elaborem e, posteriormente, implementem ações para conter e reverter o grau de degradação nas zonas supracitadas, mesmo sabendo que a tomada de decisão é complexa, como em demais locais do mundo, como, por

exemplo, em Luanda – Angola, como tratado por Castro & Reschilian (2020).

Certamente, as decisões estratégicas desempenham um papel importante para o êxito, especialmente em questões ambientais. A análise criteriosa do cenário visa garantir o entendimento para tomadas de decisão mais assertivas com o envolvimento de todos os atores sociais (Figura 8).



Figura 8. Mapa mental para decisões estratégicas. Fonte: os autores, 2026.

As decisões estratégicas tornam-se essenciais, visto que as ocorrências de eventos hidrológicos e geológicos extremos na área analisada se tornaram comuns, principalmente no

período chuvoso, ocasionando mortes, ferimentos, desalojamentos e perda de bens materiais (Figuras 9 e 10).



Figura 9. Inundação na Zona de Requalificação Urbana de Camaragibe, em Pernambuco.



Figura 10. Perda de bens materiais devido à inundação na Zona de Requalificação Urbana de Camaragibe, em Pernambuco.

Ressalta-se que as intervenções devem ser em caráter de urgência, a fim de evitar o registro de mais desastres e a redução das áreas verdes, buscando promover a justiça climática defendida por Torres et al. (2021). Nas áreas classificadas como de risco, são necessários ações efetivas e um acompanhamento mais minucioso, juntamente com ações de educação ambiental, com o objetivo de sensibilizar os moradores quanto à necessidade de preservação do local. Além disso, é importante analisar e monitorar outros fatores associados à mudança climática (Dellmuth & Gustafsson, 2021; Santos et al., 2022). As ocorrências, em sua maioria, foram registradas em locais onde o índice de urbanização é considerado intenso e as áreas verdes quase inexistentes.

Todavia, é importante destacar que este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A análise depende de dados oficiais fornecidos por órgãos governamentais, que podem estar sujeitos à subnotificação de eventos hidrológicos extremos. Além disso, a base territorial utilizada pode não refletir integralmente as mudanças recentes no uso e na ocupação do solo.

Ressalta-se, ainda, a ausência de indicadores socioeconômicos detalhados na modelagem, como renda, densidade populacional e condições habitacionais, que poderiam ampliar a compreensão da vulnerabilidade socioambiental. Dessa forma, os resultados devem ser entendidos como um instrumento de apoio à decisão, recomendando-se a incorporação de novas variáveis em estudos futuros para maior detalhamento analítico.

Conclusões

Ao final dos estudos, infere-se que o município de Camaragibe, em Pernambuco, requer políticas públicas urgentes voltadas à gestão de riscos, uma vez que apresenta áreas com elevado potencial de desastres socioambientais. Além disso, os resultados confirmam a hipótese de que o método híbrido MPSI-CoCoSo é capaz de hierarquizar zonas urbanas de forma objetiva e consistente para fins de priorização de políticas públicas, atendendo satisfatoriamente ao objetivo proposto na análise.

As três áreas identificadas como as mais vulneráveis requerem monitoramento contínuo e ações integradas do poder público, com foco na proteção da população local, na preservação ambiental e na adoção de estratégias de adaptação às mudanças climáticas. Recomenda-se que estudos futuros avaliem a efetividade das medidas

implementadas e a evolução das políticas de gestão de risco no âmbito municipal, bem como incorporem novas variáveis para obter maior precisão.

Destaca-se, ainda, a relevância da educação ambiental como instrumento fundamental para promover a conscientização das comunidades que habitam áreas suscetíveis, fortalecendo a capacidade de resposta e de prevenção diante de eventos extremos. Em síntese, a combinação de monitoramento sistemático, planejamento público eficiente, pesquisa contínua e formação cidadã constitui o caminho essencial para a construção de um território mais seguro, resiliente e sustentável em Camaragibe.

Referências

- Acevedo, G.C., Cebej, J., 2020. Concepción comunitaria de la educación ambiental para el enfrentamiento y adaptación al cambio climático. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, 25(1), 69-89. <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v25i1.9515>
- Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM). 2023. Relatório anual de planejamento territorial. <https://www.condepefidem.pe.gov.br/site/Site/Condepe/Pag/index.php>
- Alrasheedi, M., Mardani, A., Mishra, A.R., Streimikiene, D., Lião, H., Al-nefaie, A.H., 2021. Avaliando os indicadores de crescimento verde para alcançar o desenvolvimento sustentável: uma nova abordagem de solução de compromisso combinada fuzzy intuicionista com valores intervalares estendidos. *Desenvolvimento Sustentável*, 29, 120-142. <https://doi.org/10.1002/sd.2136>
- Brasil. Lei Complementar nº 426, de 3 de abril de 2020 (2020, 3 de abril). Altera a Lei Complementar nº 388, de 27 de abril de 2018, que regulamenta o disposto no § 3º do art. 25 da Constituição Federal, e a Lei Complementar 382, de 9 de fevereiro de 2018, que dispõe sobre a Região Metropolitana do Recife - RMR, para realocar o município de Goiana para a Zona da Mata Norte. <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponor=2&numero=426&complemento=0&ano=2020&tipo=&url=>
- Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências (Estatuto da Cidade). *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em:

- http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm. Acesso em: 17 jan. 2026.
- Brasil. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (2009, 30 de dezembro). Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm
- Brasil. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012 (2012, 11 de abril). Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 17 jan. 2026.
- Brasil. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Brasília, DF: MIDR, [2026]. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 17 fev. 2026.
- Camargo, A., Prieto, S., 2023. Fronteiras da fronteira sul: Entre (re)planejamento territorial e (re)distribuições populacionais. Argumentos - Revista do Departamento de Ciências Sociais da Unimontes, 20(2), 234-268. <https://doi.org/10.46551/issn.2527-2551v20n2p.234-268>
- Castro, J.C., Reschilian, P.R., 2020. Metropolização e planejamento territorial como perspectiva de desenvolvimento em Angola. Caderno Metropolitano, 22(49), 841-868. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4908>
- Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. (2010). CEMADEN: Monitoramento dos municípios. <http://www2.cemaden.gov.br/municipios-monitorados-2/>
- Chitula, G.M., Armindo, A.F., Cherinda, N., Ussene, L.R. 2024. Mapeamento de Ocorrência das Áreas Verdes como Indicadores da Qualidade Ambiental na Cidade da Beira-Moçambique. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, 5(3), e535059. <https://doi.org/10.47820/recima21.v5i3.5059>
- Dellmuth, L.M., Gustafsson, M.T., 2021. Governança global da adaptação: como as organizações intergovernamentais integram a adaptação às mudanças climáticas. Política Climática, 21(7), 868-883. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1927661>
- Dinotte, A.C.B.P., Silva, N.J., Silva, C.F. A., Silva, J.R., 2023. Interferência do avanço da urbanização no sistema hidrogeomorfológico na bacia do córrego cercadinho, Belo Horizonte, MG. Revista de Geografia, 40(2), 116137. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.256816>
- Ferreira, E.C., Cabral, J.J.S.P., Moraes, M.M.G. A., 2026. Modelagem hidrológica e otimização multiobjetivo para mitigação de inundações urbanas: uma abordagem baseada na fronteira de Pareto. Revista Brasileira de Geografia Física, 19(01), 033-047. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v19.01.p033-047>
- Gama, J.A. da S., Almeida, R.S. de, 2020. Salubridade ambiental do bairro Poeira, Marechal Deodoro/AL, Brasil. Diversitas Journal, 5(2), 1029-1041. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i2-1152>
- Giacomelli, L.V.Z., Fan, F.M., Scottá, F.C., 2023. Métodos para estimativa de limiares de inundação em grandes bacias. Revista de Gestão de Água da América Latina, 20(12). <https://doi.org/10.21168/rega.v20e12>
- Giacomelli, M., Rossi, L., Fernández, P., 2025. Climate neutrality and urban planning: State of the art and applications in European cities. Land Use Policy, 130, 106570. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106570>
- Gligorić, M., Gligorić, Z., Lutovac, S., Negovanović, M., Langović, Z., 2022. Novo modelo híbrido de tomada de decisão MPSI – MARA para seleção de sistema de suporte em uma mina subterrânea. Systems, 10(6), 248. <https://doi.org/10.3390/systems10060248>

- Global Center on Adaptation (GCA). (2021). Global adaptation report 2021. Global Center on Adaptation. <https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2021>
- Guerrero-hidalga, M., Martínez-gomariz, E., Evans, B., Webber, J., Termes-rifé, M., Russo, B., Locatelli, L., 2020. Methodology to Prioritize Climate Adaptation Measures in Urban Areas. Barcelona and Bristol Case Studies. *Sustainability*, 12(12), 4807. <https://doi.org/10.3390/su12124807>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)., 2022. Cidades. <https://cidades.ibge.gov.br/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023. Sixth Assessment Report: Synthesis report. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- Kurita, R.M., Teixeira, R.G., Simões, A.F., Rego, Y.T. da C., 2024. Desafios para implementação de estratégias e ações voltadas à adaptação climática: análise panorâmica global e um estudo de caso com foco na América Latina. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 17(10), e12031. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.10-413>
- Lahane, S., Kant, R., 2021. Uma estrutura híbrida pitagórica fuzzy AHP – CoCoSo para classificar os resultados de desempenho da cadeia de suprimentos circular devido à adoção de seus facilitadores. *Gestão de resíduos*, 130, 48-60.
- Lemos, M.C., Puga, B.P., Formiga-Johnsson, R.M., 2020. Building on adaptive capacity to extreme events in Brazil: water reform, participation, and climate information across four river basins. *Regional Environmental Change*, 20, 53. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01636-3>
- Lobo, J., et al., 2023. Integration of urban science and urban climate adaptation: Recognizing cities as social networks embedded in physical space. *Nature Urban Sustainability*, 3, 32. <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00113-0>
- Maheshwari, A., Smith, J., Lee, K., 2025. Actionable insights for equitable urban sustainability: Prioritizing both equity and sustainability in 15-minute city planning. *Nature Urban Sustainability*, 5, 63. <https://doi.org/10.1038/s42949-025-00238-4>
- Maniya, K.; Bhatt, M.G., 2010. A selection of material using a novel type decision-making method: Preference Selection Index Method. *Materials & Design*, 31, 1785-1789. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.11.020>
- Massarelli, C., Binetti, M.S., 2025. Melhorando a resiliência urbana por meio de uma abordagem de planejamento multicritério escalável. *Urban Science*, 9(8), 309. <https://doi.org/10.3390/urbansci9080309>
- Mendes, M.V.I., 2020. Mudança global do clima as cidades no Antropoceno: escalas, redes e tecnologias. *Cad. Metrop.*, 22, 48, 343-363. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4801>
- Mi, X.M., Liao, H., 2020. Investimentos em energias renováveis através de um método de solução de compromisso combinado com informação estocástica. *Revista de Produção Mais Limpa*, 276. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123351>
- Milhorange, C., Bursztyn, M., 2019. Climate adaptation and policy conflicts in the Brazilian Amazon: prospects for a Nexus+ approach. *Climatic Change*, 155(2). 2019. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02456-z>
- Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), 2022. Caderno GIRD 10. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protacao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10_.pdf
- Nowak, M.J., Papadopoulos, A., Silva, F., 2023. Spatial planning response to the challenges of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10431. <https://doi.org/10.3390/su151310431>
- Prado, H.A., Rodrigues, H., Manes, S.; Kasecker, T., Vale, M.M., Scarano, F.R., Pires, A.P.F., 2024. Designing nature to be a solution for climate change in cities: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 954, 176735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176735>
- Queiroga, A.A., Filgueira, H.J.A., Cunico, C., 2024. Correlação entre Crescimento Urbano e Áreas Sujeitas a Inundação no Município de João Pessoa-PB. *Caminhos de Geografia*, 25(98), 284-302. <https://doi.org/10.14393/RCG259869966>
- Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill. 342p.
- Santos, M.I., Carvalho, R.M.C.M.O. de, Sobral, M. do C.M., Lyra, M.R.C.C., Silva, H.P. da., 2022. Adaptação aos impactos das mudanças climáticas na perspectiva do plano diretor da cidade do Recife. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 23, e202140. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202140pt>
- Sarnoski, J.G., Zakrzewski, S.B.B., 2022. Percepções da liderança comunitária da região norte do Rio Grande do Sul sobre as mudanças

- climáticas. (2022). Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, 11(5), 49811528351. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28351>
- Seleguim, F.B., Weins, N.W., Gutierrez, E.P., Soeira, M.R.C., Nichi, J., Ferreira, L.C., 2024. Nature-based solutions to adapt to local climate change in Brazilian cities. Brazilian Political Science Review, 18(1), e0008. <https://doi.org/10.1590/1981-3821202400010004>
- Silva Junior, M.A.B., Cabral, J.J.S.P., Fonseca Neto, G.C., Silva, P.O., Guerra, C.M.F., Silva, S.R. da, 2020. Desafios para a adaptação da infraestrutura de drenagem urbana em cenário de mudança do clima no Recife-PE. Journal of Environmental Analysis and Progress, 5(3), 302-318. <https://doi.org/10.24221/jeap.5.3.2020.3025.302-318>
- Tadi, M., Zadeh, H.M., Toussi, H.E., 2025. Transforming vulnerable urban areas: An IMM-driven assessment of nature-based solutions in Rio de Janeiro. Urban Sci., 9(9), 339. <https://doi.org/10.3390/urbansci9090339>
- Torres, P.H.C., Urbinatti, A.M., Gomes, C., Schmidt, L., Leonel, A.L., Momm, S., Jacobi, J. R., 2021. Justiça climática e as estratégias de adaptação às mudanças climáticas no Brasil e em Portugal. Estudos avançados, 35(102). <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.010>
- Wang, Q., Cheng, T., Lü, Y., Liu, H., Zhang, R., Huang, J., 2024. Underground Mine Safety and Health: A Hybrid MEREC-CoCoSo System for the Selection of Best Sensor. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 24, 1285. <https://doi.org/10.3390/s24041285>
- Yazdani, M., Zarate, P., kazimieras, Zavadskas, E., Turskis, Z., 2019. Um método de solução de compromisso combinado (CoCoSo) para problemas de tomada de decisão multicritério. Decisão de Gestão, 57(9), 2501-2519.
- Zeleny, M., 1973. "Compromise programming", in Cochrane, J.L. and Zeleny, M. (Eds), Multiple Criteria Decision Making, University of South Carolina Press, Columbia, SC, pp. 262-301.