



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PEDRO LIRA COUTO NEVES

**GERENCIAMENTO DE RISCOS EM INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: Uma
Revisão Sistemática da Literatura sobre abordagens para prevenção e
mitigação de impactos econômicos**

Recife

2025

PEDRO LIRA COUTO NEVES

**GERENCIAMENTO DE RISCOS EM INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: Uma
Revisão Sistemática da Literatura sobre abordagens para prevenção e
mitigação de impactos econômicos**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do grau em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof Dr. Marcelo Hazin Alencar

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Neves, Pedro Lira Couto.

Gerenciamento de riscos em inundações em áreas urbanas: Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre abordagens para prevenção e mitigação de impactos econômicos / Pedro Lira Couto Neves. - Recife, 2025.

72 : il., tab.

Orientador(a): Marcelo Hazin Alencar

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Produção - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Inundação. 2. Gerenciamento de riscos. 3. Áreas urbanas. 4. Impactos econômicos. I. Alencar, Marcelo Hazin. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, o centro e fundamento de tudo em minha vida, por renovar minha força e disposição a cada momento, concedendo-me discernimento ao longo desta jornada e iluminando minhas decisões, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, Karla e José Jobson, pelo incentivo constante ao meu desenvolvimento, pelo amor incondicional e por serem meu porto seguro em todas as fases da minha vida.

Ao Laboratório de pesquisa REASON, onde tive a oportunidade de me envolver em pesquisas desafiadoras e aprender com colegas e professores. Essa vivência contribuiu imensamente para meu crescimento e experiência dentro da universidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Hazin Alencar, por sua paciência, dedicação e incentivo ao longo deste trabalho. Suas orientações foram fundamentais para aprimorar minha pesquisa e me desafiar a buscar sempre mais.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da UFPE, por todo o conhecimento transmitido e pelo apoio durante minha formação. Aos meus amigos, pela parceria, apoio e pelos momentos de descontração que tornaram essa caminhada mais leve.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista. Cada aprendizado, desafio superado e experiência vivida nesta jornada serão levados comigo para sempre.

RESUMO

O gerenciamento de riscos de inundações urbanas tem se tornado uma preocupação cada vez maior devido à intensificação da sua frequência, magnitude e seus impactos econômicos significativos, exigindo abordagens preventivas e mitigatórias mais eficazes. A necessidade de estratégias integradas impulsionou pesquisas sobre medidas capazes de reduzir os danos financeiros causados por esses desastres. Nesse sentido, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar e sintetizar as principais abordagens de gerenciamento de risco de inundações voltadas à prevenção e mitigação de impactos econômicos, analisando sua evolução ao longo do tempo e avaliando as tendências e metodologias aplicadas ao tema. Para tanto, constatou-se que as medidas estruturais, como diques e sistemas de drenagem, continuam sendo amplamente empregadas devido à sua capacidade de oferecer soluções imediatas, enquanto alternativas inovadoras, como infraestrutura verde e azul, enfrentam desafios relacionados à governança e à integração com sistemas existentes. Por outro lado, medidas não estruturais, como planejamento urbano, avaliação de risco e sistemas de alerta precoce, demonstraram uma ampla adoção e consolidaram-se como fundamentais para reduzir os impactos econômicos das inundações. Além disso, a análise das ferramentas utilizadas evidenciou o papel central dos Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e da Modelagem de Risco em Inundação, além do crescimento recente do uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina para previsões mais precisas. A predominância de abordagens metodológicas mistas nos estudos analisados sugere a necessidade de integrar análises quantitativas e qualitativas para proporcionar uma compreensão mais abrangente dos riscos e impactos das inundações. Os achados indicam uma tendência crescente de adoção de estratégias integradas e uso de tecnologias emergentes na gestão do risco, com destaque para os anos de 2023 e 2024. Esses resultados podem subsidiar pesquisadores no aprofundamento das abordagens existentes, bem como orientar formuladores de políticas públicas na construção de ações mais eficazes e sustentáveis de prevenção e mitigação de inundações em áreas urbanas.

Palavras-chave: Inundação. Gerenciamento de riscos. Áreas urbanas. Impactos econômicos.

ABSTRACT

Urban flood risk management has become an increasingly pressing concern due to the intensification of its frequency, magnitude, and significant economic impacts, demanding more effective preventive and mitigating approaches. The need for integrated strategies has driven research on measures capable of reducing the financial damage caused by these disasters. In this context, a Systematic Literature Review (SLR) was conducted to identify and synthesize the main flood risk management approaches focused on preventing and mitigating economic impacts, analyzing their evolution over time and assessing the trends and methodologies applied to the topic. The findings indicate that structural measures, such as levees and drainage systems, continue to be widely employed due to their ability to provide immediate solutions, while innovative alternatives, such as green and blue infrastructure, face challenges related to governance and integration with existing systems. On the other hand, non-structural measures, such as urban planning, risk assessment, and early warning systems, have demonstrated widespread adoption and have proven fundamental in reducing the economic impacts of floods. Furthermore, the analysis of applied tools highlighted the central role of Geographic Information Systems (GIS) and Flood Risk Modeling, as well as the recent growth in the use of artificial intelligence and machine learning for more accurate predictions. The predominance of mixed methodological approaches in the analyzed studies suggests the need to integrate quantitative and qualitative analyses to provide a more comprehensive understanding of flood risks and impacts. The findings indicate a growing trend in adopting integrated strategies and emerging technologies in risk management, especially in the years 2023 and 2024. These results may support researchers in deepening existing approaches and guide policymakers in designing more effective and sustainable actions for flood prevention and mitigation in urban areas.

Keywords: Flood. Risk management. Urban areas. Economic impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 2.1 – Processo de avaliação de riscos</i>	17
<i>Figura 2.2 – Tendência de desastres naturais no mundo</i>	19
<i>Figura 2.3 – Perdas econômicas</i>	20
<i>Figura 2.4 – Tipos de medida para redução de risco</i>	21
<i>Figura 3.1 – Frequência de palavras-chave</i>	29
<i>Figura 3.2 – Gráfico de rede</i>	30
<i>Figura 3.3 – Fluxograma do processo de seleção de artigos</i>	33
<i>Figura 4.1 – Mapa de calor da estratégia pelo ano de publicação</i>	36
<i>Figura 4.2 – Mapa de calor das medidas estruturais pelo ano de publicação</i>	41
<i>Figura 4.3 – Mapa de calor das medidas não estruturais pelo ano de publicação</i>	43
<i>Figura 4.4 – Frequência de Uso das Ferramentas/Metodologias</i>	45
<i>Figura 4.5 – Mapa de Calor das Ferramentas/Metodologias por ano de publicação</i>	46
<i>Figura 4.6 – Mapa de Calor da abordagem por ano de publicação</i>	47

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1 – Tabela de palavras-chave da pesquisa</i>	31
<i>Tabela 4.1 – Referências por ano de publicação</i>	35
<i>Tabela 4.2 – Definição dos Clusters das Medidas Estruturais</i>	39
<i>Tabela 4.3 – Definição dos Clusters das Medidas Não Estruturais</i>	41
<i>Tabela 4.4 – Descrição das categorias das Ferramentas/Metodologias</i>	45
<i>Tabela 4.5 – Síntese dos Resultados</i>	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA	15
2.1 RISCO	15
2.2 GERENCIAMENTO DE RISCOS	16
2.3 GERENCIAMENTO DE RISCOS: UM ENFOQUE EM INUNDAÇÕES URBANAS ..	18
3 METODOLOGIA	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO E ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA	23
3.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)	24
3.3 RAZÕES PARA A REVISÃO.....	26
3.3.1 Fundamentação das razões para revisão	26
3.3.2 Fundamentação da RSL para o contexto da pesquisa	26
3.4 PROTOCOLO DA REVISÃO	27
3.5 CONDUÇÃO DA REVISÃO	28
3.5.1 Estudo Preliminar para Definição de Palavras-chave	28
3.5.2 Filtragem de Artigos	31
3.5.3 Extração dos dados	33
3.5.4 Sintetizando Dados	33
3.5.5 Encerramento da Revisão	34
3.6 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 FREQUÊNCIA DE ESTRATÉGIA POR ANO DE PUBLICAÇÃO	35
4.2 CATEGORIZAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS	36
4.2.1 Clusters das Medidas Estruturais	37
4.2.1.1 Infraestrutura de Drenagem e Controle de Enchentes	37

4.2.1.2 Estratégias para Infraestrutura e Planejamento Urbano	38
4.2.1.3 Infraestrutura Verde e Azul	38
4.2.2 Clusters das Medidas Não Estruturais	39
4.2.2.1 Planejamento, Avaliação de Riscos e Alerta Precoce	39
4.2.2.2 Tecnologias baseadas em IA e Modelagem Preditiva	40
4.3 FREQUÊNCIA DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS.....	41
4.4 FREQUÊNCIA DAS MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	43
4.5 ANÁLISE DAS FERRAMENTAS E METODOLOGIAS EXTRAÍDAS.....	44
4.6 FREQUÊNCIA DE ABORDAGEM UTILIZADA	47
4.7 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	47
4.7.1 Síntese dos Resultados	48
5 CONCLUSÃO.....	50
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais têm assumido uma posição de destaque nas agendas governamentais, nas comunidades internacionais e no meio científico devido ao aumento da sua frequência e magnitude. A preocupação dos governos e agências de gestão de emergências em desenvolver estratégias eficazes para lidar com os impactos desses eventos, que podem variar desde riscos geológicos devastadores, como terremotos, tsunamis e deslizamentos de terra, a riscos hidrometeorológicos, como tempestades, furacões, tornados, ventos, inundações e temperaturas extremas, vem aumentando gradativamente.

Segundo dados do *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2024), em 2023 foram registrados 399 desastres naturais, resultando em 86.473 mortes, número superior à média dos últimos 20 anos de 64.148 mortes. Esses eventos afetaram 93,1 milhões de pessoas, com danos materiais extensos, interrupção de serviços essenciais e impactos de longo prazo na saúde física e mental das comunidades afetadas. Do ponto de vista de perdas econômicas, o EM-DAT registrou uma média anual de US\$ 196,3 bilhões entre 2003 e 2022, enquanto em 2023 esse valor aumentou para US\$ 202,7 bilhões, reforçando a urgência de ampliar os esforços globais no enfrentamento dos desastres naturais.

No contexto hidrológico, as inundações representam um dos desastres naturais mais recorrentes e com maiores impactos do mundo. De acordo com o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED, 2024), esses eventos representam aproximadamente 46,07% de todos os desastres naturais registrados mundialmente, reforçando a necessidade de estratégias eficazes para mitigar seus efeitos. Sua complexidade é agravada pela intensificação das mudanças climáticas e do crescimento urbano desordenado, fazendo do gerenciamento de risco de inundações um aspecto fundamental para garantir a resiliência das cidades (DA SILVA; ALENCAR; DE ALMEIDA, 2022).

A adoção de abordagens preventivas e mitigatórias contribui para reduzir os impactos advindos das inundações e evitar colapsos financeiros em setores públicos e privados. Nesse sentido, a incorporação de medidas, ferramentas e metodologias possibilitam, através do gerenciamento de riscos, avaliar vulnerabilidades, prever cenários e estruturar medidas que minimizem ou eliminem os impactos (CHITSAZ; BANIHABIB, 2015).

Entre os diversos impactos causados pelas inundações urbanas, os prejuízos financeiros se destacam como um dos mais expressivos e duradouros. De acordo com o relatório do CRED (2024), entre os anos de 2003 e 2023, as inundações representaram aproximadamente 20,4% de todas as perdas econômicas associadas a desastres naturais registrados nesse período. Apesar de também resultarem em danos ambientais, riscos à saúde e desafios sociais, esses eventos têm

efeitos econômicos que impactam diretamente a infraestrutura, o setor produtivo e o orçamento público, tornando a recuperação um processo longo e custoso. A deterioração de edificações, o comprometimento da mobilidade e os prejuízos em áreas afetadas geram perdas significativas, afetando não apenas a gestão pública, mas também indivíduos, empresas e a economia local como um todo.

O gerenciamento de riscos em inundações urbanas requer respostas e abordagens que vão além de respostas emergenciais aos eventos extremos, incorporando planejamento e abordagens integradas. Isso demanda a articulação entre políticas públicas, inovação tecnológica, planejamento financeiro, territorial e a participação colaborativa dos *stakeholders*, assegurando não apenas a mitigação dos eventos adversos, mas também a sustentabilidade e qualidade de vida nos centros urbanos. Além disso, a compreensão dos padrões de risco e medidas utilizadas ao longo do tempo é fundamental para guiar e orientar as agências globais nas práticas de gestão de desastres, desenvolvimento de planos que auxiliem a análise de risco, a utilização de ferramentas e metodologias que proporcionarão uma maior capacidade de resposta.

Dessa forma, torna-se evidente a relevância de aprofundar o estudo desse fenômeno meteorológico, pois, apesar de sua baixa probabilidade de ocorrência, as inundações geram impactos expressivos e complexos na economia. A adoção de abordagens integradas no gerenciamento de risco é fundamental para prevenir e mitigar essas perdas financeiras, promovendo um planejamento urbano mais resiliente e eficiente. Ao direcionar esforços no estudo dessas abordagens, busca-se não somente minimizar os prejuízos imediatos, mas também identificar e mapear as soluções existentes, destacando caminhos promissores que possam ser adotados por gestores públicos, pesquisadores e demais interessados no tema.

1.1 Justificativa e Relevância

As inundações figuram entre os desastres naturais mais frequentes e devastadores, com impactos significativos sobre a infraestrutura urbana, o funcionamento dos sistemas produtivos, o orçamento público e a mobilidade das cidades. A intensificação dos eventos extremos, impulsionada pelas mudanças climáticas e pela urbanização acelerada, tem ampliado esses desafios, exigindo estratégias robustas de gerenciamento de riscos.

Embora as inundações urbanas causem diversos tipos de impactos, as consequências econômicas decorrentes desse evento representam um dos aspectos mais expressivos e duradouros, pois afetam não apenas a infraestrutura física, mas também o funcionamento do setor produtivo, o orçamento público e a mobilidade urbana. Conforme destacado por Sedighi et al. (2021), o gerenciamento de riscos de inundações tem sido predominantemente pautado pela análise das perdas diretas de propriedades e infraestruturas, sendo um fator determinante

para decisões de investimento em mitigação por parte de agências governamentais. No entanto, eventos recentes demonstram que os impactos econômicos vão além das perdas diretas e envolvem custos elevados de recuperação, interrupções prolongadas em setores produtivos e impactos indiretos sobre o crescimento econômico.

A gravidade dos efeitos desses impactos ficou evidente de forma alarmante na série de enchentes que atingiu o estado do Rio Grande do Sul, no Brasil, em 2024, onde 418 dos 497 municípios foram impactados, resultando em prejuízos estimados em aproximadamente US\$ 3,7 bilhões e no deslocamento de 580 mil pessoas. A pesquisa de Rückert, Vicente e Gomes (2024) relata e analisa as causas e consequências dessa tragédia climática, destacando que as inundações resultaram de um acúmulo de fatores, incluindo a intensificação das mudanças climáticas, a expansão urbana desordenada e a vulnerabilidade da infraestrutura hídrica do estado.

Os autores também destacam como a falta de investimentos em medidas preventivas e ausência de uma política integrada de gerenciamento de riscos contribuíram para a severidade dos danos. Além disso, ressaltam a insuficiência de sistemas de defesa contra inundações, fator que ampliou os prejuízos e reforçou a necessidade de mudanças estruturais na forma que esses desastres são gerenciados no Brasil. Para isso, os autores defendem que é essencial adotar estratégias de prevenção mais robustas e integradas, melhorando o planejamento urbano e a governança climática e hídrica do país.

Os altos valores para recuperação diante de eventos de inundação refletem a magnitude dos danos econômicos e a necessidade de ampliar a compreensão sobre as abordagens existentes para minimizar suas consequências. Além disso, estudos como o de Zhang et al. (2021) reforçam essa necessidade ao destacar a importância de metodologias avançadas para avaliar estratégias de redução de danos e medidas de alívio pós-desastres, utilizando dados de sensoriamento remoto e análise espacial para subsidiar estratégias de gestão de risco mais eficazes.

A elevada frequência e a magnitude de eventos extremos demonstram a necessidade de aprimorar estratégias para minimizar seus impactos financeiros, especialmente os prejuízos econômicos decorrentes das inundações. Diante do exposto, este estudo se justifica por sua relevância significativa para a sociedade, bem como para agências públicas e privadas envolvidas na gestão de emergências e no planejamento urbano. Ao realizar uma varredura na literatura através de uma revisão sistemática, o estudo busca investigar as abordagens aplicadas para prevenir e mitigar os prejuízos econômicos decorrentes desses desastres, permitindo estratégias capazes de subsidiar a formulação de políticas públicas, orientar a alocação de recursos e fortalecer a resiliência econômica das regiões afetadas.

1.2 Objetivos

Este item tem como propósito expor o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é identificar e analisar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), as principais abordagens de gerenciamento de risco de inundações em áreas urbanas voltadas para a prevenção e mitigação de impactos econômicos. Dessa forma, busca-se compreender a evolução dessas abordagens e contribuir para futuras pesquisas na área.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Sintetizar as principais abordagens de gerenciamento de risco de inundações urbanas voltadas à prevenção e mitigação de impactos econômicos, com base nos resultados da Revisão Sistemática da Literatura.
- Analisar a evolução das abordagens de gerenciamento de risco de inundações em áreas urbanas, identificando tendências e mudanças ao longo do tempo;
- Identificar e classificar as principais ferramentas, medidas e estratégias de prevenção e mitigação de inundações urbanas, considerando diferentes abordagens adotadas nos estudos acadêmicos.
- Destacar e discutir os achados, apresentando *insights* sobre lacunas, desafios e oportunidades sobre as abordagens identificadas.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este item tem a finalidade de expor de maneira clara e sequencial a estrutura e organização deste trabalho, que está dividido em cinco capítulos, cada um abordando aspectos fundamentais para a compreensão do tema. No primeiro capítulo, são apresentados a justificativa e a relevância da pesquisa, tal como seus objetivos, estabelecendo as bases e questionamentos que sustentam a investigação proposta nesta revisão sistemática da literatura.

O segundo capítulo traz uma fundamentação teórica sobre os conceitos essenciais ao tema. São exploradas definições e conceitos extraídos da literatura sobre riscos, gerenciamento de riscos e, mais especificamente, o gerenciamento de riscos em inundações urbanas. Este último, discute perdas econômicas associadas a esses eventos e define termos importantes, como medidas estruturais e não estruturais. Em seguida, o terceiro capítulo se dedica à metodologia empregada no estudo, apresentando a abordagem utilizada na revisão da literatura,

bem como o seu planejamento e protocolo adotado para a extração e análise das referências resultantes.

No quarto capítulo, é relatado os resultados obtidos da extração e síntese dos dados realizados no protocolo da revisão. A seção estrutura de forma detalhada a análise, discutindo os principais resultados, permitindo uma reflexão dos aspectos investigados, buscando estar alinhada com os objetivos do trabalho.

Finalmente, o quinto capítulo realiza um recorte temporal do trabalho, ressaltando as contribuições, limitações e considerações possíveis para direcionar pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a base conceitual que orientará este trabalho. O item 2.1 trata os fundamentos de riscos. Em seguida, o item 2.2 trata especificadamente do gerenciamento de riscos, explorando suas principais definições e dimensões. Por fim, o item 2.3 aborda o gerenciamento de riscos com ênfase em inundações urbanas e os efeitos econômicos decorrentes desses eventos.

2.1 Risco

A definição de risco é um tema amplamente discutido na literatura, sendo abordado sob diferentes perspectivas. Gitman (2010) descreve risco como as possibilidades de prejuízos acarretados por diversos fatores organizacionais, tanto internos como externos. Os autores de Jüttner et al. (2003) complementam essa descrição ao definir risco como a variação na distribuição dos possíveis resultados, suas probabilidades e seus valores subjetivos, ressaltando que sua interpretação pode ser influenciada por diferentes fatores.

No campo da gestão e engenharia de riscos, Kerzner (2013) enfatiza que o risco está diretamente ligado à incerteza dos eventos que possam ocorrer no futuro, sendo um fator crítico para o planejamento estratégico e a tomada de decisão. Além disso, Theodore e Dupont (2012) associam o risco a uma medida financeira ou danos às pessoas, considerando tanto a probabilidade de ocorrência quanto a magnitude do impacto.

O autor Aven (2010) ainda expõe algumas definições para risco, consolidando a sua definição como a combinação entre um evento, suas consequências e suas probabilidades (ou incertezas). Além disso, outro ponto importante discutido pelo mesmo autor é a distinção entre risco e incerteza. De acordo com a sua pesquisa, o risco, em termos gerais, pode ser quantificado com base nas probabilidades conhecidas, enquanto a incerteza está relacionada à falta de conhecimento de eventos futuros, dificultando a sua previsão e controle. Essa distinção é fundamental para entender o conceito de vulnerabilidade. Segundo a *Society for Risk Analysis Glossary* (2018), a vulnerabilidade se refere ao grau em que o sistema é afetado por uma fonte de risco e a sua capacidade de suportar cargas específicas, refletindo a incerteza e a gravidade das consequências condicionadas à ocorrência do risco.

Para de Almeida et al (2015), embora existam na literatura várias definições do termo risco, o conceito básico está associado com a incerteza em um ambiente, sendo também relacionado com a probabilidade da ocorrência de um evento indesejável e do impacto de suas consequências.

Observa-se que, em todas as definições de riscos analisadas, há um ponto em comum: o conceito de risco é constituído em uma função de eventos (ou cenários), consequências (resultados) e probabilidades. Nesse contexto, as incertezas são expressas através das probabilidades, e a severidade é um modo de caracterizar as consequências (Nascimento & Alencar, 2016).

No contexto da pesquisa sobre a redução de riscos naturais e desastres, é fundamental entender que o risco resulta da interação entre um perigo (como inundações, furacões ou terremotos) e a vulnerabilidade do sistema ou elemento exposto, considerando também a probabilidade de ocorrência desses fenômenos (Birkmann, 2013). Esse conceito de risco é essencial também nas discussões sobre mudanças climáticas. De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do IPCC, o risco refere-se ao potencial de consequências adversas para sistemas humanos ou ecológicos, considerando a diversidade de valores e objetivos a eles associados. No âmbito das mudanças climáticas, os riscos resultam da interação dinâmica entre perigos climáticos, exposição e vulnerabilidade dos sistemas afetados (IPCC, 2022).

2.2 Gerenciamento de Riscos

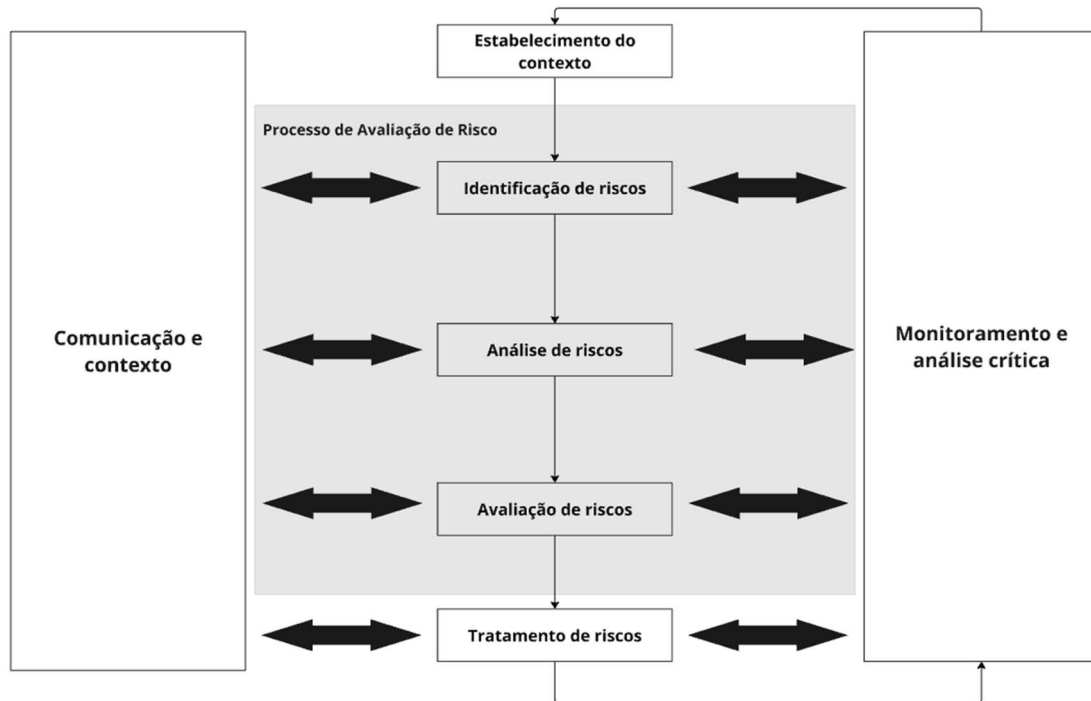
O gerenciamento de risco é um processo sistemático utilizado para identificar, analisar e tratar os riscos em diferentes contextos. De acordo com UNISDR (2009), esse processo envolve a aplicação de diretrizes, a organização e realização de atividades operacionais e ilustrativas, com o objetivo de implementar estratégias e melhorar a capacidade de resposta, visando os impactos negativos de perigos associados a eventos indesejáveis. Segundo Crozier e Glade (2005), o gerenciamento de risco é o processo de desenvolvimento e aplicação de políticas, procedimentos e práticas para as tarefas de avaliação, monitoramento, comunicação e tratamentos dos riscos.

Como destaca a ISO 31000, o gerenciamento de risco é fundamental tanto para organizações privadas quanto públicas, devendo ser integrado a todos os níveis de decisão e processo. A norma enfatiza que o risco não deve ser gerenciado de forma isolada, mas sim em um processo contínuo, com uma abordagem sistemática, flexível e adaptável, sendo aplicada em todas as fases de planejamento a execução das atividades (ABNT NBR ISO 31000, 2018).

Conforme as diretrizes da norma, o gerenciamento de riscos segue um processo cíclico e estruturado, tendo como finalidade auxiliar organizações e comunidades a lidarem de forma sistemática com as incertezas inerentes a diversas atividades, possibilitando que a gestão dos riscos seja continuamente revisada, aprimorada e aplicada de maneira eficiente e consistente. Segundo a ISO 31000 (2018), esse processo cíclico e estruturado, descrito na Figura 2.1, deve ser “um processo integrado à governança das organizações”, prevenindo ou mitigando perigos

através da avaliação constante e ajustada das condições e dos comportamentos dos riscos (ABNT NBR ISO 31000, 2018).

Figura 2.1 - Processo de avaliação de riscos



Fonte: Adaptado da ISO 31000 (2018)

Além disso, a norma enfatiza a importância da comunicação eficaz e do envolvimento das partes interessadas diante dos riscos. Tal abordagem é essencial para o sucesso do gerenciamento dos riscos, especialmente diante de desastres naturais, onde a coordenação entre diferentes setores e a conscientização da comunidade local são fundamentais para redução de danos tanto materiais quanto sociais.

Para os autores de Almeida et al. (2015), o gerenciamento de desastres naturais é uma atividade bastante complexa, não sendo apenas uma questão do número de pessoas mortas ou feridas, pois dependendo da escala do desastre natural e do seu impacto na sociedade, incorporam-se outros pontos na análise como a questão da segurança, saúde pública, migração da população, estimativa de custos, planejamento público e aspectos ambientais. No caso do risco em inundações, os mesmos autores adicionam uma série de complexidades ao evento como as escalas espaciais como o intervalo de tempo entre a ocorrência de um evento, a vulnerabilidade social e seus aspectos psicológicos, dentre eles, ansiedade, depressão e transtorno de estresse pós-traumático (TEPT), e conflitos de interesses são alguns dos pontos a serem analisados no caso da ocorrência deste desastre natural.

No campo do gerenciamento de riscos, destacam-se conceitos como prevenção, mitigação, eliminação e compartilhamento dos riscos. De acordo com a *Society for Risk Analysis Glossary* (2018), a prevenção abrange um conjunto de ações que procuram impedir ou reduzir de maneira significativa a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado, com efeito que nenhum dos alvos seja impactado pela origem do risco. Em projetos de infraestrutura, por exemplo, a realização de estudos para procedimentos de segurança e realização de notas e estudos técnicos prévios podem diminuir a chance de incidentes críticos. A mitigação, por outro lado, concentra seus esforços em buscar atenuar os impactos adversos quando não é possível evitar totalmente o risco (BRASIL, 2010). Para isso, um exemplo é a adoção de medidas como a instalação de sistemas de drenagem em áreas sujeitas a inundações.

Já a eliminação do risco, segundo Hubbard (2020), ocorre quando a exposição à ameaça é totalmente removida ou quando a sua causa subjacente é efetivamente neutralizada. Tal estratégia costuma ser viável em situações específicas, onde é possível realocar processos críticos ou substituir etapas ou escolhas de alto risco por alternativas seguras. Finalmente, o compartilhamento de riscos, também referido na literatura como “transferência” ou “distribuição”, envolve dividir ou repassar parte da responsabilidade de possíveis ganhos ou perdas associadas a um evento para outros agentes (*Society for Risk Analysis Glossary*, 2018). Em suma, a escolha da estratégia mais adequada dependerá do risco analisado, dos recursos disponíveis e do objetivo de cada projeto ou instituição. Em muitos casos, combinar diferentes estratégias e abordagens pode ser a maneira mais eficaz de lidar com as incertezas e minimizar os possíveis prejuízos.

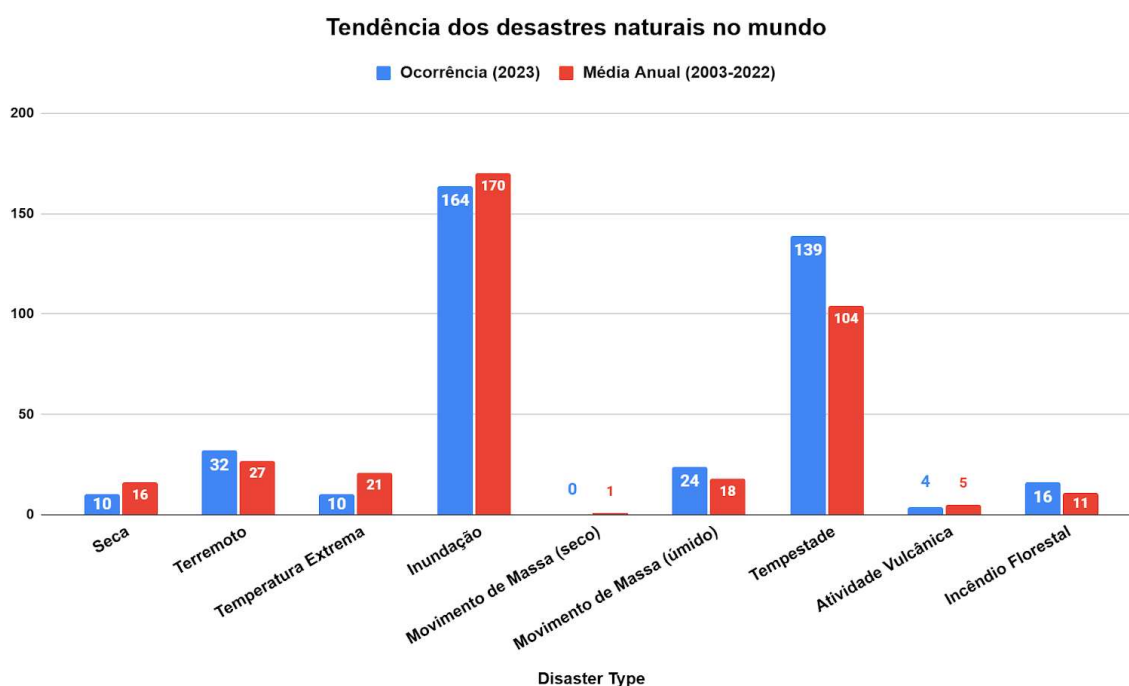
2.3 Gerenciamento de Riscos: Um enfoque em inundações urbanas

Os riscos hidrológicos englobam uma série de eventos que podem causar danos significativos tanto em áreas urbanas quanto rurais. Entre os principais riscos hidrológicos estão as inundações, fenômenos naturais que resultam do extravasamento de corpos d’água durante períodos de cheia, ocorrendo regularmente como parte do ciclo hidrológico, e os alagamentos, por sua vez, frequentemente associados a falhas no sistema de drenagem urbana (MIGUEZ; GREGORIO; VEROL, 2018). Diante dos termos relacionados aos riscos hidrológicos, é necessário esclarecer a diferença de cada um para afirmar o contexto abordado neste estudo. Embora expressões como “alagamento”, “cheia”, “enchentes” e “inundação” sejam amplamente utilizadas no cotidiano e meio técnico com eventual suposição de suas definições, de fato, representam aspectos hidrológicos distintos (MIGUEZ; GREGORIO; VEROL, 2018). As inundações, de acordo com o Glossário da Defesa Civil, tratam-se do extravasamento da

vazão de rios, mares, lagos e açudes para além de suas calhas normais, ocupando áreas não habitualmente submersas (planície de inundação) (BRASIL, 2010).

As estatísticas indicam um crescimento expressivo na ocorrência de eventos hidrológicos, com as inundações se destacando entre os desastres naturais mais frequentes. O gráfico de tendência dos desastres naturais, extraído e adaptado do EM-DAT (2023), está ilustrado na Figura 2.2. É evidente que, embora o número de ocorrências tenha diminuído da média anual entre os anos de 2003 a 2022, as inundações ainda representam no ano de 2023 o desastre natural mais frequente reportado.

Figura 2.2 - Tendência de desastres naturais no mundo



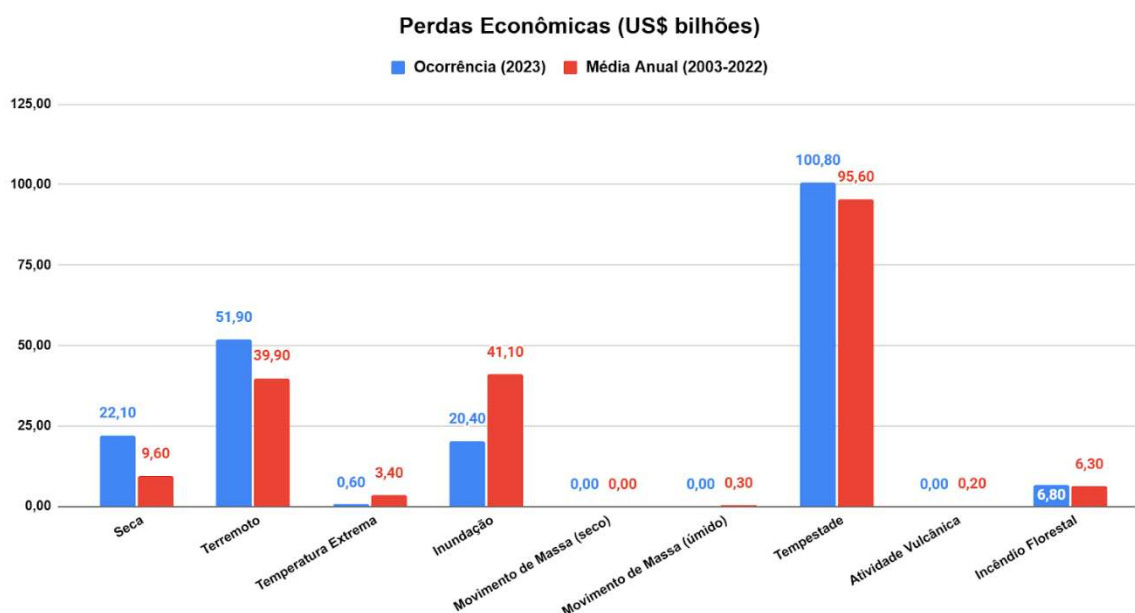
Fonte: Adaptado de EM-DAT (2023)

O gerenciamento de riscos em inundações está fortemente associado à presença de um ambiente socioeconômico vulnerável, pois não há risco de inundação em áreas de várzeas sem ocupação e em condições naturais. Contudo, em áreas urbanas, as inundações geralmente são extremamente críticas devido à vulnerabilidade das cidades quando expostas a esses tipos de eventos. O processo de urbanização influencia diretamente o risco de inundações, pois a remoção da vegetação para a construção, a regularização e impermeabilização do solo sobrecarregam as redes de drenagem, sobretudo em cidades com falhas em seus sistemas de drenagem, agravados pela rápida urbanização e estrutura inadequada de escoamento.

Portanto, a relação entre urbanização e gerenciamento de riscos de inundações é essencial para planejar e implementar sistemas de drenagem, políticas do uso sustentável do solo e abordagens eficientes. Visando prevenir e mitigar os impactos em ambientes urbanos, o custo para reduzir a vulnerabilidade é incomparável com os prejuízos causados por desastres, como assistência humanitária e reconstruções, que muitas vezes poderiam ter sido evitados com medidas simples. Para Merz et al. (2010), as consequências das inundações podem ser, em geral, classificadas em impactos diretos e indiretos. As consequências diretas estão relacionadas à área e ao momento do evento de inundação, enquanto as consequências indiretas geralmente ocorrem fora da área afetada ou em um período posterior ao evento (HUMBERTO, 2020). Além disso, ambos os tipos de consequências podem ser tangíveis, quando possuem um impacto de valor econômico mensurável, ou intangíveis, quando envolvem danos difíceis de quantificar financeiramente, como perdas culturais ou impactos psicológicos (DE MOEL et al., 2015).

A Figura 2.3, extraída e adaptada do EM-DAT (2023), ilustra as perdas econômicas em bilhões de dólares provenientes dos desastres naturais, fazendo uma comparação entre os dados do ano de 2023 e a média dos anos de 2003 a 2022. A figura demonstra que as inundações, ao longo do período analisado, representam uma parcela considerável das perdas econômicas, e continuam a ser um dos principais responsáveis por esses impactos.

Figura 2.3 - Perdas econômicas



Fonte: Adaptado de EM-DAT (2023)

Além disso, as consequências para a saúde da população após desastres naturais são significativas, podendo ser mitigadas através de um planejamento preventivo adequado e intervenções estruturais e sociais eficazes.

De acordo com o *Manual Técnico de Planejamento Urbano – M Cidades* (BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional, 2018), as medidas para o controle da inundação podem ser classificadas como estruturais e não estruturais, que se complementam para oferecer uma abordagem integrada de prevenção e mitigação. As medidas estruturais são definidas como intervenções físicas e de engenharia causadas no ambiente com o objetivo de reduzir a vulnerabilidade das áreas expostas a desastres, sendo subdivididas em intensivas, que envolvem intervenções físicas localizadas, como a construção de barragens, muro de contenção e diques, e extensivas, que compreendem ações na conservação do solo, aprimoramento em sistemas de drenagem para reduzir alagamentos, conforme a Figura 2.4 adaptado do Caderno GIRD10, Ministério do Desenvolvimento Regional (2018).

Figura 2.4 - Tipos de medidas para redução de risco

Tipos de medidas	
Medidas estruturais	Medidas não estruturais
<ul style="list-style-type: none"> • Obras de estabilização de taludes e controle de erosão; • Sistemas de drenagem superficial e profunda; • Obras de proteção superficial e obras de contenção, tanto da engenharia tradicional, quanto de medidas não convencionais (engenharia natural, soluções baseadas na natureza, entre outras) 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de ordenamento territorial • Políticas assistenciais • Legislação; • Planos de defesa civil; • Mapeamentos; • Promoção social; • Informação pública; • Treinamento, pesquisa e educação.

Fonte: Adaptado de Caderno GIRD10, Ministério do Desenvolvimento Regional (2018)

Em contrapartida, as medidas não estruturais englobam em sistemas de alerta, sistemas de resposta, políticas de ordenamento territorial, políticas assistenciais, planos de defesa civil, mapeamento de alagamento, treinamentos, pesquisa e educação. Nesse sentido, para APFM (2007), as medidas não estruturais podem ser categorizadas em quatro objetivos básicos:

- Planejamento e gestão de emergência, inclusive alerta e evacuação, especialmente em sistemas de alerta de inundações;

- Maior preparação através de campanhas de educação ambiental, incluindo procedimentos de gestão urbana para redução de risco em inundação;
- Planejamento do uso do solo para evitar inundações, contribuindo na mitigação e adaptação ao desastre;
- Aceleração da recuperação e do uso das áreas afetadas após a inundação, visando fortalecer a resiliência por meio da melhoria dos projetos e práticas construtivas, conceito esse conhecido como *building back better* (reconstruir melhor).

Essas iniciativas, aliadas aos seus objetivos básicos apresentados, apresentam um vantajoso custo-benefício, permitindo a minimização dos danos por meio de investimentos significativamente reduzidos.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada no presente trabalho, bem como descrever sua natureza, classificação e dados. Além disso, busca detalhar o processo de revisão de literatura, proporcionando uma visão clara e abrangente de todos os procedimentos adotados.

3.1 Classificação e Abordagem Metodológica da Pesquisa

Esta subseção apresenta a metodologia adotada no desenvolvimento desta pesquisa, abordando sua classificação quanto ao método científico, finalidade, objetivo, natureza, tipo de dados e técnicas utilizadas.

No que diz respeito ao método científico adotado nesta pesquisa, emprega-se o método dedutivo, que, conforme Marconi e Lakatos (2010), fundamenta-se em teorias e conhecimentos gerais previamente estabelecidos sobre o gerenciamento de riscos em inundações urbanas para explicar fenômenos específicos observados na prevenção e mitigação de danos à economia. Tal método permite tirar deduções a partir de premissas gerais, proporcionando uma compreensão estruturada e lógica dos dados coletados, sendo adequado quando se busca explicar fenômenos específicos com base em conhecimentos gerais previamente estabelecidos.

Quanto à finalidade, a pesquisa pode ser classificada como pura, pois, conforme Yin (2018), esse tipo de investigação tem como principal objetivo a ampliação do conhecimento, sem uma aplicação prática imediata. Nesse sentido, este estudo busca explorar e sistematizar as diversas abordagens, estratégias e métodos voltados para a prevenção e mitigação dos impactos econômicos das inundações, a fim de identificar padrões, estabelecer correlações e contribuir para o desenvolvimento de soluções teóricas que possam subsidiar futuras aplicações em contextos reais.

Em relação ao objetivo, a pesquisa se enquadra na categoria descritiva. De acordo com Gil (2019), esse tipo de estudo tem como finalidade principal descrever características de determinados fenômenos, sem interferir neles. Nesse contexto, este trabalho busca mapear e sistematizar as abordagens, estratégias e ferramentas utilizadas na prevenção e mitigação dos impactos econômicos das inundações urbanas, organizando o conhecimento existente para facilitar sua compreensão e subsidiar futuras análises e aplicações na gestão de riscos.

Quanto à natureza, esta pesquisa possui características qualitativas e semiquantitativas. Segundo Minayo (2017), a abordagem qualitativa busca interpretar e compreender fenômenos, enquanto a semiquantitativa, conforme Gil (2019), organiza e categoriza dados para facilitar a análise. Neste estudo, a pesquisa qualitativa se manifesta na interpretação das estratégias de

mitigação de impactos econômicos das inundações, enquanto a semiquantitativa se reflete na categorização e sistematização de abordagens recorrentes na literatura. Em relação aos dados, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, definida por Lakatos e Marconi (2021) como aquela que se baseia na análise de materiais já publicados, como livros, artigos científicos e relatórios técnicos. Esse tipo de pesquisa permite reunir e sistematizar o conhecimento existente sobre o tema, possibilitando uma visão mais consolidada das estratégias de prevenção e mitigação dos impactos econômicos das inundações urbanas.

Finalmente, no que se refere às técnicas de pesquisa, este estudo adota a documentação indireta, método que, conforme Yin (2018), consiste na análise de fontes bibliográficas e documentais como forma de levantar e organizar informações sobre um determinado tema. Essa escolha se justifica pela necessidade de reunir um conjunto amplo de publicações e relatórios que discutem estratégias de mitigação de danos econômicos causados por inundações, permitindo uma análise estruturada das diferentes abordagens e sua aplicabilidade na gestão de riscos.

3.2 Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

Para Kitchenham (2007), uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada questão de pesquisa, área temática ou fenômeno de interesse. O autor destaca que as revisões são conduzidas com diversos propósitos, incluindo fornecer uma base teórica sólida para pesquisas subsequentes, compreender a amplitude dos estudos já existentes sobre um determinado tema ou responder a questões práticas com base no conteúdo já produzido. Dessa forma, costumam ser apresentadas como a seção introdutória de artigos científicos que descrevem uma pesquisa específica ou como uma das primeiras partes de dissertações e teses acadêmicas.

O estudo sistemático de um campo específico possibilita reconhecer, avaliar e interpretar contribuições científicas, levando à síntese de estudos nessa área (Becheikh et al., 2006). Além de auxiliar na identificação de fontes de informação na compreensão de conceitos, as revisões de literatura fornecem a análise e interpretação sobre um determinado tema (Rowley e Slack, 2004).

Entretanto, conforme destacado por Kitchenham (2004), há outro tipo de revisão da literatura que, além de apoiar investigações individuais, constitui uma contribuição original e relevante para a comunidade acadêmica. Esse tipo de revisão não apenas organiza o conhecimento existente, mas também oferece um ponto de partida estruturado para pesquisadores interessados no tema.

Nesse contexto, uma revisão sistemática estrutura-se a partir da análise rigorosa de múltiplos estudos, buscando sintetizar o conhecimento existente de forma estruturada e crítica. Os estudos individuais que compõem uma revisão sistemática são denominados estudos primários, enquanto a própria revisão sistemática é classificada como um estudo secundário, uma vez que o seu propósito é integrar, analisar e interpretar os achados das pesquisas primárias, proporcionando uma compreensão abrangente e aprofundada sobre o tema investigado.

Embora a importância e o valor das revisões sistemáticas da literatura sejam amplamente reconhecidos, a metodologia rigorosa e padronizada desenvolvida ainda é pouco disseminada em diversos campos de pesquisa. Segundo Okoli & Schabram (2010), a condução adequada de uma revisão sistemática exige um processo estruturado e bem definido, garantindo a transparência, a reprodutibilidade e a validade científica dos resultados.

Conseqüentemente, Okoli & Schabram (2010) apresentam um guia com diretrizes fundamentais para a condução de uma revisão sistemática, estruturado em oito etapas essenciais. Essas etapas, devidamente adaptadas, fornecem orientações valiosas para diferentes tipos de revisão de literatura, garantindo o rigor metodológico necessário para a obtenção de resultados confiáveis. A seguir, são descritas as etapas que devem ser seguidas para assegurar a rigorosidade e qualidade do processo:

1. **Definição do objetivo da revisão:** O primeiro passo consiste em estabelecer com clareza a finalidade e os objetivos da revisão, garantindo que os leitores compreendam sua proposta e relevância.
2. **Elaboração do protocolo e treinamento:** Quando há mais de um revisor envolvido, é fundamental que todos compreendam detalhadamente os procedimentos a serem seguidos. Para isso, deve-se elaborar um documento contendo o protocolo da revisão e oferecer treinamento adequado para garantir a uniformidade na execução do estudo.
3. **Estratégia de busca da literatura:** O pesquisador deve descrever com precisão os procedimentos adotados para a busca de estudos na literatura, justificando as estratégias utilizadas para assegurar a abrangência e a qualidade da seleção.
4. **Triagem inicial dos estudos (critérios de inclusão):** Nessa etapa, é necessário explicitar os critérios utilizados para selecionar os estudos que farão parte da revisão, bem como os motivos pelos quais determinados trabalhos foram excluídos. Essa triagem é essencial para delimitar o escopo da revisão sem comprometer sua abrangência.
5. **Avaliação da qualidade dos estudos (critérios de exclusão):** Aqui, define-se um conjunto de critérios para determinar quais estudos possuem qualidade suficiente para

serem incluídos na análise. Os artigos selecionados devem ser avaliados com base na metodologia empregada e na relevância dos resultados apresentados.

6. **Extração de dados:** Após a definição dos estudos que farão parte da revisão, deve-se proceder à extração sistemática das informações relevantes de cada artigo, garantindo que todos os dados essenciais sejam devidamente coletados.
7. **Síntese dos estudos:** Também denominada análise, essa etapa consiste na organização e combinação dos dados extraídos, utilizando técnicas apropriadas para integrar os resultados. A síntese pode ser conduzida por meio de abordagens quantitativas, qualitativas ou híbridas.
8. **Redação da revisão:** Além das diretrizes gerais para a escrita de artigos científicos, uma revisão sistemática deve ser relatada com detalhes suficientes para que outros pesquisadores possam replicar seus procedimentos e validar seus resultados.

3.3 Razões para a Revisão

3.3.1 Fundamentação das razões para revisão

A definição das razões para a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é uma etapa primordial que influencia toda a estrutura da pesquisa. Conforme apontado por Grant e Booth (2009), uma RSL é frequentemente utilizada para consolidar o conhecimento existente sobre um tópico específico, identificar lacunas na literatura e fornecer uma base sólida para novas investigações.

Algumas razões para a condução de uma RSL por Okoli & Schabram (2010) são:

- Para avaliar o estado atual do conhecimento em um campo específico;
- Identificar lacunas na literatura que requerem investigações futuras;
- Para realizar recomendações à trabalhos futuros;
- Para avaliar a aplicação de uma abordagem metodológica;
- Para desenvolver um modelo ou estrutura;
- Para examinar a aplicabilidade de modelos teóricos em diferentes contextos.

3.3.2 Fundamentação da RSL para o contexto da pesquisa

As razões para a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura neste trabalho se justificam pela necessidade de mapear, classificar e compreender as abordagens adotadas no gerenciamento de riscos de inundações urbanas para prevenção e mitigação de impactos econômicos. Adotar a RSL como estratégia metodológica permite identificar padrões e recorrências nas soluções propostas na literatura, além de avaliar a evolução temporal das ferramentas e abordagens utilizadas. Ao sintetizar e analisar os estudos provenientes de

diferentes contextos, é possível identificar lacunas, tendências e desafios relevantes ao planejamento urbano e preparar as cidades para lidar com os impactos econômicos das inundações.

A definição de perguntas norteadoras é fundamental para orientar a análise e extração dos dados ao longo da revisão. Essas questões foram elaboradas com base nos objetivos da pesquisa e direcionam a investigação ao longo do processo de síntese e discussão dos resultados. São elas:

1. Quais estratégias de gerenciamento de riscos em inundações urbanas são mais abordadas na literatura, considerando ações de prevenção, mitigação ou a combinação de ambas?
2. Quais tipos de medidas estruturais e não estruturais têm sido priorizados nos estudos, e como essas escolhas variam ao longo do tempo?
3. Que ferramentas e metodologias são utilizadas nas pesquisas para apoiar a gestão de riscos de inundações urbanas, e quais tendências podem ser observadas?
4. Quais são as abordagens metodológicas predominantes nos estudos analisados e como elas influenciam os resultados apresentados?

3.4 Protocolo da Revisão

A elaboração de um protocolo claro e detalhado é considerada um requisito essencial para a validade e transparência de uma RSL. Petticrew e Roberts (2006) reforçam que o protocolo fornece uma estrutura organizada para planejar, conduzir e relatar a revisão, evitando vieses metodológicos e assegurando a integridade dos resultados.

Neste estudo, foi desenvolvido um protocolo, fundamentado nas diretrizes propostas por Kitchenham (2004), Petticrew e Roberts (2006) e Okoli & Schabram (2010). Essas referências forneceram a base metodológica para a elaboração de um protocolo adequado ao contexto e aos objetivos desta pesquisa, descrito a seguir:

- Estudo preliminar para definição de palavras-chaves: Identificar as palavras-chave mais usadas na literatura sobre gerenciamento de riscos em inundações. Esse levantamento contribui para reconhecer tendências terminológicas e tópicos relevantes, orientando a construção de estratégias de buscas mais precisas.
- Filtragem de artigos: Aplicar critérios de inclusão e exclusão rigorosamente definidos, visando selecionar artigos relevantes e eliminar aqueles que não atendem os requisitos estabelecidos;

- Extração de dados: Coletar os dados e informações essenciais dos artigos selecionados, organizadas em categorias previamente definidas conforme o objetivo do estudo;
- Sintetizando os dados: Analisar os dados e informações extraídas, considerando diferentes abordagens metodológicas, identificando padrões, lacunas e tendências relevantes;
- Encerramento da revisão: Consolidar os resultados, relatar os resultados e documentar todo o procedimento de forma clara e detalhada.

3.5 Condução da Revisão

Tendo concluído o protocolo, a revisão propriamente dita poderá começar. Esta condução envolve cinco etapas que serão discutidas adiante.

3.5.1 Estudo Preliminar para Definição de Palavras-chave

O estudo preliminar foi conduzido com o objetivo de compreender as palavras-chave mais frequentemente utilizadas na literatura acadêmica sobre o tema de "gerenciamento de riscos de inundações". Essa etapa exploratória teve como principal propósito identificar tendências terminológicas e tópicos relevantes, servindo como base para a construção de estratégias de busca mais refinadas nas etapas subsequentes da revisão. Dessa forma, o estudo permitiu não somente a obtenção de palavras-chave relevantes para a etapa de busca, mas também uma melhor contextualização e direcionamento dos esforços futuros, assegurando que os termos escolhidos refletissem de maneira mais precisa os focos mais pertinentes neste estudo.

Para conduzir este estudo preliminar, utilizou-se a base Web of Science - Coleção Principal (*Clarivate Analytics*), com o intuito de garantir uma ampla gama de artigos de onde seriam extraídas as palavras-chave através do uso do software *VOSViewer*. Seguindo essa estratégia, visando maximizar a abrangência da coleta e assegurar que as principais palavras-chave relevantes fossem capturadas, combinou-se termos amplos e gerais, como “economic impacts” AND “risk management” AND “flood” AND “urban”, sendo baseadas em título, artigos somente em língua inglesa e publicados entre os anos de 2019 a 2024.

O conjunto de termos foi posteriormente refinado com o uso de operadores de truncamento, como “*manag**”, que permite recuperar variações da palavra, incluindo “management” e “managing”, sendo essencial para garantir a inclusão de todas as formas relevantes dos termos truncados. A utilização de truncamentos permite que a busca seja realizada de forma mais eficiente e completa, considerando termos que podem ser apresentados em diferentes formas gramaticais ou variações específicas de escrita. Após essa aplicação, o número de artigos para extração de palavras-chave foi de 396.

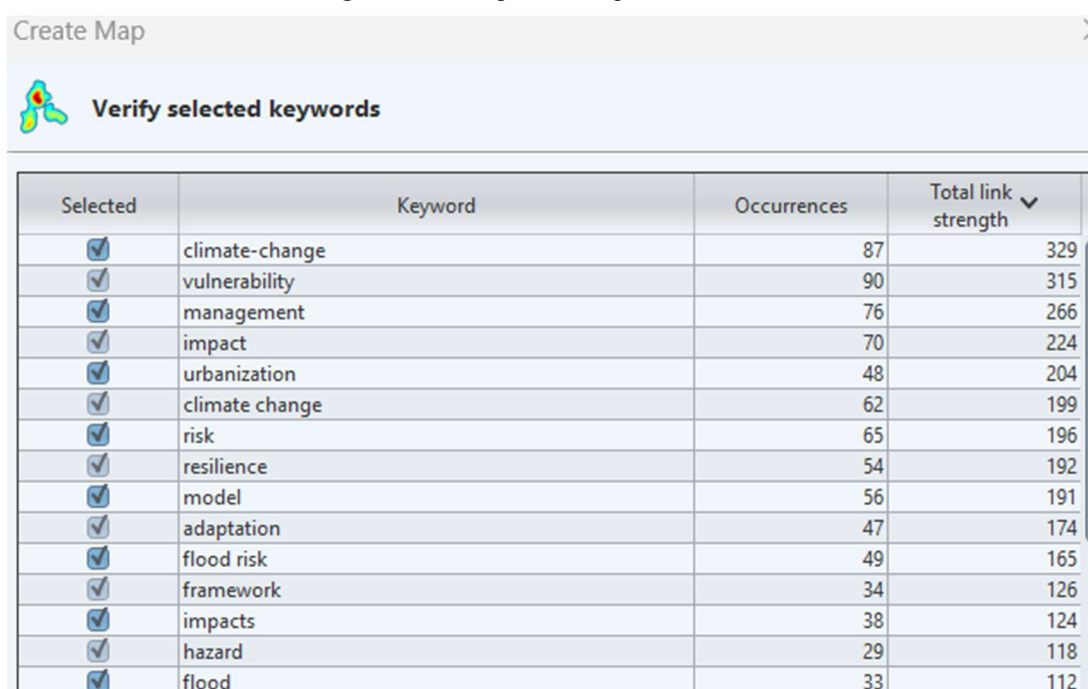
Visando à extração das palavras-chave, todos os 396 artigos inicialmente selecionados foram exportados para o software *VOSviewer*, uma ferramenta de análise bibliométrica amplamente utilizada para identificar, quantificar e visualizar relações entre termos com base na coocorrência em títulos, resumos e palavras-chave dos artigos científicos. Essa etapa teve como objetivo mapear os principais conceitos recorrentes na literatura sobre o tema, permitindo uma visão estruturada das abordagens mais discutidas.

A análise realizada por meio do *VOSviewer*, conforme ilustrado na Figura 3.1, possibilitou a identificação de padrões frequentes e associações entre os termos, evidenciando núcleos temáticos e conexões conceituais que foram fundamentais para nortear a revisão. Esse mapeamento semântico garantiu maior clareza na identificação dos principais tópicos abordados nos artigos analisados, contribuindo significativamente para orientar a definição final das palavras-chave utilizadas na etapa de busca refinada.

Dessa forma, esse estudo exploratório preliminar se mostrou essencial não apenas para a compreensão do panorama temático da amostra, mas também para fornecer uma base sólida na formulação de estratégias de busca mais precisas, coesas e alinhadas aos objetivos gerais e específicos da pesquisa.

A partir dessa etapa, foi possível fortalecer a consistência metodológica da revisão, assegurando que a seleção dos estudos estivesse devidamente fundamentada em critérios temáticos relevantes e atualizados.

Figura 3.1 - Frequência de palavras-chave



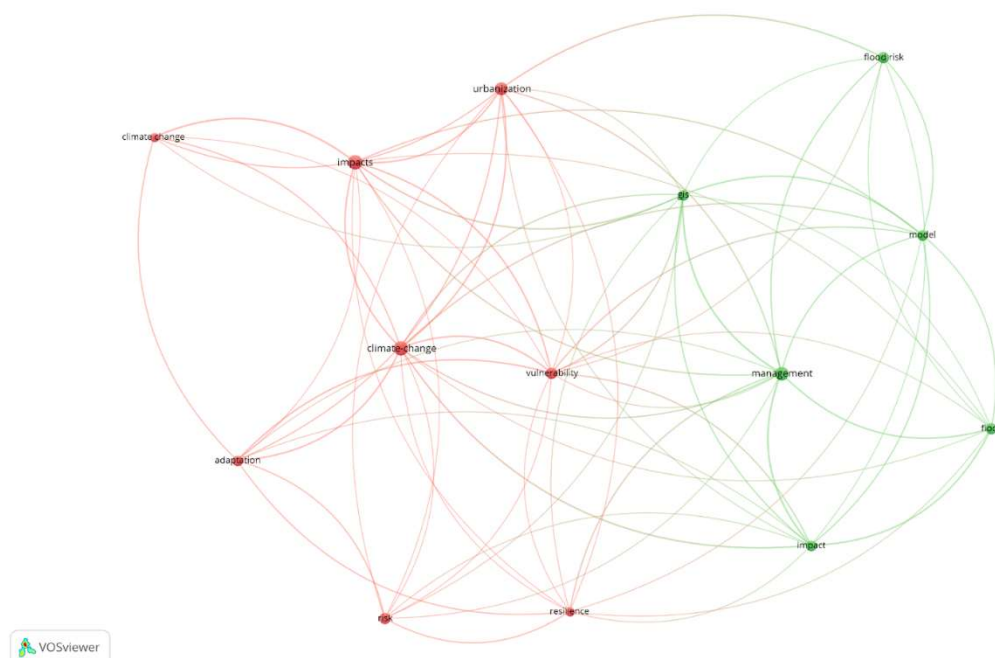
Selected	Keyword	Occurrences	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	climate-change	87	329
<input checked="" type="checkbox"/>	vulnerability	90	315
<input checked="" type="checkbox"/>	management	76	266
<input checked="" type="checkbox"/>	impact	70	224
<input checked="" type="checkbox"/>	urbanization	48	204
<input checked="" type="checkbox"/>	climate change	62	199
<input checked="" type="checkbox"/>	risk	65	196
<input checked="" type="checkbox"/>	resilience	54	192
<input checked="" type="checkbox"/>	model	56	191
<input checked="" type="checkbox"/>	adaptation	47	174
<input checked="" type="checkbox"/>	flood risk	49	165
<input checked="" type="checkbox"/>	framework	34	126
<input checked="" type="checkbox"/>	impacts	38	124
<input checked="" type="checkbox"/>	hazard	29	118
<input checked="" type="checkbox"/>	flood	33	112

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Vale ressaltar que foi aplicada uma restrição para incluir apenas as palavras-chave que apresentaram uma frequência superior a 5, garantindo que apenas os termos mais relevantes e

com maior frequência fossem considerados. Na sequência, o gráfico de rede, conforme representado na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Gráfico de rede



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Os resultados apresentados revelam um mapeamento das palavras-chave através de um gráfico de rede de ocorrências, além de agrupamentos que sugerem relações entre os termos, tendo como destaque mudanças climáticas e outro focado em gerenciamento de riscos. Com base nos resultados apresentados na pesquisa preliminar, o conjunto de palavras-chaves pode ser formulado para as buscas subsequentes, sendo organizadas de acordo com os quatro agrupamentos principais e seus termos associados, refletindo as temáticas centrais alinhadas com o objetivo desta pesquisa.

É importante salientar que só as palavras-chave que demonstraram uma associação direta com os agrupamentos principais foram selecionadas para a busca. Adicionalmente, para complementar a formulação do conjunto de palavras-chave, algumas foram adicionadas com base em uma análise descritiva realizada em revisões de literatura previamente selecionadas e na leitura exploratória de artigos relevantes. Esse processo permitiu identificar termos adicionais que, embora não estivessem entre os mais frequentes na análise bibliométrica inicial, apresentaram alta relevância temática em contextos específicos.

Além disso, buscou-se garantir que o conjunto final de termos representasse de maneira equilibrada as dimensões estruturais, não estruturais e híbridas do gerenciamento de riscos, assegurando uma cobertura ampla e aderente aos objetivos da pesquisa. A integração entre o mapeamento e a seleção qualitativa contribuiu para o refinamento das estratégias de busca, ampliando a representatividade do contexto analisado.

Por fim, as palavras-chave selecionadas foram organizadas em quatro *clusters* principais, conforme detalhado na Tabela 3.1 a seguir:

Tabela 3.1 - Tabela de palavras-chave da pesquisa

Palavras-chave para inundações	Palavras-chave para gerenciamento de riscos	Palavras-chave para áreas urbanas	Palavras-chave para impactos econômicos
Flood; Flooding; Flood risk; Inundation; Precipitation	risk manage; Risk assess; risk Mitigat; risk Simulation; risk consequence; “Risk Respons”; “risk prevention”; risk model; risk control; risk identif; risk monitor; vulnerability; resilience; control; mitigate; recovery; Impact; Damage; Hazard analy*	Urban; urban planning; Urbanization; Urban areas; Urban resilience; Sustainable urban planning; Urban Systems; Urban Adaptation; Urban Vulnerability; Urban zone; Urban center; metropolitan area; Cities; City*	Economic impacts; Economic damage; Economic losses; Economic Impacts; Economic recovery; Financial impacts

Fonte: Autor (2025)

3.5.2 Filtragem de Artigos

Para a realização do processo inicial de busca, foram utilizados quatro conjuntos de palavras-chave no banco de dados, separados pelo operador “AND” entre os conjuntos e “OR” entre as palavras de um mesmo conjunto. A busca foi conduzida utilizando essas combinações de palavras em títulos e resumos de artigos publicados em periódicos em inglês, no período de 2019 a 2024. Os critérios de exclusão foram aplicados antes do início de cada busca e seguiram as três etapas principais descritas a seguir:

- C1: Exclusão de qualquer artigo que não estivesse em inglês;
- C2: Exclusão de qualquer artigo que não tivesse sido publicado entre os anos de 2019 e 2024;
- C3: Exclusão de qualquer estudo que não fosse um artigo publicado em periódicos;

Após a aplicação dos primeiros critérios, esse processo de pesquisa forneceu 403 trabalhos na base Web of Science – Coleção Principal (Clarivate Analytics). Com os resultados primários potencialmente relevantes, devido à quantidade de amostra obtida, os artigos precisaram ser avaliados quanto a sua relevância real. Por isso, um novo critério de exclusão foi aplicado à amostra para definição dos artigos selecionados para a leitura:

- C4: Identificar os artigos duplicados dentro da mesma base;

Eliminando a duplicidade dentro de cada base, a pesquisa apresentou 302 artigos na base Web of Science – Coleção Principal (Clarivate Analytics). Esse processo foi organizado com auxílio de uma planilha Excel, onde os artigos foram registrados por título e ano de publicação, além de uma tabela que mostrava a quantidade de artigos em cada base por ano. A tabela também foi atualizada conforme cada critério de exclusão era aplicado, garantindo uma organização eficiente e visualmente clara dos artigos ao longo de todo o processo de seleção. Em seguida, a pesquisa buscou identificar e excluir artigos que não atendiam aos critérios de disponibilidade e que não apresentavam uma análise de risco envolvendo inundações. Esse processo envolveu a aplicação dos seguintes critérios:

- C5: Identificar artigos que não estão disponíveis para livre acesso;
- C6: Identificar, por meio de leitura de título e resumo, artigos que não apresentavam uma análise de risco de inundações urbanas, ou seja, fora do escopo;

Após a aplicação dos critérios acima, o quantitativo de artigos resultantes foi de 174 artigos na base Web of Science – Coleção Principal (Clarivate Analytics). No entanto, mesmo com essa redução, o número resultando ainda da amostra ainda continha uma amostra relativamente alta para análise proposta nesta pesquisa. Diante disso, novas filtragens foram adicionadas para garantir que os estudos selecionados fossem os mais relevantes dentro do escopo deste trabalho.

Para isso, buscou-se priorizar, através de leitura completa, artigos que exploram diretamente o gerenciamento de riscos em áreas urbanas, com foco na prevenção e mitigação de impactos econômicos. Dessa forma, novos critérios foram estabelecidos:

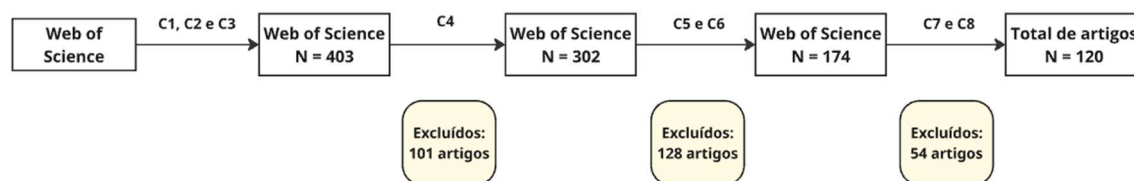
- C7: Exclusão de artigos que, apesar de abordarem inundações em áreas urbanas, não apresentavam uma abordagem estruturada de gerenciamento de risco. Por exemplo, estudos que apenas descreviam impactos sem propor estratégias de mitigação ou prevenção.

O critério C7 foi elaborado visando garantir que os artigos resultantes não se limitassem apenas a descrever os impactos das inundações em áreas urbanas, mas sim abordassem o gerenciamento de risco de maneira estruturada, propondo estratégias que contribuíssem para prevenir, adaptar ou mitigar os seus efeitos negativos. Subsequente a aplicação do último critério,

- C8: Remoção de artigos cujo foco principal era análises hidrológicas ou modelagens físicas de evento de inundação;

Após a aplicação dos critérios finais, o quantitativo de artigos resultantes foi de 120 artigos considerados relevantes para a revisão. O processo de seleção e aplicação dos critérios de exclusão dos artigos é detalhado na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Fluxograma do processo de seleção de artigos



Fonte: Esta pesquisa (2025)

3.5.3 Extração dos dados

O objetivo desta etapa é registrar com precisão os dados coletados para compreender a evolução do gerenciamento de risco em inundações em áreas urbanas ao longo dos últimos anos. Para isso, estabeleceu-se um protocolo para extração garantido a uniformidade na coleta de informações, permitindo comparações e cruzamentos posteriores entre os estudos analisados. Foram considerados quatro aspectos principais:

- Ano de publicação: Registrar o ano de publicação de cada trabalho, possibilitando uma análise temporal das metodologias e estratégias adotadas. Esse registro tem como objetivo verificar tendências na evolução das abordagens ao longo do período analisado.
- Estratégia de gerenciamento de risco: Identificar se o estudo aborda medidas de mitigação, prevenção ou ambas. Além disso, as medidas adotadas foram classificadas como estruturais (exemplo: barragens, diques, sistemas de drenagem) ou não estruturais (exemplo: planejamento urbano, políticas de zoneamento, sistemas de alerta precoce). Essa categorização foi essencial para avaliar a diversidade de estratégias propostas nos artigos analisados.
- Identificar as ferramentas utilizadas nos estudos para o gerenciamento de risco em inundações em áreas urbanas, permitindo compreender quais métodos são mais aplicados na literatura. Além disso, categorizar a abordagem metodológica de cada estudo como qualitativa, quantitativa ou mista, possibilitando avaliar como as pesquisas estruturaram suas investigações e aplicaram essas ferramentas no contexto da prevenção e mitigação de impactos econômicos.

3.5.4 Sintetizando Dados

Esta etapa visa agregar os estudos selecionados, organizando e sistematizando as informações extraídas dos estudos, sistematizando-as de forma que estejam alinhadas com os objetivos da pesquisa e organizadas para destacar padrões, semelhanças e diferenças entre os artigos analisados. Para isso, foi desenvolvido um banco de dados estruturado, destinado ao registo das informações extraídas dos artigos selecionados, de modo a fornecer insumos

organizados, compilando as evidências para a elaboração dos resultados e discussões que compõem a revisão de literatura.

3.5.5 Encerramento da Revisão

Segundo Okoli & Schabram (2010), esta é a última etapa da revisão sistemática de literatura, cujo objetivo é relatar os resultados e documentar todo o procedimento de forma clara e detalhada. Dessa maneira, garante-se a reprodutibilidade científica, permitindo que outros pesquisadores possam replicar os resultados seguindo o mesmo processo (Nascimento & Alencar, 2016).

3.6 Conclusão do capítulo

Com base nas definições metodológicas apresentadas e na condução da Revisão Sistemática da Literatura conforme o protocolo descrito, estabelece-se o fundamento necessário para a análise dos dados obtidos. No capítulo seguinte, serão apresentados os principais resultados da revisão, seguidos de uma discussão crítica sobre as estratégias identificadas, os padrões recorrentes, as ferramentas utilizadas e as tendências observadas na literatura voltada ao gerenciamento de riscos em inundações urbanas com foco na prevenção e mitigação de impactos econômicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seção a seguir apresenta os principais resultados obtidos a partir da extração e síntese dos dados encontrados na literatura. De início, as análises foram conduzidas considerando a classificação das estratégias adotadas nos artigos, diferenciando-as entre prevenção, mitigação ou uma combinação de ambas, categorizando as referências conforme o tipo de abordagem empregada em cada estudo. Além disso, foi realizada uma categorização das medidas estruturais e não estruturais em *clusters*, analisando sua frequência ao longo dos anos de publicação. Em seguida, foram identificadas diversas ferramentas e metodologias aplicadas ao gerenciamento de risco em inundações, permitindo avaliar sua recorrência e tendência temporal. Por fim, foram examinadas as abordagens metodológicas utilizadas nos artigos, classificando-as como qualitativas, quantitativas ou mistas, sendo esta última composta por estudos que combinam métodos, técnicas e ferramentas de ambas as vertentes.

4.1 Frequência de estratégia por ano de publicação

Os estudos analisados indicam uma evolução significativa no enfoque das estratégias de prevenção e mitigação de impactos econômicos para o gerenciamento de riscos em inundações urbanas. A princípio, as referências dos artigos finais obtidos na etapa de filtragem foram categorizadas de acordo com a estratégia utilizada e o seu ano de publicação, sendo ilustrada na Tabela 4.1 abaixo.

Tabela 4.1 - Referências por ano de publicação

Ano de Publicação	Estratégia		
	Prevenção	Mitigação	Ambas
2024	Calle Müller et al. (2024), Lamrabet et al. (2024)	Borowska-Stefańska et al. (2024), Panfilova et al. (2024), Staccione et al. (2024), Wu et al. (2024), Zheng et al. (2024)	Coletta et al. (2024), Jiang et al. (2024), Liu et al. (2024a), Liu et al. (2024b), Narangere & Suzuki (2024), Olteanu et al. (2024), Rezvani et al. (2024), Shen et al. (2024), Sun et al. (2024), Tajuddin et al. (2024), Vega et al. (2024), Wang et al. (2024), Xu et al. (2024), Yu et al. (2024), Zhou et al. (2024)
2023	C. Xu et al. (2023), Gálgaú et al. (2023), Socas et al. (2023)	Ceragene et al. (2023), Yuan et al. (2023)	Bashir (2023), Cai et al. (2023), Galvin & BenDor (2023), Guo et al. (2023), Huang et al. (2023), Li et al. (2023), L. Wang et al. (2023), Luo et al. (2024), M. Wang et al. (2023), Manandhar et al. (2023), Primo & Rafaeli (2023), Qin et al. (2023), Rivoecchi & Singh (2023), Sigit et al. (2023), W. Liu et al. (2023), Xu et al. (2023), Yang et al. (2023a), Y. Liu et al. (2023b), Y. Wang et al. (2023), Zhang et al. (2023), Zhu et al. (2023), H. Zhu et al. (2023)
2022	Bournas e Baltas (2022), Chen et al. (2022), Sakijege e Dakyaga (2022), Turconi et al. (2022)	Lv et al. (2022)	Alabbad & Demir (2022), Arrighi et al. (2022), Cea & Costabile (2022), Ding & Wu (2022), Giménez-García et al. (2022), Garack & Ortlepp (2022), Homet et al. (2022), Intelligence and Neuroscience (2022), Meng et al. (2022), S. Liu et al. (2022), Samuel et al. (2022), Tempa (2022), Tiampo et al. (2022), X. Ding et al. (2022), X. Guo et al. (2022), Y. Zhang et al. (2022)
2021	Cian et al. (2021), Fernandes Junior et al. (2021), Ma et al. (2021), Wu et al. (2021a)	Choi (2021), Dano (2021), H. Wang et al. (2021), H. Zhang et al. (2021), Icyimpaye et al. (2021), Parida et al. (2021), P. Wang et al. (2021), Peng & Li (2021), M. Zhang et al. (2021), Wouters et al. (2021)	Alabbad et al. (2021), Arosio et al. (2021), Ciampa et al. (2021), Dube et al. (2021), Hung & Diep (2021), Kotone et al. (2021), Miura et al. (2021), Nguyen et al. (2021), Q. Sun et al. (2021), Russo et al. (2021), Tang et al. (2021), Wu et al. (2021b)
2020	Grežo et al. (2020), J. Guo et al. (2020), Moreno et al. (2020), O'Donnell e Thorne (2020)	Mounce et al. (2020), Pinos et al. (2020), Prihantini (2020)	D'Ayala et al. (2020), H. L. Wu et al. (2020), Kadaverugu et al. (2020), Lin et al. (2020), Prama et al. (2020), Q. Yang et al. (2020), Rey et al. (2020), Russo et al. (2020), Salazar-Briones et al. (2020)
2019	Jahangir et al. (2019)	Davlasheridze et al. (2019), Kim et al. (2019)	Anker et al. (2019), Ceres et al. (2019), Li et al. (2019), Mendoza e Schwarze (2019), Waghwaia & Agnihotri (2019)

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Para complementar a análise, foi elaborado um mapa de calor, conforme ilustrado na Figura 4.1, que permite visualizar quantitativamente a tendência da frequência de uso das estratégias por meio do número de artigos em cada ano ao longo do período estudado. Observa-se que, dos 120 artigos analisados neste trabalho, todos abordaram pelo menos uma estratégia de prevenção e mitigação. Além disso, verificou-se que 65,83% do total de artigos adotaram ambas as estratégias em seus estudos.

Figura 4.1 - Mapa de calor da estratégia pelo ano de publicação

Estratégias	Ano de Publicação					
	2024	2023	2022	2021	2020	2019
Prevenção	2	3	4	4	4	1
Mitigação	5	2	1	10	3	2
Ambas	15	22	16	12	9	5

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base nos produtos resultantes, é possível levantar a primeira inferência:

- No período analisado, o aumento contínuo no número de artigos que tratam tanto de prevenção quanto de mitigação, principalmente nos últimos anos (2022, 2023 e 2024), demonstra uma evolução na adoção de medidas de gerenciamento de risco de inundações, evidenciando uma tendência crescente à implementação de estratégias integradas, que combinam abordagens preventivas e corretivas para uma gestão mais eficaz e resiliente.

O aumento da integração das estratégias pode ser justificado por diversos fatores inter-relacionados. De acordo com os dados do EM-DAT (2023), os fenômenos hidrometeorológicos, especialmente as inundações, são a categoria de eventos que mais se repetem no mundo, sendo intensificados principalmente pelas mudanças climáticas. Dessa forma, adotar apenas estratégias de mitigação de forma isolada tem se mostrado insuficiente, tornando ainda mais evidente a necessidade de combinar medidas preventivas e corretivas para garantir a resiliência urbana, como demonstram os dados extraídos.

Além disso, a adoção de medidas de diretrizes internacionais como Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres e as recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU), incentivam a integração e combinação de estratégias para o gerenciamento de risco

4.2 Categorização das Medidas Estruturais e Não Estruturais

Esse trabalho realizou uma varredura da literatura com o objetivo de identificar e analisar estratégias e abordagens utilizadas para minimizar o impacto econômico advindo das

inundações urbanas. Para tanto, foram extraídas de cada estudo, informações relevantes acerca das medidas adotadas ou investigadas em cada um. De início, essas medidas foram coletadas manualmente e registradas em um banco de dados de dados para análise, sendo primeiramente divididas em duas categorias: estruturais e não estruturais. Em seguida, para melhorar a interpretação visual e permitir uma análise mais clara das abordagens e estratégias identificadas, as medidas foram organizadas em *clusters* temáticos conforme a sua função no gerenciamento de riscos em inundações urbanas. Essa categorização busca facilitar a compreensão e permitir, posteriormente, uma análise mais estruturada entre as diferentes abordagens.

Com a finalidade de tornar a organização das medidas mais objetiva e coerente com a literatura, cada cluster recebeu uma definição específica, construída a partir da síntese dos conceitos comumente encontrados nos estudos sobre gerenciamento de riscos em inundações. Essas definições foram adaptadas à proposta deste trabalho, garantindo que os clusters refletissem uma base teórica consolidada, permitindo a alocação de cada informação em sua categoria correspondente, contribuindo assim para a organização sistemática dos dados e proporcionando uma visualização mais clara das tendências e padrões existentes na aplicação dessas medidas. A seguir, apresenta-se um breve panorama desses agrupamentos, incluindo suas definições e exemplos dos seus componentes:

4.2.1 Clusters das medidas estruturais:

4.2.1.1 Infraestrutura de Drenagem e Controle de Enchentes:

Estudos como Merz et al. (2010), Di Baldassarre et al., 2013 e Costa & Pimentel (2017) ressaltam que obras de engenharia são fundamentais para o controle do fluxo hídrico e proteção das áreas vulneráveis. Desse modo, este cluster contempla todas as intervenções físicas e de engenharia para controlar o fluxo de água e reduzir os impactos das inundações em áreas urbanas, buscando impedir que a água transborde de rios e canais, fazendo com que seja direcionada ou armazenada temporariamente de forma segura, prevenindo os alagamentos. Essas ações podem envolver construção ou aprimoramento de estruturas que podem agir tanto na prevenção, diminuindo a probabilidade da ocorrência das inundações, quanto na mitigação, minimizando os danos quando as mesmas ocorrem. As intervenções físicas e de engenharia costumam envolver componentes como:

- Estruturas de Contenção: São obras como diques e barreiras que limitam a expansão da água em áreas críticas, evitando que atinjam zonas de maior vulnerabilidade.
- Sistemas de Drenagem: Incluem bueiros, redes de valas e tubos que conduzem a água, contribuindo para redução de sua concentração nas áreas urbanas e evitando o seu acúmulo excessivo.

- Canais e Reservatórios: Essas estruturas permitem o transporte e armazenamento temporário da água, contribuindo para controlar o volume e a velocidade de escoamento, além de auxiliar a diminuir a pressão sobre os sistemas de drenagem e estruturas de contenção.

4.2.1.2 Estratégias para Infraestrutura e Planejamento Urbano

Este *cluster* foi criado para englobar as estratégias e intervenções que têm como foco melhorar e adaptar o ambiente urbano, aumentando a resiliência das cidades e garantindo que mesmo diante de eventos de inundação, a mobilidade e o funcionamento de serviços essenciais sejam preservados, minimizando os danos e facilitando a evacuação e acesso a áreas de emergência. Dentre os seus componentes, estão:

- Reforço de Pontes e Estruturas Críticas: Envolve a manutenção de pontes, viadutos e outras obras essenciais, assegurando que suportem os impactos das inundações sem comprometer a mobilidade urbana.
- Planejamento Urbano e Reorganização do Uso do Solo: Abrange as medidas de replanejamento sobre o uso do solo em áreas em risco, promovendo a integração com sistemas de drenagem e redução da concentração de edificações que aumentem a impermeabilização do solo em zonas vulneráveis à inundação.

4.2.1.3 Infraestrutura Verde e Azul

Esta última categoria das medidas estruturais reúne intervenções que incorporam elementos de soluções baseadas na natureza (NBSs), que buscam levar em consideração elementos naturais e ecológicos ao planejamento urbano, visando o bem-estar humano para proteger, gerenciar e reduzir os riscos de consequências do desastre (DA SILVA, ALENCAR, DE ALMEIDA, 2023). Além das soluções verdes, a categoria contempla também contempla um conjunto de sistemas naturais e artificiais ligados aos recursos hídricos urbanos que tem como objetivo gerenciar e utilizar a água de maneira sustentável. Os componentes e exemplos deste cluster são:

- Infraestrutura Verde: Este componente inclui a implantação de áreas verdes naturais e seminaturais estrategicamente planejadas. Pesquisas recentes indicam que a adoção de infraestrutura verde, como coberturas vegetadas, jardins de chuva e pavimentos permeáveis, pode gerenciar eficientemente as águas pluviais, aliviar a pressão sobre os sistemas tradicionais de drenagem e diminuir os efeitos das enchentes (Mao et al., 2024).
- Infraestrutura Azul: Refere-se a criação ou preservação de corpos d'água naturais e zonas úmidas, que podem atuar como reservatórios temporários, controlando os excessos da água acumulada e melhorando o equilíbrio ecológico urbano.

- Integração de Infraestrutura Verde e Azul: O componente abrange os artigos que combinaram os elementos das soluções verdes e azuis, evidenciando sistemas planejados que auxiliam no controle de inundações, promovendo resiliência e melhorando a qualidade de vida nas áreas urbanas.

Em seguida, as definições foram organizadas e consolidadas na Tabela 4.1, que apresenta uma síntese dos principais conceitos abordados sobre os *clusters* das medidas estruturais. Essa sistematização facilita a compreensão e permite uma análise comparativa dos elementos discutidos.

Tabela 4.2 - Definição dos Clusters das Medidas Estruturais

Medidas Estruturais	
Cluster	Definição
Infraestrutura de Drenagem e Controle de Enchentes	Intervenções físicas projetadas para controlar o fluxo de água, reduzir a frequência e intensidade das enchentes e proteger áreas vulneráveis. Inclui diques, canais, reservatórios, sistemas de drenagem, barreiras e outras obras hidráulicas.
Infraestrutura Urbana	Medidas que envolvem a adaptação e melhoria das estruturas urbanas para aumentar a resiliência diante de inundações. Engloba melhorias em vias, pontes, edificações e outros elementos de infraestrutura que auxiliam na mitigação dos impactos.
Infraestrutura Verde e/ou Azul	Ações que promovem a incorporação de elementos naturais e ecológicos no planejamento urbano, como espaços verdes (parques, telhados verdes) e elementos hídricos (lagos, zonas úmidas), visando reduzir os riscos de enchentes e melhorar a qualidade ambiental.

Fonte: Esta pesquisa (2025)

4.2.2 Clusters das medidas não estruturais:

4.2.2.1 Planejamento, Avaliação de Risco e Alerta Precoce

No lugar de intervenções físicas, este cluster se dedica a organizar, melhorar processos e estratégias que visam a reduzir a vulnerabilidade e preparar as comunidades para eventos de inundação, através da análise de riscos e implementação de sistemas de monitoramento e alerta. Essas ações permitem que as autoridades e a população possam se preparar e agir de forma eficiente quando a situação se agrava. Alguns componentes comumente utilizados e registrados neste trabalho, estão:

- Sistemas de Alerta Precoce: Segundo a *World Health Organization* (WHO) (2022), sistemas de alerta precoce são essenciais para mitigar o dano das inundações, permitindo respostas rápidas e seguras, tanto das autoridades quanto da comunidade, além de incluir também o uso de tecnologias de monitoramento como sensores, radares meteorológicos para detectar e prever inundações.

- **Análise e Mapeamento de Riscos:** O componente consiste na identificação e avaliação das áreas mais suscetíveis a inundações, levando em consideração variáveis como topografia, condições climáticas e o uso do solo.
- **Políticas e diretrizes de Gerenciamento de Riscos:** Compreende o desenvolvimento de normas e ações integradas que dão orientações sobre o gerenciamento dos riscos, promovendo a participação dos *stakeholders* envolvidos no processo de tomada de decisão. Segundo ARIK (2022), para que abordagens sejam utilizadas para reduzir e mitigar os danos das inundações, os participantes devem buscar entrar em consenso sobre o seu papel, contribuição, responsabilidade e objetivos.
- **Elaboração de Cenários e Planejamento de Contingência:** Inclui simulações de possíveis eventos de inundação e a definição de estratégias e protocolos de resposta, visando minimizar os impactos e recuperação após o evento.

4.2.2.2 Tecnologias Baseadas em IA e Modelagem Preditiva

A categoria engloba um conjunto de abordagens que utilizam inteligência artificial, aprendizado de máquina e modelagem primitiva, aprimorando e melhorando o monitoramento e previsão de eventos de inundação. O seu foco principal é possibilitar uma análise dinâmica dos riscos, permitindo uma ação mais rápida e eficaz, tanto na fase de prevenção quanto na mitigação dos impactos.

- **Sistemas Automatizados de Monitoramento:** Consiste no emprego de sensores, câmeras e dispositivos baseado em Internet das Coisas (IOT), visando coletar dados ambientais e hidrológicos para serem processados por algoritmos inteligentes para identificar ou gerar sinais de alerta. Arshad et al. (2019) apresenta uma aplicação de sensores baseados em Internet das Coisas (IOT) e de técnicas de visão computacional que tem sido amplamente utilizada para o monitoramento das inundações, fornecendo dados em tempo real através de sistemas que utilizam câmeras e imagens para estimar níveis de água e outras condições críticas, permitindo previsões mais precisas para alertas antecipados para comunidades de risco.
- **Aplicação de Algoritmos de Aprendizado:** Este componente engloba a utilização de técnicas de *machine learning* para identificar padrões e tendências em grandes volumes de dados, contribuindo para o refinamento contínuo das previsões e adaptações dos modelos às mudanças climáticas. Em seus estudos, os autores (Zhang et al., 2021) e Lin et al. (2019) utilizam imagens de radar de abertura sintética (SAR) via satélite para o mapeamento e monitoramento de inundações de longa escala. Os mesmos pesquisadores mostram que a integração de imagens SAR com machine learning permite o mapeamento veloz de inundações, possibilitando uma resposta emergencial e

planejamento urbano, ilustrando a integração em áreas urbanas durante eventos de inundações

- **Modelagem Computacional Preditiva:** Consiste no desenvolvimento de modelos que simulam diferentes cenários de inundação com base em dados históricos e atuais, fazendo uma projeção do comportamento dos cursos d'água sob diversas condições externas.

As definições dos clusters das medidas não estruturais foram reunidas e apresentadas na Tabela 4.3 oferecendo um resumo dos principais conceitos relacionados e contribuindo para uma melhor compreensão dos aspectos abordados.

Tabela 4.3 - Definição dos Clusters das Medidas Não Estruturais

Medidas Não Estruturais	
Cluster	Definição
Tecnologias Baseadas em IA e Modelagem Preditiva	Utilização de ferramentas avançadas (inteligência artificial, aprendizado de máquina, modelagem preditiva, GIS, realidade aumentada, etc.) para monitorar, prever e analisar riscos de inundação, permitindo respostas rápidas e fundamentadas em dados.
Planejamento, Avaliação de Risco e Alerta Precoce	Estratégias voltadas à análise da vulnerabilidade, avaliação do risco e implementação de sistemas de alerta e monitoramento, integradas ao planejamento urbano resiliente. Envolve a definição de cenários, a formulação de políticas públicas e a preparação para desastres.

Fonte: Esta pesquisa (2025)

4.3 Frequência das Medidas Estruturais

A partir das definições dos *clusters* sintetizadas e organizadas, o estudo avançou para análise de frequências com que cada medida estrutural foi empregada nas pesquisas analisadas nesta revisão de literatura, permitindo identificar tendências e focos de investigação entre os anos de 2019 e 2024. Inicialmente, através de mapas de calor, foram contabilizados artigos que utilizaram as medidas estruturais, resultando na Figura 4.2, que ilustra de maneira temporal essas medidas.

Figura 4.2 - Mapa de calor das medidas estruturais pelo ano de publicação

Medidas Estruturais			
Ano de publicação	Infraestrutura de Drenagem e Controle de Enchentes	Infraestrutura Urbana	Infraestrutura Verde e/ou Azul
2024	9	1	3
2023	13	1	3
2022	14	1	1
2021	14	1	1
2020	8	1	0
2019	7	0	0

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A partir do resultado obtido, observou-se que 83,33% das medidas estruturais coletadas nas publicações se concentraram em Infraestrutura de Drenagem e Controle de Inundações, evidenciando a preferência por medidas tradicionais de engenharia para lidar com a problemática. O número elevado da escolha por diques, canais, reservatórios, sistemas de drenagem, barreiras e outras obras físicas pode refletir uma abordagem muitas vezes impulsionada por políticas e diretrizes que priorizam soluções imediatas e de grande escala, mesmo diante de novas técnicas e tecnologias. O mesmo fator também explica a reduzida frequência de estudos voltados a estratégias para infraestrutura e planejamento urbano, que representam somente 6,41% das medidas estruturais identificadas. A implementação dessas estratégias e propostas de melhoria requer participação de múltiplos agentes, necessitando de uma articulação mais complexa. Outro aspecto a se considerar é que a quantificação dos benefícios de intervenções como reforços em pontes ou mudanças em padrões construtivos nem sempre é tão clara quanto a de obras de drenagem ou diques.

Apesar de diversos autores, como Van Oorschot et al. (2021) e Zhai et al. (2021), destacarem os benefícios da Infraestrutura Verde e da Infraestrutura Azul, sobretudo a alta capacidade de retenção de água e possibilidade de integração com sistemas de escoamento tradicionais já existentes, a frequência reduzida de artigos que abordam essas medidas, sendo apenas 10,25% da amostra, chama a atenção para um possível desafio associado à sua integração no planejamento urbano e no gerenciamento de riscos de inundação.

Em relação à Infraestrutura Verde, segundo ARIK (2022), para que essa medida seja utilizada para reduzir e mitigar os danos das inundações, os participantes devem buscar entrar em consenso sobre o seu papel, contribuição, responsabilidade e objetivos. Enquanto o governo desempenha um papel central no planejamento e na regulamentação, a iniciativa privada pode oferecer soluções inovadoras e aportes financeiros. Já a comunidade local, por sua vez, necessita de um envolvimento ativo para legitimar as decisões e prevenir benefícios unilaterais (RIJAL, 2023). Quando essas partes não cooperam, as dificuldades para a sua aplicação aumentam. Além disso, ARIK (2022) ressalta que a complexidade da aplicação vai além da necessidade de consenso entre o governo, iniciativa privada e comunidade local, acrescentando a indisponibilidade de dados para modelar a rede de drenagem existente, resultando em análises imprecisas de viabilidade. Assim, embora as vantagens da Infraestrutura Verde estejam reconhecidas na literatura, o êxito em sua aplicação depende fortemente de arranjos que promovam confiança, recursos adequados e coordenação efetiva entre os diferentes *stakeholders*.

Quanto à Infraestrutura Azul, observa-se que a sua discussão na literatura ainda é bastante limitada, sendo a escassez podendo ser atribuída em parte à dificuldade de quantificação dos

benefícios ambientais e sociais desses sistemas. Além disso, assim como a Infraestrutura Verde, a integração de soluções baseadas em Infraestrutura Azul depende de abordagens interdisciplinares, cooperação de *stakeholders* e políticas públicas.

4.4 Frequência das Medidas Não Estruturais

Posteriormente, o estudo avançou para as medidas não estruturais, utilizando as definições organizadas para avaliar a frequência com que cada estratégia foi mencionada nas publicações incluídas no protocolo da revisão. De maneira semelhante à análise realizada para as medidas estruturais, foram elaborados mapas de calor que evidenciam os padrões emergentes e as áreas de maior interesse entre os anos de 2019 e 2024, por meio da contabilização dos artigos que adotam essas medidas, conforme ilustrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Mapa de calor das medidas não estruturais pelo ano de publicação

Medidas Não Estruturais		
Ano de publicação	Tecnologias Baseadas em IA e Modelagem Preditiva	Planejamento, Avaliação de Risco e Alerta Precoce
2024	7	14
2023	3	25
2022	0	21
2021	2	22
2020	2	14
2019	1	7

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base nas informações reveladas pelo mapa de calor, percebe-se que as medidas não estruturais foram citadas de forma significativamente maior do que as estruturais, com um total de 118 ocorrências em comparação a 78. Esse predomínio pode ser explicado, em parte, pelo menor custo de implementação e alta flexibilidade das estratégias referentes a essas medidas, sobretudo em comparação às obras físicas e de engenharia, tornando-as mais atrativas em contextos com restrições orçamentárias ou em estruturas organizacionais complexas.

Em seguida, observa-se que a maior parte das medidas não estruturais presentes se concentram no *cluster* de “Planejamento, Avaliação de Risco e Alerta Precoce”, representando aproximadamente 87,29% do total das ocorrências. O elevado número de publicações destinado a este cluster se deve, em grande parte, à consolidação de diretrizes e à melhoria contínua e uso das normas que regem o gerenciamento de risco. Estudos como os de Casagrande et al. (2017) e UNISDR (2019) evidenciam que o fortalecimento dessas diretrizes, aliado à implementação de sistemas de monitoramento e alerta, tem se expandido não só a inundações em áreas urbanas, mas também para a gestão de outros desastres, como terremotos, tsunamis e tempestades.

Embora tenha ganhado espaço nos últimos anos, o cluster de “Tecnologia Baseadas em IA e Modelagem Preditiva” apresentou uma frequência bem menor em contraste com o número de estudos sobre planejamento, avaliação de risco e alerta precoce. Tal cenário pode refletir ao fato de que a adoção de sistemas avançados de análise de previsão requer certo nível de especialização e infraestrutura que nem sempre estão disponíveis, sobretudo em contextos onde faltam capacitação técnica ou comprovação dos benefícios dessas tecnologias. Outra limitação a sua aplicação é que a confiabilidade dos modelos depende diretamente da qualidade e quantidade dos dados, dificultando o seu emprego em regiões com registros insuficientes ou pouco padronizados.

Por outro lado, nos últimos anos analisados, 2023 e 2024, houve um crescimento no número de publicações, podendo indicar que tais barreiras mencionadas vêm sendo gradualmente superadas com o tempo. A popularização e evolução das ferramentas de aprendizado de máquina e inteligência artificial, somada a uma maior disponibilidade dos dados meteorológicos e hidrológicos pode contribuir para ampliar o interesse a viabilidade dessas soluções, despontando-as como alternativas promissoras para reforçar a capacidade de de previsão e resposta em cenários de inundações urbanas.

Apesar da predominância das medidas não estruturais, Costa & Pimentel (2017) ressaltam que existem desafios complexos na sua aplicação, sobretudo no que diz respeito ao engajamento da comunidade local e suas instituições, gerando necessidade de alinhamento entre as partes. Uma adversidade relatada pelo autor inclui a manutenção de recursos, consciência e preparação durante períodos prolongados sem a ocorrência de um evento de inundação, visto que a memória de desastres tende a enfraquecer durante o tempo. Nesse contexto, ações preventivas e mitigadoras, advindas de medidas não estruturais, podem ser deixadas em segundo plano, dificultando assim a consolidação de práticas que, embora tenham custos menores que as medidas estruturais, sendo mais onerosas e adaptáveis, requerem um esforço contínuo de comunicação, participação social e monitoramento para se manterem eficazes.

4.5 Análise das ferramentas e metodologias extraídas

No decorrer da revisão de literatura, foram identificadas diversas ferramentas e metodologias aplicadas ao gerenciamento de risco em inundações urbanas. Embora alguns estudos não descrevam detalhadamente as ferramentas utilizadas ou não apresentem explicitamente uma ferramenta, a análise permitiu identificar as principais abordagens mencionadas, destacando aquelas mais recorrentes dentro da amostra resultante da revisão. Para facilitar a visualização e a interpretação dos dados, as ferramentas e metodologias identificadas foram organizadas em categorias, conforme ilustrado na Tabela 4.4, que possuem

características semelhantes, permitindo uma análise mais estruturada das tendências observadas.

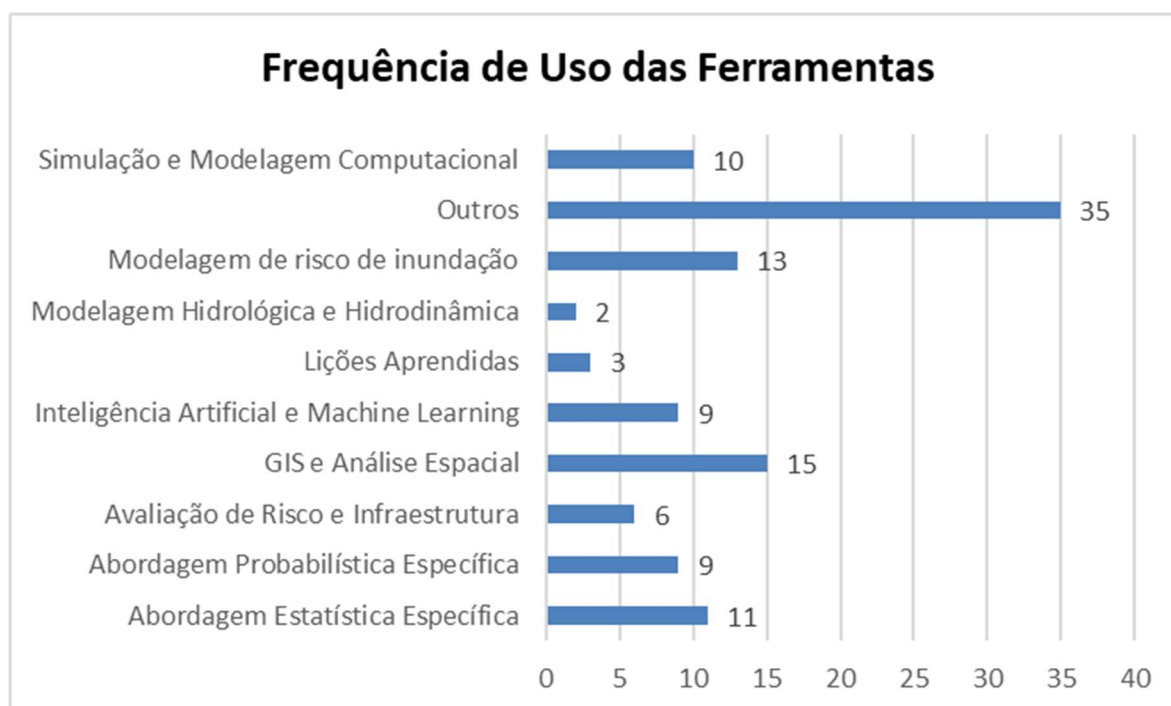
Tabela 4.4 - Descrição das categorias das Ferramentas/Metodologias

Categoria	Descrição
Abordagem Estatística Específica	Métodos estatísticos específicos como regressão, séries temporais e inferência estatística para análise de riscos.
Abordagem Probabilística Específica	Modelos baseados em probabilidade, como Simulação de Monte Carlo e estocásticos
Avaliação de Risco e Infraestrutura	Técnicas para avaliar vulnerabilidades e impactos em infraestruturas urbanas e críticas devido a inundações.
GIS e Análise Espacial	Uso de GIS para mapear, modelar e visualizar riscos e impactos com dados espaciais.
Inteligência Artificial e Machine Learning	Aplicação de aprendizado de máquina, redes neurais e <i>deep learning</i> para prever e otimizar respostas a desastres.
Lições Aprendidas	Métodos qualitativos e semiquantitativos, como entrevistas e pesquisas em campo para melhorar práticas de gestão.
Modelagem Hidrológica e Hidrodinâmica	Modelos matemáticos e computacionais para simular escoamento superficial, bacias hidrográficas e drenagem urbana.
Modelagem de Risco de Inundação	Metodologias para estimar e prever impactos de enchentes considerando profundidade, exposição e vulnerabilidade.
Outros	Ferramentas que aparecem isoladamente e não se encaixam claramente nas demais categorias.
Simulação e Modelagem Computacional	Técnicas computacionais como simulação baseada em agentes e dinâmica de sistemas para avaliar cenários de risco.

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Em seguida, foi elaborado um gráfico para ilustrar a frequência com que cada uma das categorias de ferramentas e metodologias identificadas aparecem na extração dos dados, sendo ilustrado pelo gráfico da Figura 4.4.

Figura 4.4 - Frequência de Uso das Ferramentas/Metodologias



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Com base nos resultados coletados através da análise do gráfico, observa-se que a categoria “GIS e Análise Espacial” se destaca como a abordagem mais utilizada, considerando que a categoria “Outros” reúne uma série de ferramentas e metodologias que não se enquadram nas demais categorias só estiveram presentes uma vez durante toda extração dos dados. O destaque do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), também conhecido como GIS (do inglês - *Geographic Information System*) e da sua capacidade de processar dados espaciais, evidencia a sua relevância no contexto do gerenciamento de riscos em inundações urbanas. De acordo com CHEN et al. (2015), o GIS é capaz de modelar de forma integrada diversas condições naturais, incluindo clima, topografia, hidrologia e outras características sociais e econômicas.

Logo em seguida, a categoria de “Modelagem de Risco em Inundação” se destaca como a segunda abordagem mais recorrente nos estudos analisados, sugerindo que a compreensão e quantificação dos riscos associados aos eventos de inundação é uma prioridade na gestão de desastres urbanos, além de indicar que os pesquisadores têm investido cada vez mais na criação e refinamento de modelos preditivos aplicados a diferentes cenários. Sob essa perspectiva, Luu e Von Meding (2018) destacam que a integração entre a Modelagem de Risco em Inundação e estruturas baseadas em GIS tem sido amplamente utilizadas em estudos recentes, abrangendo diferentes escalas de análise, desde o nível global até o regional e local.

Para complementar a análise da extração das ferramentas e metodologias utilizadas para prevenir ou mitigar os impactos econômicos advindos das inundações urbanas, foi elaborado um mapa de calor na Figura 4.5 que ilustra a recorrência de cada abordagem aliada a sua distribuição temporal ao longo do período analisado.

Figura 4.5 - Mapa de Calor das Ferramentas/Metodologias por ano de publicação

Categorização das Ferramentas/Metodologias	Ano de publicação					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Abordagem Estatística Específica	0	0	2	1	2	6
Abordagem Probabilística Específica	0	1	4	1	1	2
Avaliação de Risco e Infraestrutura	0	0	0	0	1	5
GIS e Análise Espacial	2	0	1	3	3	6
Inteligência Artificial e Machine Learning	0	0	1	0	0	8
Lições Aprendidas	0	0	0	0	0	3
Modelagem Hidrológica e Hidrodinâmica	2	0	0	1	2	8
Modelagem de risco de inundação	0	0	0	1	1	0
Outros	3	3	5	9	7	8
Simulação e Modelagem Computacional	0	2	1	0	1	6

Fonte: Esta pesquisa (2025)

A análise do mapa de calor revela um aumento expressivo das categorias de “Inteligência Artificial e *Machine Learning*” e de “Modelagem Hidrológica e Hidrodinâmica” no ano de

2024, indicando uma adoção crescente de técnicas avançadas para previsão e análise de riscos em inundações.

Além disso, observa-se um crescimento considerável na citação de ferramentas e metodologias como “GIS e Análise Espacial” e “Simulação e Modelagem Computacional”, que também tiveram um aumento significativo no ano de 2024, indicando que, no último ano, houve uma intensificação das pesquisas voltadas para essas metodologias. Esse avanço reforça a sofisticação dos estudos na área e demonstra que essas tecnologias já estão em uso, com potencial para serem aprimoradas e ampliadas no futuro, tornando as análises de risco ainda mais precisas e eficazes.

4.6 Frequência de abordagem utilizada

Outro aspecto relevante identificado na análise foi o tipo de abordagem metodológica utilizada ao longo dos anos de publicação, classificando-se em três categorias de abordagem: qualitativa, quantitativa e mista. Esta última combina elementos das duas anteriores, permitindo uma análise mais abrangente. Os resultados dessa distribuição estão representados no mapa de calor da Figura 4.6.

Figura 4.6 - Mapa de Calor da abordagem por ano de publicação

Ano de Publicação	Abordagem		
	Qualitativa	Quantitativa	Mista
2024	1	12	9
2023	1	9	17
2022	1	4	16
2021	0	9	17
2020	1	3	12
2019	0	3	5

Fonte: Esta pesquisa (2025)

Através do mapa de calor, constatou-se que a maioria dos artigos empregou mais de uma abordagem, sendo a abordagem mista predominando na maioria dos anos analisados, exceto em 2024, onde sua representatividade foi menor. No total, a abordagem mista correspondeu a 63,33% das publicações, sugerindo que os pesquisadores estão preferindo combinar técnicas quantitativas e qualitativas para obter resultados mais robustos. Esse resultado reflete a crescente tendência de combinar ferramentas e metodologias distintas para análises mais abrangentes, garantindo maior compreensão dos riscos e dos impactos das inundações urbanas.

4.7 Conclusão do capítulo

Esta subseção apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos a partir da Revisão Sistemática da Literatura, organizada com base nas perguntas norteadoras definidas no Capítulo 3. A proposta é consolidar os achados mais relevantes da análise, proporcionando uma visão geral das abordagens, tendências e lacunas identificadas nos estudos revisados.

4.7.1 Síntese dos Resultados

Os resultados evidenciaram a predominância de estratégias mistas no gerenciamento de riscos em inundações urbanas, integrando ações de prevenção e mitigação de forma complementar. Observou-se uma tendência crescente, especialmente a partir de 2022, de estratégias integradas que buscam responder tanto à necessidade de reduzir a exposição ao risco quanto de mitigar os danos quando os eventos ocorrem. Essa evolução acompanha a intensificação dos eventos hidrometeorológicos e revela uma busca por soluções mais eficazes e adaptáveis.

As análises também mostraram que as medidas não estruturais são mais amplamente adotadas, principalmente em contextos onde a infraestrutura física é limitada ou de difícil aplicação. Estratégias como planejamento urbano, avaliação de vulnerabilidades, sistemas de alerta e monitoramento foram recorrentes e apontadas como fundamentais para a redução dos impactos econômicos das inundações. Já as medidas estruturais, embora ainda presentes, concentram-se em intervenções tradicionais, como drenagens e barreiras, ao passo que soluções baseadas na natureza, apesar do seu potencial, ainda enfrentam desafios para serem efetivamente implementadas.

No que se refere às ferramentas utilizadas, os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e os modelos de risco se destacaram por sua ampla aplicação, permitindo análises espaciais detalhadas e suporte à tomada de decisão. A presença crescente de abordagens baseadas em inteligência artificial e aprendizado de máquina também indica um movimento da literatura em direção a modelos preditivos mais sofisticados.

Por fim, a predominância de metodologias mistas, que combinam abordagens qualitativas e quantitativas, reforça a necessidade de análises abrangentes, especialmente quando se trata de eventos complexos como as inundações em áreas urbanas. Essa diversidade metodológica permite adaptar as análises aos diferentes contextos territoriais e institucionais, oferecendo maior flexibilidade à gestão de riscos.

Apesar do robusto volume de informações obtido, vale ressaltar que a mensuração direta dos impactos econômicos não foi possível, uma vez que poucos estudos apresentaram dados padronizados ou comparáveis sobre prejuízos financeiros. Ainda assim, esses impactos foram determinantes na definição das palavras-chave e na seleção da amostra, garantindo a aderência

dos artigos ao escopo da pesquisa. A seguir, apresenta-se a síntese dos principais achados da revisão, conforme ilustrado na Tabela 4.5, organizada a partir das perguntas norteadoras definidas na metodologia.

Tabela 4.5: Síntese do Resultados

Pergunta Norteadora		Síntese
1	Quais estratégias de gerenciamento de riscos em inundações urbanas são mais abordadas na literatura, considerando ações de prevenção, mitigação ou a combinação de ambas?	Observou-se predominância de estratégias mistas, que integram medidas de prevenção e mitigação. A tendência é crescente, sobretudo a partir de 2022, refletindo a intensificação dos eventos hidrometeorológicos e a busca por abordagens mais eficazes e adaptáveis.
2	Quais tipos de medidas estruturais e não estruturais têm sido priorizadas nos estudos, e como essas escolhas variam ao longo do tempo?	Medidas não estruturais, como planejamento urbano, avaliação de vulnerabilidades e sistemas de alerta, são mais frequentes. Entre as medidas estruturais, a drenagem urbana é a mais recorrente, seguida por reservatórios e barreiras físicas. Soluções baseadas na natureza enfrentam desafios de implementação, apesar do seu potencial.
3	Que ferramentas e metodologias são utilizadas nas pesquisas para apoiar a gerenciamento de riscos de inundações urbanas, e quais tendências podem ser observadas?	GIS e modelagem de risco são amplamente utilizadas. Há crescimento no uso de inteligência artificial, aprendizado de máquina e modelagens hidrológicas, com destaque para abordagens preditivas mais sofisticadas e integradas.
4	Quais são as abordagens metodológicas predominantes nos estudos analisados e como elas influenciam os resultados apresentados?	As abordagens mistas prevalecem, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Essa combinação favorece análises mais completas e adaptáveis, possibilitando melhor compreensão dos riscos e apoio à tomada de decisão.

Fonte: Esta pesquisa (2025)

5 CONCLUSÃO

Este capítulo finaliza o presente estudo, apresentando as considerações finais sobre os resultados obtidos, além de destacar as limitações do estudo e sugerir possibilidades para pesquisas futuras.

5.1 Considerações finais

Nas últimas décadas, os impactos econômicos decorrentes das inundações em áreas urbanas têm ganhado destaque na agenda científica e governamental, não apenas pela intensidade crescente desses eventos, mas também pelas dificuldades enfrentadas na mitigação de seus efeitos sobre a infraestrutura, os serviços e as populações vulneráveis. Nesse contexto, compreendeu-se que o mapeamento e análise das abordagens utilizadas para o gerenciamento de riscos, especialmente aquelas voltadas à redução de perdas financeiras, é fundamental para subsidiar estratégias mais eficazes e adaptadas à realidade das cidades.

Com base nesse entendimento, este trabalho realizou uma Revisão Sistemática da Literatura sobre o tema no período de 2019 a 2024, a fim de identificar as abordagens mais adotadas, os caminhos metodológicos recorrentes e as transformações observadas nesse intervalo. A delimitação temporal permitiu captar um período recente de intensas discussões sobre resiliência urbana, marcado por eventos extremos de grande repercussão e por um avanço técnico significativo no uso de estratégias, medidas estruturais e não estruturais, ferramentas e tecnologias aplicadas à previsão e ao planejamento de riscos. Esse panorama favoreceu o levantamento de evidências robustas e atualizadas, que contribuíram para compreender com maior profundidade a evolução das práticas de gerenciamento de risco em inundações.

Ao longo da análise, observou-se que as medidas estruturais continuam sendo amplamente mencionadas na literatura, com destaque para aquelas voltadas à drenagem urbana e ao controle físico do fluxo hídrico, tradicionalmente aplicadas como resposta direta aos eventos de inundação. Também foram identificadas, em menor escala, iniciativas que envolvem soluções baseadas na natureza, como infraestruturas verdes e azuis, reconhecidas por seus benefícios ambientais e capacidade de promover benefícios urbanos, embora sua implementação ainda enfrente barreiras importantes, como a ausência de dados adequados para modelagem, limitações técnicas e a necessidade de articulação entre múltiplos atores. Ao mesmo tempo, as medidas não estruturais passaram a ganhar maior destaque na literatura ao longo do período analisado, refletindo uma valorização crescente de estratégias como planejamento urbano, avaliação de vulnerabilidades e sistemas de alerta precoce, que vêm se

consolidando como componentes centrais na gestão de riscos de inundações em contextos urbanos.

Identificou-se ainda a consolidação das chamadas estratégias mistas, que articulam ações preventivas e mitigatórias de forma complementar, evidenciando uma tentativa de tornar a gestão de riscos mais abrangente e adaptável às diferentes realidades urbanas. Nos anos mais recentes, especialmente entre 2023 e 2024, a literatura passou a evidenciar com maior frequência o uso de ferramentas como Sistemas de Informação Geográfica e modelagem hidrológica, que têm se destacado pelo suporte à análise espacial e à simulação de cenários. Embora ainda em menor escala, algumas pesquisas também apontam avanços no uso de técnicas baseadas em inteligência artificial, sugerindo uma tendência emergente de incorporar tecnologias preditivas na gestão de inundações.

Diante desses resultados, observa-se que o gerenciamento de riscos em inundações urbanas está cada vez mais pautado na necessidade de abordagem integradas, impulsionado por avanços tecnológicos e por soluções mais eficazes e adaptáveis. Ainda assim, permanecem desafios consideráveis a serem enfrentados, como a ampliação do uso de soluções baseadas na natureza, o fortalecimento da governança colaborativa e a necessidade de maior engajamento da sociedade na gestão do risco. Além disso, a integração de medidas estruturais e não estruturais continua sendo um dos principais obstáculos a uma gestão eficiente, exigindo esforços coordenados entre governos, setor privado e comunidades locais.

5.2 Limitações e sugestões para trabalhos futuros

Apesar das contribuições deste estudo, algumas limitações devem ser reconhecidas:

A ausência de dados mais específicos que permitam uma análise aprofundada dos impactos econômicos e suas diversas dimensões, como a interrupção de serviços públicos, perdas na produção empresarial e industrial, custos da interrupção do tráfego e perda de receita tributária devido à migração de empresas após os eventos de inundação. A indisponibilidade sobre esses aspectos dificulta a avaliação dos prejuízos financeiros associados às inundações.

O alto volume de dados provenientes da extensa amostra, mesmo após a aplicação de rigorosos critérios de exclusão, tornou o processo de sintetização e interpretação dos dados mais complexo. Essa limitação ressalta a necessidade do uso de metodologias para lidar com o grande número de informações geradas por uma revisão sistemática da literatura.

Apesar das dificuldades encontradas, a pesquisa revelou-se extremamente proveitosa, proporcionando uma análise detalhada e aprofundada sobre o gerenciamento de risco de inundações urbanas e oferecendo *insights* valiosos que podem orientar futuros estudos e práticas

na área. Os desafios encontrados não só enriqueceram a experiência da pesquisa, mas também evidenciaram a importância da adaptabilidade ao lidar com revisões sistemáticas.

Quanto às recomendações para trabalhos futuros, destaca-se a importância de ampliar o recorte temporal das análises, incorporando estudos anteriores a 2019 ou comparando diferentes períodos, o que pode possibilitar uma visão mais aprofundada sobre a evolução histórica das abordagens de gerenciamento de riscos de inundações e seus efeitos econômicos. Essa perspectiva longitudinal pode contribuir para identificar mudanças de paradigmas, rupturas metodológicas e a consolidação de determinadas estratégias ao longo do tempo. Além disso, é proveitoso investigar a eficácia das ferramentas e das combinações adotadas em contextos específicos, favorecendo a análise do impacto a longo prazo das medidas aplicadas em diferentes cenários urbanos.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento sobre como a interação entre políticas públicas, inovações tecnológicas e participação comunitária pode influenciar diretamente a efetividade das estratégias implementadas, oferecendo subsídios valiosos para a formulação de ações integradas e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ALABBAD, Y. et al. Assessment of transportation system disruption and accessibility to critical amenities during flooding: Iowa case study. **Science of the Total Environment**, v. 793, 1 nov. 2021a.
- ALABBAD, Y. et al. Assessment of transportation system disruption and accessibility to critical amenities during flooding: Iowa case study. **Science of the Total Environment**, v. 793, 1 nov. 2021b.
- ALABBAD, Y.; DEMIR, I. Comprehensive flood vulnerability analysis in urban communities: Iowa case study. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 74, 1 maio 2022a.
- ALABBAD, Y.; DEMIR, I. Comprehensive flood vulnerability analysis in urban communities: Iowa case study. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 74, 1 maio 2022b.
- ANKER, Y. et al. Effect of rapid urbanization on Mediterranean karstic mountainous drainage basins. **Sustainable Cities and Society**, v. 51, 1 nov. 2019.
- ARIK, Aida D. Characterizing Competing Viewpoints in Stormwater Governance: An Urban Honolulu Case Study. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 4, p. 832935, 2022.
- AROSIO, M. et al. Service accessibility risk (SAR) assessment for pluvial and fluvial floods in an urban context. **Hydrology**, v. 8, n. 3, 1 set. 2021.
- ARRIGHI, C.; CARRARESI, A.; CASTELLI, F. Resilience of art cities to flood risk: A quantitative model based on depth-idleness correlation. **Journal of Flood Risk Management**, v. 15, n. 2, 1 jun. 2022a.
- ARRIGHI, C.; CARRARESI, A.; CASTELLI, F. Resilience of art cities to flood risk: A quantitative model based on depth-idleness correlation. **Journal of Flood Risk Management**, v. 15, n. 2, 1 jun. 2022b.

- ARSHAD, Bilal; OGIE, Robert; BARTHELEMY, Johan; PRADHAN, Biswajeet; VERSTAEVEL, Nicolas; PEREZ, Pascal. Computer Vision and IoT-Based Sensors in Flood Monitoring and Mapping: A Systematic Review. **Sensors**, v. 19, n. 22, p. 5012, 2019.
- AVEN, T. et al. **Society for Risk Analysis Glossary** Expert group members: Society for Risk Analysis Glossary, 2018.
- AVEN, T. On how to define, understand and describe risk. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 95, n. 6, p. 623–631, jun. 2010.
- BECHEIKH, Nizar; LANDRY, Réjean; AMARA, Nabil. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. **Technovation**, v. 26, n. 5–6, p. 644–664, 2006.
- BIRKMANN, Jörn; CARDONA, Omar D.; CARREÑO, Martha L.; BARBAT, Alex H.; PELLING, Mark; SCHNEIDERBAUER, Stefan; KIENBERGER, Stefan; KEILER, Margreth; ALEXANDER, David; ZEIL, Peter; WELLE, Torsten. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. **Natural Hazards**, v. 67, n. 2, p. 193–211, 2013.
- BOURNAS, A.; BALTAS, E. Investigation of the gridded flash flood Guidance in a Peri-Urban basin in greater Athens area, Greece. **Journal of Hydrology**, v. 610, 1 jul. 2022a.
- BOURNAS, A.; BALTAS, E. Investigation of the gridded flash flood Guidance in a Peri-Urban basin in greater Athens area, Greece. **Journal of Hydrology**, v. 610, 1 jul. 2022b.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010**. Brasília: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Manual Técnico para Redução de Riscos de Desastres: Volume 6 – Planejamento Urbano**. Brasília: MDR, 2018.

- CALLE MÜLLER, C.; LAGOS, L.; ELZOMOR, M. Leveraging Disruptive Technologies for Faster and More Efficient Disaster Response Management. **Sustainability (Switzerland)**, v. 16, n. 23, 1 dez. 2024.
- CAI, Z. et al. Calculating the Environmental Impacts of Low-Impact Development Using Long-Term Hydrologic Impact Assessment: A Review of Model Applications. **Land**, 1 mar. 2023a.
- CAI, Z. et al. Calculating the Environmental Impacts of Low-Impact Development Using Long-Term Hydrologic Impact Assessment: A Review of Model Applications. **Land**, 1 mar. 2023b.
- CAI, Z. et al. Calculating the Environmental Impacts of Low-Impact Development Using Long-Term Hydrologic Impact Assessment: A Review of Model Applications. **Land**, 1 mar. 2023c.
- CASAGRANDE, Luis G.; PAIVA, Rodrigo C. D.; COLLISCHONN, Walter; BORSATO, Ricardo R. Desenvolvimento de um modelo de previsão de inundações em tempo real para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22, e17, 2017.
- CEA, L.; COSTABILE, P. Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change: A Review. **Hydrology**, 1 mar. 2022a.
- CEA, L.; COSTABILE, P. Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change: A Review. **Hydrology**, 1 mar. 2022b.
- CERAGENE, M. et al. A Risk-Based Approach for the Analysis of Flood Impact in Villahermosa (Tabasco, Mexico). **Water**, v. 15, n. 22, 1 nov. 2023a.
- CERAGENE, M. et al. A Risk-Based Approach for the Analysis of Flood Impact in Villahermosa (Tabasco, Mexico). **Water**, v. 15, n. 22, 1 nov. 2023b.
- CERES, R. L.; FOREST, C. E.; KELLER, K. Optimization of multiple storm surge risk mitigation strategies for an island City On a Wedge. **Environmental Modelling and Software**, v. 119, p. 341–353, 1 set. 2019.

- CHEN, H. et al. Urban Flood Risk Assessment Based on Dynamic Population Distribution and Fuzzy Comprehensive Evaluation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, 1 dez. 2022a.
- CHEN, H. et al. Urban Flood Risk Assessment Based on Dynamic Population Distribution and Fuzzy Comprehensive Evaluation. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, 1 dez. 2022b.
- CHEN, J.; HILL, A. A.; WILLIAMS, B. M. A spatial assessment framework for evaluating flood risk under extreme climates. **Natural Hazards**, v. 76, n. 2, p. 1231–1250, 2015.
- CHITSAZ, N.; BANIHABIB, M. E. Comparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives. **Water Resources Management**, v. 29, n. 8, p. 2503–2525, 1 jun. 2015.
- CHOI, H. IL. Development of flood damage regression models by rainfall identification reflecting landscape features in Gangwon Province, the Republic of Korea. **Land**, v. 10, n. 2, p. 1–14, 1 fev. 2021.
- CIAMPA, F. et al. Flood mitigation in Mediterranean coastal regions: Problems, solutions, and stakeholder involvement. **Sustainability**, 1 set. 2021.
- CIAN, F.; GIUPPONI, C.; MARCONCINI, M. Integration of earth observation and census data for mapping a multi-temporal flood vulnerability index: a case study on Northeast Italy. **Natural Hazards**, v. 106, n. 3, p. 2163–2184, 1 abr. 2021a.
- CIAN, F.; GIUPPONI, C.; MARCONCINI, M. Integration of earth observation and census data for mapping a multi-temporal flood vulnerability index: a case study on Northeast Italy. **Natural Hazards**, v. 106, n. 3, p. 2163–2184, 1 abr. 2021b.
- COLETTA, V. R. et al. Socio-hydrological modelling using participatory System Dynamics modelling for enhancing urban flood resilience through Blue-Green Infrastructure. **Journal of Hydrology**, v. 636, 1 jun. 2024.

- COSTA, Francisco da Silva; PIMENTEL, Maria Ângela Silva. A gestão integrada do risco de inundação em Portugal e no Brasil: o papel das comunidades locais. **Papeles de Geografía**, n. 63-64, p. 101–115, 2017.
- DA SILVA, L. B. L.; ALENCAR, M. H.; DE ALMEIDA, A. T. A novel spatiotemporal multi-attribute method for assessing flood risks in urban spaces under climate change and demographic scenarios. **Sustainable Cities and Society**, v. 76, 1 jan. 2022.
- DAVLASHERIDZE, M. et al. Economic impacts of storm surge and the cost-benefit analysis of a coastal spine as the surge mitigation strategy in Houston-Galveston area in the USA. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 3, p. 329–354, 1 mar. 2019.
- DE ALMEIDA, Adiel Teixeira et al. **Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2015.
- DE MOEL, Hans; VAN ALPHEN, Jos; AERTS, Jeroen C. J. H. Flood risk assessments at different spatial scales. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 20, n. 6, p. 865–890, 2015.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 8, p. 3295–3303, 2013.
- DING, W.; WU, J. Interregional economic impacts of an extreme storm flood scenario considering transportation interruption: A case study of Shanghai, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 88, 1 jan. 2023a.
- DING, W.; WU, J. Interregional economic impacts of an extreme storm flood scenario considering transportation interruption: A case study of Shanghai, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 88, 1 jan. 2023b.

DING, X. et al. Assessment of the impact of climate change on urban flooding: A case study of Beijing, China. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 10, p. 2692–3715, 1 out. 2022a.

DING, X. et al. Assessment of the impact of climate change on urban flooding: A case study of Beijing, China. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 10, p. 2692–3715, 1 out. 2022b.

DUBE, K.; NHAMO, G.; CHIKODZI, D. Flooding trends and their impacts on coastal communities of Western Cape Province, South Africa. **GeoJournal**, v. 87, p. 453–468, 1 out. 2022.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED). *CRED Crunch Newsletter, Issue No. 76 (October 2024): Enhancing the EM-DAT database and documentation*. Bruxelles: CRED, 2024.

FERNANDES JUNIOR, F. E. et al. Memory-based pruning of deep neural networks for IoT devices applied to flood detection. **Sensors**, v. 21, n. 22, 1 nov. 2021.

GÂLGĂU, R. et al. The Use of UAVs to Obtain Necessary Information for Flooding Studies: The Case Study of Somes River, Floresti, Romania. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 13, n. 21, 1 nov. 2023a.

GÂLGĂU, R. et al. The Use of UAVs to Obtain Necessary Information for Flooding Studies: The Case Study of Somes River, Floresti, Romania. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 13, n. 21, 1 nov. 2023b.

GALVIN, E. M.; BENDOR, T. K. The economic impacts of green stormwater infrastructure: An evaluation of novel stormwater management policies in Washington, D.C. **Land Use Policy**, v. 134, 1 nov. 2023a.

GALVIN, E. M.; BENDOR, T. K. The economic impacts of green stormwater infrastructure: An evaluation of novel stormwater management policies in Washington, D.C. **Land Use Policy**, v. 134, 1 nov. 2023b.

- GARACK, S.; ORTLEPP, R. Using hydro-morphological assessment parameters to estimate the flood-induced vulnerability of watercourses - a methodological approach across three spatial scales in Germany and the Czech Republic. **River Research and Applications**. Anais... John Wiley and Sons Ltd, 1 set. 2023a.
- GARACK, S.; ORTLEPP, R. Using hydro-morphological assessment parameters to estimate the flood-induced vulnerability of watercourses - a methodological approach across three spatial scales in Germany and the Czech Republic. **River Research and Applications**. Anais... John Wiley and Sons Ltd, 1 set. 2023b.
- GIMÉNEZ-GARCÍA, R.; RUIZ-ÁLVAREZ, V.; GARCÍA-MARÍN, R. Chronicle of a forecast flood: exposure and vulnerability on the south-east coast of Spain. **Natural Hazards**, v. 114, n. 1, p. 521–552, 1 out. 2022a.
- GIMÉNEZ-GARCÍA, R.; RUIZ-ÁLVAREZ, V.; GARCÍA-MARÍN, R. Chronicle of a forecast flood: exposure and vulnerability on the south-east coast of Spain. **Natural Hazards**, v. 114, n. 1, p. 521–552, 1 out. 2022b.
- GREŽO, H. et al. Flood risk assessment for the long-term strategic planning considering the placement of industrial parks in Slovakia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 1 maio 2020.
- GUO, B. et al. Evaluation of Urban Flood Governance Efficiency Based on the Data Envelopment Analysis Model and Malmquist Index: Evidence from 30 Provincial Capitals in China. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 14, 1 jul. 2023a.
- GUO, B. et al. Evaluation of Urban Flood Governance Efficiency Based on the Data Envelopment Analysis Model and Malmquist Index: Evidence from 30 Provincial Capitals in China. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 14, 1 jul. 2023b.
- GUO, J.; WU, X.; WEI, G. A new economic loss assessment system for urban severe rainfall and flooding disasters based on big data fusion. **Environmental Research**, v. 188, 1 set. 2020.

- GUO, X. et al. The extraordinary Zhengzhou flood of 7/20, 2021: How extreme weather and human response compounding to the disaster. **Cities**, v. 134, 1 mar. 2023c.
- GUO, X. et al. The extraordinary Zhengzhou flood of 7/20, 2021: How extreme weather and human response compounding to the disaster. **Cities**, v. 134, 1 mar. 2023d.
- HOMET, K. et al. Multi-variable assessment of green stormwater infrastructure planning across a city landscape: Incorporating social, environmental, built-environment, and maintenance vulnerabilities. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 1 set. 2022a.
- HOMET, K. et al. Multi-variable assessment of green stormwater infrastructure planning across a city landscape: Incorporating social, environmental, built-environment, and maintenance vulnerabilities. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 1 set. 2022b.
- HUANG, L. et al. Multiobjective programming model for a class of flood disaster emergency material allocation. **Journal of Flood Risk Management**. Anais... John Wiley and Sons Inc, 1 mar. 2023a.
- HUANG, L. et al. Multiobjective programming model for a class of flood disaster emergency material allocation. **Journal of Flood Risk Management**. Anais... John Wiley and Sons Inc, 1 mar. 2023b.
- HUNG, B. V.; DIEP, N. N. Assessment on the economic damage of trading households due to urban inundation. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 1, 1 jan. 2022a.
- HUNG, B. V.; DIEP, N. N. Assessment on the economic damage of trading households due to urban inundation. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 1, 1 jan. 2022b.
- ICYIMPAYE, G.; ABDELBAKI, C.; MOURAD, K. A. Hydrological and hydraulic model for flood forecasting in Rwanda. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 8, n. 1, p. 1179–1189, 1 mar. 2022a.
- ICYIMPAYE, G.; ABDELBAKI, C.; MOURAD, K. A. Hydrological and hydraulic model for flood forecasting in Rwanda. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 8, n. 1, p. 1179–1189, 1 mar. 2022b.

- INTELLIGENCE AND NEUROSCIENCE, C. Retracted: Construction of Urban Flood Disaster Emergency Management System Using Scenario Construction Technology. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2023, n. 1, jan. 2023a.
- INTELLIGENCE AND NEUROSCIENCE, C. Retracted: Construction of Urban Flood Disaster Emergency Management System Using Scenario Construction Technology. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2023, n. 1, jan. 2023b.
- JAHANGIR, M. H.; MOUSAVI REINEH, S. M.; ABOLGHASEMI, M. Spatial predication of flood zonation mapping in Kan River Basin, Iran, using artificial neural network algorithm. **Weather and Climate Extremes**, v. 25, 1 set. 2019.
- JIANG, Q. et al. Simulation Study on Rain-Flood Regulation in Urban “Gray-Green-Blue” Spaces Based on System Dynamics: A Case Study of the Guitang River Basin in Changsha. **Water (Switzerland)**, v. 16, n. 1, 1 jan. 2024.
- KADAVERUGU, A.; NAGESHWAR RAO, C.; VISWANADH, G. K. Quantification of flood mitigation services by urban green spaces using InVEST model: a case study of Hyderabad city, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, n. 1, p. 589–602, 1 mar. 2021.
- KIM, Y. DO et al. Improvement of urban flood damage estimation using a high-resolution digital terrain. **Journal of Flood Risk Management**, v. 13, n. S1, 1 jan. 2020.
- KOTONE, K. et al. Estimation of potential economic losses due to flooding considering variations of spatial distribution of houses and firms in a city. **Journal of Disaster Research**, v. 16, n. 3, p. 329–342, 2021a.
- KOTONE, K. et al. Estimation of potential economic losses due to flooding considering variations of spatial distribution of houses and firms in a city. **Journal of Disaster Research**, v. 16, n. 3, p. 329–342, 2021b.
- LAMRABET, M. et al. Mobile Augmented Reality Application to Evaluate the River Flooding Impact in Coimbra. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 14, n. 21, 1 nov. 2024.

- LI, C. et al. Review on Urban Flood Risk Assessment. **Sustainability (Switzerland)**, 1 jan. 2023a.
- LI, C. et al. Review on Urban Flood Risk Assessment. **Sustainability (Switzerland)**, 1 jan. 2023b.
- LI, W. et al. Integrated assessment of economic losses in manufacturing industry in Shanghai metropolitan area under an extreme storm flood scenario. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 1, 1 jan. 2019.
- LIN, K. et al. Assessment of flash flood risk based on improved analytic hierarchy process method and integrated maximum likelihood clustering algorithm. **Journal of Hydrology**, v. 584, 1 maio 2020.
- LIU, K. et al. Quantifying the direct and indirect impacts of urban waterlogging using input–output analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 352, 1 fev. 2024a.
- LIU, M. et al. Advocating integration of human responses in the flood resilience framework for inland cities of northern China. **Water Policy**, v. 26, n. 7, p. 652–670, 1 jul. 2024b.
- LIU, S. et al. Flood Risk Assessment of Buildings Based on Vulnerability Curve: A Case Study in Anji County. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 21, 1 nov. 2022a.
- LIU, S. et al. Flood Risk Assessment of Buildings Based on Vulnerability Curve: A Case Study in Anji County. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 21, 1 nov. 2022b.
- LIU, W. et al. Analyzing the impacts of topographic factors and land cover characteristics on waterlogging events in urban functional zones. **Science of the Total Environment**, v. 904, 15 dez. 2023a.
- LIU, Y. et al. Economic loss of urban waterlogging based on an integrated drainage model and network environ analyses. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 192, 1 maio 2023b.

- LIU, Y. et al. Economic loss of urban waterlogging based on an integrated drainage model and network environ analyses. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 192, 1 maio 2023c.
- LUO, P. et al. Historical and comparative overview of sponge campus construction and future challenges. **Science of the Total Environment**, 10 jan. 2024.
- LV, H. et al. Optimal Domain Scale for Stochastic Urban Flood Damage Assessment Considering Triple Spatial Uncertainties. **Water Resources Research**, v. 58, n. 7, 1 jul. 2022a.
- LV, H. et al. Optimal Domain Scale for Stochastic Urban Flood Damage Assessment Considering Triple Spatial Uncertainties. **Water Resources Research**, v. 58, n. 7, 1 jul. 2022b.
- MA, K. C.; CHUANG, M. H.; CHAN, T. Y. Analysis of flooding adaptation and groundwater recharge after adopting jw ecological technology in a highly developed urbanization area. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 6, 2 mar. 2021.
- MANANDHAR, B. et al. Post-Flood Resilience Assessment of July 2021 Flood in Western Germany and Henan, China. **Land**, v. 12, n. 3, 1 mar. 2023.
- MENDOZA, M. T.; SCHWARZE, R. Sequential disaster forensics: A case study on direct and socio-economic impacts. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 21, 1 nov. 2019.
- MENG, X. et al. Improved stormwater management through the combination of the conventional water sensitive urban design and stormwater pipeline network. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 159, p. 1164–1173, 1 mar. 2022a.
- MENG, X. et al. Improved stormwater management through the combination of the conventional water sensitive urban design and stormwater pipeline network. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 159, p. 1164–1173, 1 mar. 2022b.
- MIURA, Y. et al. Optimization of Coastal Protections in the Presence of Climate Change. **Frontiers in Climate**, v. 3, 5 ago. 2021.

- MORENO, J. M.; SÁNCHEZ, J. M.; ESPITIA, H. E. Use of computational intelligence techniques to predict flooding in places adjacent to the Magdalena River. **Heliyon**, v. 6, n. 9, 1 set. 2020.
- MOUNCE, S. R. et al. Optimisation of a fuzzy logic-based local real-time control system for mitigation of sewer flooding using genetic algorithms. **Journal of Hydroinformatics**, v. 22, n. 2, p. 281–295, 1 mar. 2020.
- NARANGEREL, S.; SUZUKI, Y. Historic Flood Events and Current Flood Hazard in Ulaanbaatar City, Central Mongolia. **Journal of Disaster Research**, v. 19, n. 4, p. 691–704, 1 ago. 2024.
- NGUYEN, M. T. et al. Understanding and assessing flood risk in Vietnam: Current status, persisting gaps, and future directions. **Journal of Flood Risk Management**, v. 14, n. 2, 1 jun. 2021a.
- NGUYEN, M. T. et al. Understanding and assessing flood risk in Vietnam: Current status, persisting gaps, and future directions. **Journal of Flood Risk Management**, v. 14, n. 2, 1 jun. 2021b.
- O'DONNELL, E. C.; THORNE, C. R. Drivers of future urban flood risk. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, 3 abr. 2020.
- OLTEANU, I. et al. Sustainable Approach of a Multi-Hazard Risk Assessment Using GIS Customized for Ungheni Areal Situated in the Metropolitan Area of Iasi. **Sustainability (Switzerland)**, v. 16, n. 11, 1 jun. 2024.
- PANFILOVA, T. et al. Flood Susceptibility Assessment in Urban Areas via Deep Neural Network Approach. **Sustainability**, v. 16, n. 17, p. 7489, 29 ago. 2024.
- PARIDA, Y.; SAINI, S.; CHOWDHURY, J. R. Economic growth in the aftermath of floods in Indian states. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, n. 1, p. 535–561, 1 jan. 2021.

- PENG, L.; LI, Z. Ensemble flood risk assessment in the Yangtze River economic belt under CMIP6 SSP-RCP scenarios. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 21, 1 nov. 2021.
- PINOS, J.; ORELLANA, D.; TIMBE, L. Assessment of microscale economic flood losses in urban and agricultural areas: Case study of the Santa Bárbara River, Ecuador. **Natural Hazards**, v. 103, n. 2, p. 2323–2337, 1 set. 2020.
- PRAMA, M. et al. Vulnerability assessment of flash floods in Wadi Dahab Basin, Egypt. **Environmental Earth Sciences**, v. 79, n. 5, 1 mar. 2020.
- PRIHANTINI, C. I. Estimating the Economic Losses Value Caused by Flood Disaster in Sampang Regency Using Tangible Damage Assessment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. Anais... Institute of Physics Publishing, 23 abr. 2020.
- PRIMO, V. H. DA C.; RAFAELI, S. L. Assessment of economic impacts in flood events in Lages/SC, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 58, n. 1, p. 30–44, 16 maio 2023a.
- PRIMO, V. H. DA C.; RAFAELI, S. L. Assessment of economic impacts in flood events in Lages/SC, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 58, n. 1, p. 30–44, 16 maio 2023b.
- QIN, X. L.; WANG, S. F.; MENG, M. Flood cascading on critical infrastructure with climate change: A spatial analysis of the extreme weather event in Xinxiang, China. **Advances in Climate Change Research**, v. 14, n. 3, p. 458–468, 1 jun. 2023a.
- QIN, X. L.; WANG, S. F.; MENG, M. Flood cascading on critical infrastructure with climate change: A spatial analysis of the extreme weather event in Xinxiang, China. **Advances in Climate Change Research**, v. 14, n. 3, p. 458–468, 1 jun. 2023b.
- REY, W. et al. Assessing different flood risk and damage approaches: A case of study in Progreso, Yucatan, Mexico. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 8, n. 2, 1 fev. 2020.

- REZVANI, S. M. H. S.; SILVA, M. J. F.; DE ALMEIDA, N. M. Urban Resilience Index for Critical Infrastructure: A Scenario-Based Approach to Disaster Risk Reduction in Road Networks. **Sustainability (Switzerland)**, v. 16, n. 10, 1 maio 2024.
- RIVOSECCHI, A.; SINGH, M. Small Island City Flood Risk Assessment: The Case of Kingston, Jamaica. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 22, 1 nov. 2023a.
- RIVOSECCHI, A.; SINGH, M. Small Island City Flood Risk Assessment: The Case of Kingston, Jamaica. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 22, 1 nov. 2023b.
- RÜCKERT, Aldomar Arnaldo; VICENTE, Francisco Jorge; GOMES, Luis Fabiano Ribeiro. A tragédia climática no Rio Grande do Sul em 2024. Anotações sobre uma catástrofe anunciada. **Geografares**, Vitória, v. 39, 2024.
- RUSSO, B.; VALENTÍN, M. G.; TELLEZ-ÁLVAREZ, J. The relevance of grated inlets within surface drainage systems in the field of urban flood resilience. A review of several experimental and numerical simulation approaches. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 13, 1 jul. 2021.
- SAKIJEGE, T.; DAKYAGA, F. Going beyond generalisation: Perspective on the persistence of urban floods in Dar es Salaam. **Natural Hazards**. Anais... Springer Science and Business Media B.V., 1 fev. 2023.
- SALAZAR-BRIONES, C. et al. An integrated urban flood vulnerability index for sustainable planning in arid zones of developing countries. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 2, 1 fev. 2020.
- SAMUEL, G. et al. Evaluation of national disaster management strategy and planning for flood management and impact reduction in Gaborone, Botswana. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 74, 1 maio 2022a.
- SAMUEL, G. et al. Evaluation of national disaster management strategy and planning for flood management and impact reduction in Gaborone, Botswana. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 74, 1 maio 2022b.

- SHEN, H. et al. Causal mechanisms and evolution processes of “block-burst” debris flow hazard chains in mountainous urban areas: A case study of Meilong gully in Danba county, Sichuan Province, China. **Frontiers in Earth Science**, v. 12, 2024.
- SIGIT, A.; KOYAMA, M.; HARADA, M. Flood Risk Assessment Focusing on Exposed Social Characteristics in Central Java, Indonesia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 24, 1 dez. 2023a.
- SIGIT, A.; KOYAMA, M.; HARADA, M. Flood Risk Assessment Focusing on Exposed Social Characteristics in Central Java, Indonesia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 24, 1 dez. 2023b.
- SOCAS, R. A. M. et al. Simulating the Flood Limits of Urban Rivers Embedded in the Populated City of Santa Clara, Cuba. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 10, 1 maio 2023a.
- SOCAS, R. A. M. et al. Simulating the Flood Limits of Urban Rivers Embedded in the Populated City of Santa Clara, Cuba. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 10, 1 maio 2023b.
- STACCIONE, A. et al. Connected urban green spaces for pluvial flood risk reduction in the Metropolitan area of Milan. **Sustainable Cities and Society**, v. 104, 1 maio 2024.
- SUN, L.; XIA, J.; SHE, D. Integrating Model Predictive Control With Stormwater System Design: A Cost-Effective Method of Urban Flood Risk Mitigation During Heavy Rainfall. **Water Resources Research**, v. 60, n. 4, 1 abr. 2024.
- SUN, Q. et al. Comprehensive flood risk assessment for wastewater treatment plants under extreme storm events: A case study for New York City, United States. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 15, 1 ago. 2021.
- TANG, J. et al. Scenario-based economic and societal risk assessment of storm flooding in Shanghai. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 13, n. 4–5, p. 529–546, 2021a.

- TANG, J. et al. Scenario-based economic and societal risk assessment of storm flooding in Shanghai. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 13, n. 4–5, p. 529–546, 2021b.
- TEMPA, K. District flood vulnerability assessment using analytic hierarchy process (AHP) with historical flood events in Bhutan. **PLoS ONE**, v. 17, n. 6, 1 jun. 2022a.
- TEMPA, K. District flood vulnerability assessment using analytic hierarchy process (AHP) with historical flood events in Bhutan. **PLoS ONE**, v. 17, n. 6, 1 jun. 2022b.
- TIAMPO, K. F. et al. Detection of Flood Extent Using Sentinel-1A/B Synthetic Aperture Radar: An Application for Hurricane Harvey, Houston, TX. **Remote Sensing**, v. 14, n. 9, 1 maio 2022a.
- TIAMPO, K. F. et al. Detection of Flood Extent Using Sentinel-1A/B Synthetic Aperture Radar: An Application for Hurricane Harvey, Houston, TX. **Remote Sensing**, v. 14, n. 9, 1 maio 2022b.
- TURCONI, L. et al. Torrential Hazard Prevention in Alpine Small Basin through Historical, Empirical and Geomorphological Cross Analysis in NW Italy. **Land**, v. 11, n. 5, 1 maio 2022a.
- TURCONI, L. et al. Torrential Hazard Prevention in Alpine Small Basin through Historical, Empirical and Geomorphological Cross Analysis in NW Italy. **Land**, v. 11, n. 5, 1 maio 2022b.
- VAN OORSCHOT, F. et al. Climate-controlled root zone parameters show potential to improve water flux simulations by land surface models. **Earth System Dynamics**, v. 12, n. 2, p. 725–743, 21 jun. 2021.
- VEGA, J. et al. Probabilistic Cascade Modeling for Enhanced Flood and Landslide Hazard Assessment: Integrating Multi-Model Approaches in the La Liboriana River Basin. **Water (Switzerland)**, v. 16, n. 17, 1 set. 2024.

- WAGHWALA, R. K.; AGNIHOTRI, P. G. Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 40, 1 nov. 2019.
- WANG, H. et al. Flood economic assessment of structural measure based on integrated flood risk management: A case study in Beijing. **Journal of Environmental Management**, v. 280, 15 fev. 2021a.
- WANG, L. et al. Riverine flood risk assessment with a combined model chain in southeastern China. **Ecological Indicators**, v. 154, 1 out. 2023a.
- WANG, L. et al. Riverine flood risk assessment with a combined model chain in southeastern China. **Ecological Indicators**, v. 154, 1 out. 2023b.
- WANG, M. et al. Comparative life cycle assessment and life cycle cost analysis of centralized and decentralized urban drainage systems: A case study in Zhujiang New Town, Guangzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 426, 10 nov. 2023c.
- WANG, M. et al. Urban flooding damage prediction in matrix scenarios of extreme rainfall using a convolutional neural network. **Journal of Hydrology**, v. 644, 1 nov. 2024a.
- WANG, P. et al. The analysis of urban flood risk propagation based on the modified susceptible infected recovered model. **Journal of Hydrology**, v. 603, 1 dez. 2021b.
- WANG, P. et al. The analysis of urban flood risk propagation based on the modified susceptible infected recovered model. **Journal of Hydrology**, v. 603, 1 dez. 2021c.
- WANG, Y. et al. Attributing effects of classified infrastructure management on mitigating urban flood risks: A case study in Beijing, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 101, 1 fev. 2024b.
- WOUTERS, L. et al. Improving flood damage assessments in data-scarce areas by retrieval of building characteristics through UAV image segmentation and machine learning - A case study of the 2019 floods in southern Malawi. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 21, n. 10, p. 3199–3218, 27 out. 2021.

- WU, C. F. et al. Climate justice planning in global south: Applying a coupled nature-human flood risk assessment framework in a case for Ho Chi Minh City, Vietnam. **Water (Switzerland)**, v. 13, n. 15, 1 ago. 2021a.
- WU, F. et al. Scenario-based extreme flood risk analysis of Xiong'an New Area in northern China. **Journal of Flood Risk Management**, v. 14, n. 2, 1 jun. 2021b.
- WU, H. L. et al. Variation of hydro-environment during past four decades with underground sponge city planning to control flash floods in Wuhan, China: An overview. **Underground Space (China)**, v. 5, n. 2, p. 184–198, 1 jun. 2020.
- WU, M. et al. Research on methodology for assessing social vulnerability to urban flooding: A case study in China. **Journal of Hydrology**, v. 645, 1 dez. 2024.
- XU, C. et al. Characteristics of the temporal and spatial evolution of rainfall under the influence of urbanization: a case study of the Beijing–Tianjin–Hebei region. **Water Supply**, v. 23, n. 7, p. 2786–2798, 1 jul. 2023a.
- XU, H. et al. Assessment of Rainstorm Waterlogging Disaster Risk in Rapidly Urbanizing Areas Based on Land Use Scenario Simulation: A Case Study of Jiangqiao Town in Shanghai, China. **Land**, v. 13, n. 7, 1 jul. 2024.
- XU, L. et al. Co-occurrence of pluvial and fluvial floods exacerbates inundation and economic losses: evidence from a scenario-based analysis in Longyan, China. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 14, n. 1, 2023b.
- YANG, M. et al. Flood economic vulnerability and risk assessment at the urban mesoscale based on land use: A case study in Changsha, China. **Journal of Environmental Management**, v. 351, 1 fev. 2024.
- YANG, Q. et al. MAS-Based Interaction Simulation within Asymmetric Information on Emergency Management of Urban Rainstorm Disaster. **Complexity**, v. 2020, 2020.
- YU, L. et al. Quantitative study of storm surge risk assessment in an undeveloped coastal area of China based on deep learning and geographic information system techniques:

A case study of Double Moon Bay. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 24, n. 6, p. 2003–2024, 14 jun. 2024.

YUAN, H. et al. Matrix scenario-based urban flooding damage prediction via convolutional neural network. **Journal of Environmental Management**, v. 349, 1 jan. 2024.

ZHAI, X. et al. Simulating flash flood hydrographs and behavior metrics across China: Implications for flash flood management. **Science of the Total Environment**, v. 763, 1 abr. 2021.

ZHANG, H. et al. Assessment of direct economic losses of flood disasters based on spatial valuation of land use and quantification of vulnerabilities: A case study on the 2014 flood in Lishui city of China. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 21, n. 10, p. 3161–3174, 19 out. 2021a.

ZHANG, M. et al. Assessment of the vulnerability of road networks to urban waterlogging based on a coupled hydrodynamic model. **Journal of Hydrology**, v. 603, 1 dez. 2021b.

ZHANG, Y. et al. Spatial Accessibility Assessment of Emergency Response of Urban Public Services in the Context of Pluvial Flooding Scenarios: The Case of Jiaozuo Urban Area, China. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 24, 1 dez. 2022a.

ZHANG, Y. et al. Spatial Accessibility Assessment of Emergency Response of Urban Public Services in the Context of Pluvial Flooding Scenarios: The Case of Jiaozuo Urban Area, China. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 24, 1 dez. 2022b.

ZHANG, Z. et al. Urban Flood Resilience Evaluation Based on GIS and Multi-Source Data: A Case Study of Changchun City. **Remote Sensing**, v. 15, n. 7, 1 abr. 2023a.

ZHANG, Z. et al. Urban Flood Resilience Evaluation Based on GIS and Multi-Source Data: A Case Study of Changchun City. **Remote Sensing**, v. 15, n. 7, 1 abr. 2023b.

- ZHENG, J. et al. Response of urban flood resilience to climate change: An exploration with a novel performance-based metric considering the socioeconomic impacts of damage costs. **Journal of Hydrology**, v. 645, 1 dez. 2024.
- ZHOU, Z. et al. Tropical Cyclone Storm Surge-Based Flood Risk Assessment Under Combined Scenarios of High Tides and Sea-Level Rise: A Case Study of Hainan Island, China. **Earth's Future**, v. 12, n. 8, 1 ago. 2024.
- ZHU, H. et al. A Method to Construct an Environmental Vulnerability Model Based on Multi-Source Data to Evaluate the Hazard of Short-Term Precipitation-Induced Flooding. **Remote Sensing**, v. 15, n. 6, 1 mar. 2023a.
- ZHU, H. et al. A Method to Construct an Environmental Vulnerability Model Based on Multi-Source Data to Evaluate the Hazard of Short-Term Precipitation-Induced Flooding. **Remote Sensing**, v. 15, n. 6, 1 mar. 2023b.
- ZHU, Z. et al. Integrating flood risk assessment and management based on HV-SS model: A case study of the Pearl River Delta, China. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 96, 1 out. 2023c.
- ZHU, Z. et al. Integrating flood risk assessment and management based on HV-SS model: A case study of the Pearl River Delta, China. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 96, 1 out. 2023d.