



03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES NATURAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Jasmim Vitória Higino da Silva

Grupo de pesquisa SIMAD - Sistemas de Informação e Métodos de Apoio à Decisão, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Av. Costa e Silva, S/N - Campo Grande, MS, 79070-900

Carolina Lino Martins

Grupo de pesquisa SIMAD - Sistemas de Informação e Métodos de Apoio à Decisão, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Av. Costa e Silva, S/N - Campo Grande, MS, 79070-900

João Batista Sarmento dos Santos Neto

Grupo de pesquisa SIMAD - Sistemas de Informação e Métodos de Apoio à Decisão, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Av. Costa e Silva, S/N - Campo Grande, MS, 79070-900

Kassia Tonheiro Rodrigues

Grupo de pesquisa SIMAD - Sistemas de Informação e Métodos de Apoio à Decisão, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Av. Costa e Silva, S/N - Campo Grande, MS, 79070-900

Resumo: A intensificação de eventos extremos decorrentes das mudanças climáticas tem ampliado a relevância da gestão de riscos de desastres naturais, exigindo ferramentas que apoiem a tomada de decisão em cenários complexos. Nesse contexto, modelos de apoio multicritério à decisão (MCDA) têm se destacado como alternativas capazes de integrar diferentes variáveis ambientais, sociais e econômicas, favorecendo análises mais consistentes. Este artigo apresenta uma revisão de literatura referente a utilização de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais, o instrumento de intervenção utilizado foi o Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C). O estudo foi guiado por três questões de pesquisa: (i) quais modelos multicritério são aplicados nesse campo; (ii) quais desastres naturais são mais frequentemente estudados; e (iii) quais critérios são priorizados na detecção de riscos. A pesquisa foi realizada na base Web of Science, com o recorte temporal de 2020 a 2025, resultando em 1.215 registros iniciais. Após as filtragens aplicadas, 18 artigos foram selecionados para análise. Os resultados indicam que o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é o mais recorrente. Observou-se predominância de estudos relacionados a inundações, enquanto outros tipos de desastres, como terremotos e incêndios, foram pouco explorados. Entre os critérios mais utilizados para avaliação de inundações destacam-se declividade e elevação. Esses achados sugerem uma concentração de esforços da comunidade científica em fenômenos hidrológicos, com uso de modelos já consolidados, embora ainda exista espaço para maior diversificação metodológica e aplicação em diferentes tipos de desastres.

Palavras-chave: Decisão Multicritério, Gestão de Riscos, Desastres Naturais.

MULTI-CRITERIA ANALYSIS FOR NATURAL DISASTER RISK MANAGEMENT: A LITERATURE REVIEW

Abstract: The intensification of extreme events resulting from climate change has increased the relevance of natural disaster risk management, demanding tools that support decision-making in complex scenarios. In this context, multi-criteria decision analysis (MCDA) models have stood out as alternatives capable of integrating different environmental, social, and economic variables, enabling more consistent analyses. This article presents a literature review on the use of multi-criteria models in natural disaster risk management, using the Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C) as the intervention instrument. The study was guided by three research questions: (i) which multi-criteria models are applied in this field; (ii) which types of natural disasters are most frequently studied; and (iii) which criteria are prioritized in risk detection. The research was conducted in the Web of Science database, covering the period from 2020 to 2025, resulting in 1,215 initial records. After applying the filtering process, 18 articles were selected for analysis. The results indicate that the Analytic Hierarchy Process (AHP) is the most frequently applied method. A predominance of studies related to floods was observed, while other types of disasters, such as earthquakes and wildfires, were scarcely explored. Among the most frequently used criteria for flood assessment are slope and elevation. These findings suggest a concentration of scientific efforts on hydrological phenomena, with the use of consolidated models, although there remains room for greater methodological diversification and application to different types of disasters.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, Risk Management, Natural Disasters.

1. Introdução

Nos últimos anos, a gestão de riscos de desastres naturais tornou-se uma prioridade global, devido a inúmeros fatores, dentre eles a mudança climática e a rápida urbanização (Xu *et al.*, 2024). A alta incidência e os severos danos causados por estes eventos demandam metodologias robustas para a gestão de riscos, visto que inundações, por exemplo, podem ser catastróficas, frequentes, fenômenos disseminadas em todo o mundo e que causam graves danos econômicos e ambientais (Shuaibu *et al.*, 2022). Diante disso, gestores e tomadores de decisão são pressionados a aprimorar suas estratégias de mitigação, preparação, resposta e recuperação a desastres naturais (Da Silva, *et al.*, 2022).

A natureza complexa e multifacetada dos desastres naturais exige abordagens de modelagem que sejam capazes de integrar e ponderar diferentes variáveis e critérios de forma estruturada. Nesse cenário, emerge o uso de abordagens multicritério para a tomada de decisão (MCDM/A), que fazem o uso de modelos utilizados para construir e esclarecer julgamentos e problemas de previsão, por meio da análise de múltiplos critérios (Chukwuma *et al.*, 2021).

Além disso, as avaliações de risco atuais frequentemente enfrentam desafios como integração insuficiente de dados que possuem inúmeras fontes, avaliação incompleta de impactos socioeconômicos e falta de um índice unificado de avaliação de risco (Xu *et al.*, 2024). Logo, a utilização de modelos multicritério se justifica pela necessidade de organizar e analisar a diversidade de métodos e critérios frente aos desafios inerentes à gestão de riscos de desastres naturais.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura referente a utilização de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais, visando identificar modelos e métodos multicritério utilizados para gestão de risco de desastres naturais, os critérios considerados e os desastres naturais mais estudados nesse contexto. Para tanto, foi utilizado o *ProKnow-C* como instrumento de intervenção para nortear o processo de seleção e análise da literatura (Maciel *et al.* 2021, Rodrigues e Ensslin 2024).

2. Materiais e Métodos

2.1 Enquadramento Metodológico

Este estudo tem como objetivo a realização de uma revisão de literatura referente a utilização de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais. Com relação à natureza de seus objetivos, se enquadra como descritiva pois busca realizar a pesquisa bibliográfica e análise de um fragmento da literatura que representa o tema de interesse (Gray, 2013). A pesquisa é norteada por uma abordagem qualitativa, onde a coleta de dados secundários por meio da revisão bibliográfica leva o pesquisador a reflexão por meio das interações com o seu tema (Sampieri *et al.*, 2013; Richardson, 1999).

A pesquisa bibliográfica conduzida consiste em uma revisão sistematizada e análise de artigos científicos. Para tanto, o instrumento de intervenção utilizado foi o *Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C)*, por ser um processo estruturado e reconhecido cientificamente para esse fim (Maciel *et al.*, 2021, Rodrigues e Ensslin 2024).

2.2 Processo de Seleção do Portfólio Bibliográfico referente à Avaliação de Desempenho

Para a condução da revisão de literatura, o *ProKnow-C* foi utilizado para nortear as duas etapas apresentadas a seguir: (i) seleção do portfólio bibliográfico (PB) sobre o tema de interesse; e, (ii) análise bibliográfica básica. Esse instrumento de intervenção é baseado em uma abordagem construtivista, que tem como aspecto central a geração de conhecimento nos atores envolvidos.

Sendo este estudo a etapa inicial de um projeto que abrange questões relacionadas à gestão de riscos de desastres naturais em cidades inteligentes sob efeito de mudanças climáticas, a seleção dos artigos ocorreu com o intuito de identificar de forma macro os aspectos necessários para o processo de gestão, essencialmente métodos e critérios mais representativos na literatura.

Nesse sentido, foram selecionados três eixos temáticos. As palavras-chave foram definidas com a intenção de buscar artigos que correspondessem à interseção dos três temas: Gestão de risco, Desastres naturais e Modelos de decisão multicritério. Após a definição dos eixos e das palavras-chave que os representam, foi criado um comando de busca: ("risk prevention" OR "risk protection" OR "Risk Management") AND ("Natural Disaster" OR "climate change") AND ("decision support system" OR "multicriteria" OR "multicriteria decision making" OR "multicriteria decision aiding" OR "multicriteria decision analysis" OR "decision model" OR "decision making" OR "mcdm" OR "mcda" OR "dss" OR "decision analysis").

Para tanto, foi selecionada a Web of Science como base de dados, devido à sua aderência com a área do conhecimento e de periódicos mais renomados da área. A pesquisa na base de dados foi feita no dia 14 de setembro de 2025, e selecionados apenas artigos internacionais escritos em língua inglesa.

A seleção dos artigos foi orientada pelas seguintes questões de pesquisa:

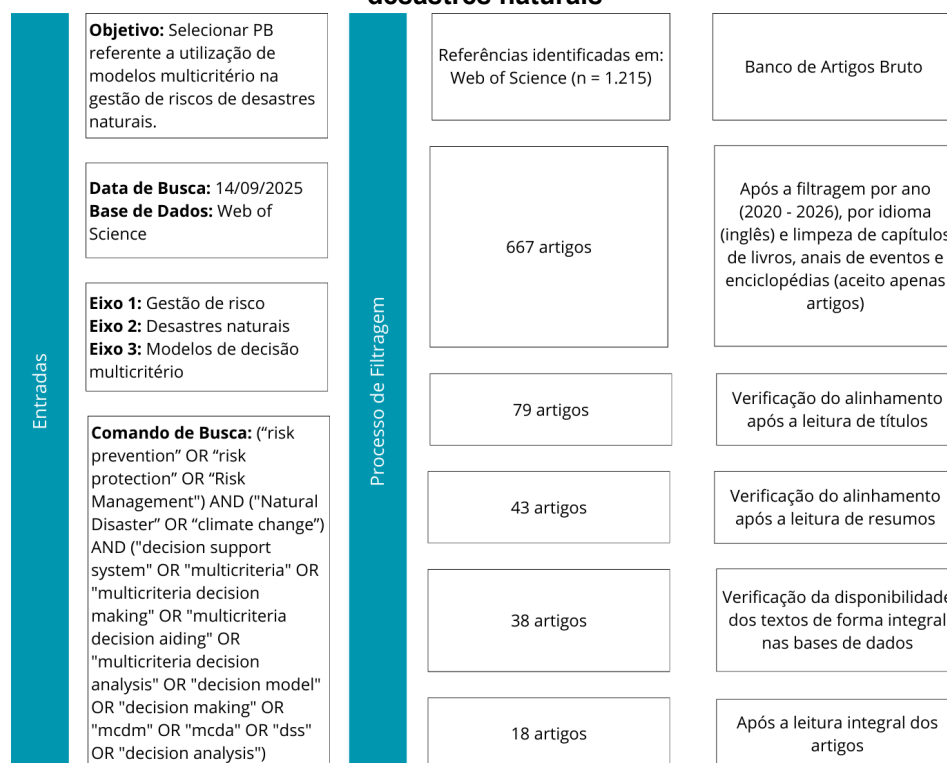
Questão 1: Quais modelos multicritério são utilizados na gestão de riscos de desastres naturais?

Questão 2: Quais critérios são mais relevantes na detecção de desastres naturais?

Questão 3: Qual desastre natural está sendo mais estudado?

Totalizando ao final 18 artigos selecionados, a filtragem e seleção do PB estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Seleção do PB referente a utilização de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A partir dos 18 artigos selecionados, considerando o recorte temporal de 2020 a 2025, foram realizadas as seguintes análises que serão apresentadas posteriormente na sessão de resultados: (i) Distribuição temporal dos estudos; (ii) Mapa temático de realização de estudos; (iii) Quantidade de vezes que um modelo multicritério é utilizado em um artigo; (iv) Proporção dos tipos de desastres naturais abordados nos artigos selecionados; e (v) Critérios mais utilizados no caso de análise multicritério de Inundações.

3. Referencial Teórico

3.1 Gestão de Risco

A gestão de risco é crucial, especialmente em face de desastres naturais. O conceito de risco é comumente entendido como a interação entre um perigo (risco) e a vulnerabilidade do elemento exposto a esse fenômeno (Da Silva, *et al.*, 2022). No contexto específico de inundações, o risco pode ser definido como a combinação de perigo, vulnerabilidade e exposição (Xu *et al.*, 2024). De maneira geral, o risco é frequentemente calculado pela combinação (soma ou multiplicação) de perigo e vulnerabilidade (Dash e Sar, 2020). A Gestão de Risco de Desastres (GRD) envolve uma série de medidas de Redução de Risco de Desastres (DRR), como a localização e evacuação de vítimas, o fornecimento de cuidados médicos e a alocação de equipes de emergência e recursos essenciais (água, alimentos e abrigo) para os sobreviventes (de Albuquerque *et al.*, 2024). Contudo, a análise quantitativa do risco é complexa devido às restrições de dados (Dash e Sar, 2020). Especificamente em áreas urbanas, os efeitos combinados do aquecimento global e do crescimento populacional induzem a necessidade de aprimorar as práticas de gestão de risco (Da Silva, *et al.*, 2022).

3.2 Desastres Naturais

Desastres naturais resultam de ocorrências, processos ou ações naturais que ocorrem subitamente ou violentamente em magnitude incomum, causando perda de vida, lesões à saúde humana, danos à propriedade, problemas socioeconômicos e degradação

ambiental (Tadesse *et al.*, 2024). A inundação (enchente) é um dos desastres naturais mais discutidos, estando entre os mais catastróficos, frequentes e disseminados no mundo, causando sérios danos econômicos e ambientais (Khan *et al.*, 2024). Globalmente, cerca de 47% dos desastres relacionados ao clima são resultado de inundações (Shuaibu *et al.*, 2022). A ocorrência e severidade desses eventos estão em ascensão. A mudança climática global e a rápida urbanização têm intensificado os desastres naturais (Xu *et al.*, 2024). Os desastres surgem da interação entre fatores causadores (*causative factors*), ambientes propensos a desastres e corpos afetados (Xu *et al.*, 2024). Além das inundações, outros desastres como terremotos também requerem uma análise de vulnerabilidade que incorporem múltiplas dimensões, como a demográfica, ambiental, física e econômica de uma cidade (Yariyan *et al.*, 2020).

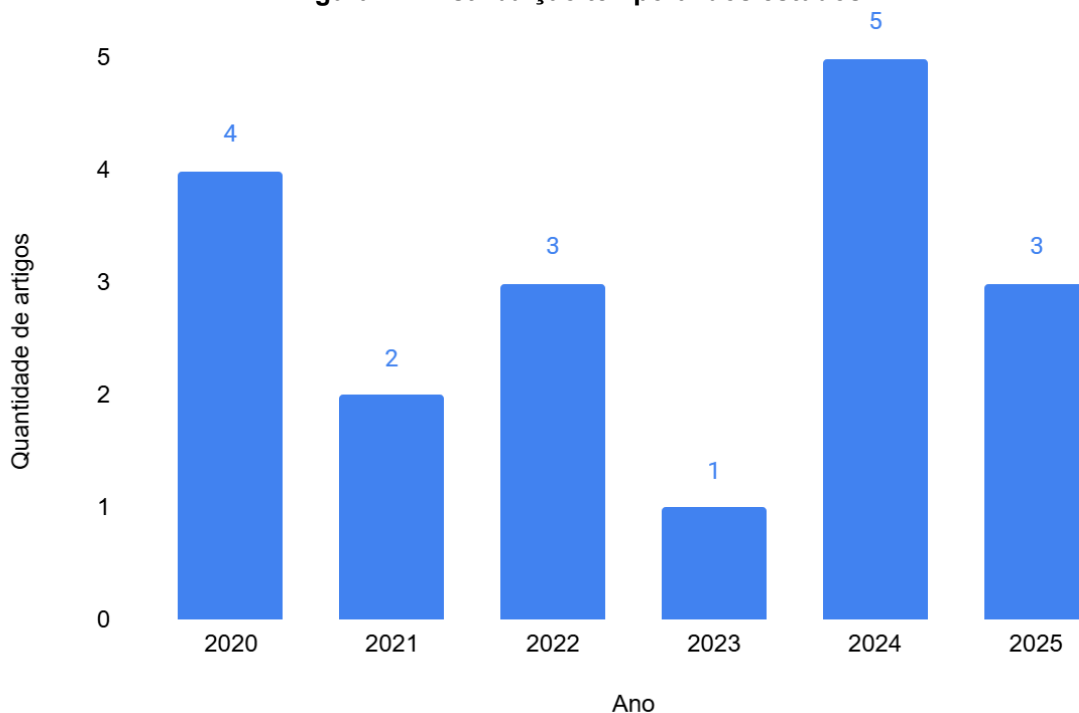
3.3 Modelos de Decisão Multicritério

Modelos de Decisão Multicritério (MCDM/A) são abordagens matemáticas usadas para construir e clarificar julgamentos e problemas de previsão por meio da análise de múltiplas alternativas e critérios de decisão (Chukwuma *et al.*, 2021). Estes modelos são ferramentas de apoio à decisão adequadas para lidar com constelações de decisão complexas que precisam cobrir aspectos tecnológicos, econômicos, ecológicos e sociais (Ogato *et al.*, 2020). A metodologia MCDM/A é particularmente benéfica na Gestão de Risco e Desastres porque permite reunir múltiplas informações de risco (dimensões ou atributos), incorporando também informações subjetivas do Tomador de Decisão (DM) (Da Silva, *et al.*, 2022).

4. Resultados

Foram selecionados 18 artigos na revisão sistemática, considerando o recorte temporal de 2020 a 2025 (Figura 2). Observa-se que a maior concentração de publicações ocorreu em 2024, com cinco artigos, seguida de 2020, com quatro estudos. Os anos de 2022 e 2025 apresentaram três publicações cada, enquanto 2021 contou com dois trabalhos e 2023 com apenas um. Esse resultado indica um aumento de interesse recente no tema.

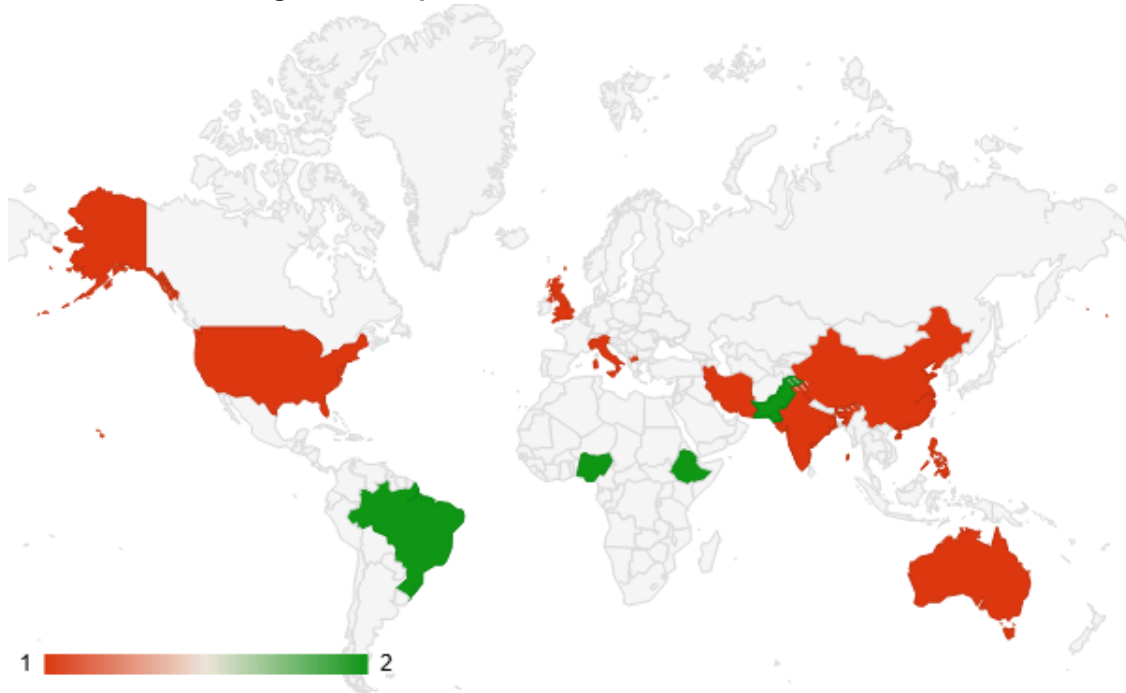
Figura 2 – Distribuição temporal dos estudos



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A distribuição geográfica dos estudos identificados está representada na Figura X. Observa-se que Brasil, Etiópia, Nigéria e Paquistão concentram o maior número de publicações, com dois artigos cada. Já Austrália, China, Escócia, Estados Unidos, Filipinas, Índia, Irã, Itália e Macedônia do Norte apresentaram um estudo cada. Essa diversidade geográfica evidencia que a aplicação de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais tem sido explorada em diferentes contextos internacionais, embora ainda de forma dispersa.

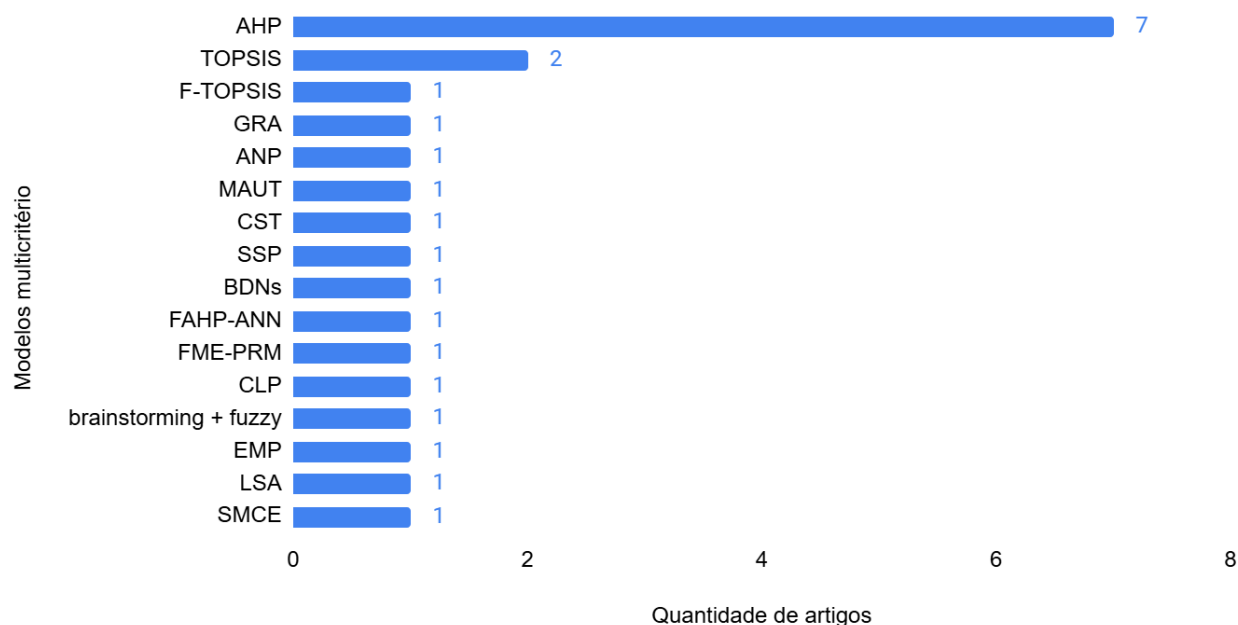
Figura 3 – Mapa temático de realização de estudos



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A Figura 4 apresenta a frequência de utilização dos métodos multicritério nos artigos analisados. O método mais recorrente foi o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), identificado em sete estudos, representando a técnica de maior destaque na literatura. Em seguida, o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) apareceu em dois trabalhos. Os demais modelos (F-TOPSIS, GRA, ANP, MAUT, CST, SSP, BDNs, FAHP-ANN, FME-PRM, CLP, *brainstorming* + *fuzzy*, EMP, LSA e SMCE) foram mencionados apenas uma vez cada, indicando uma aplicação mais pontual. Esses resultados demonstram que, embora exista diversidade metodológica, o AHP se sobressai como o método multicritério mais utilizado na gestão de riscos de desastres naturais.

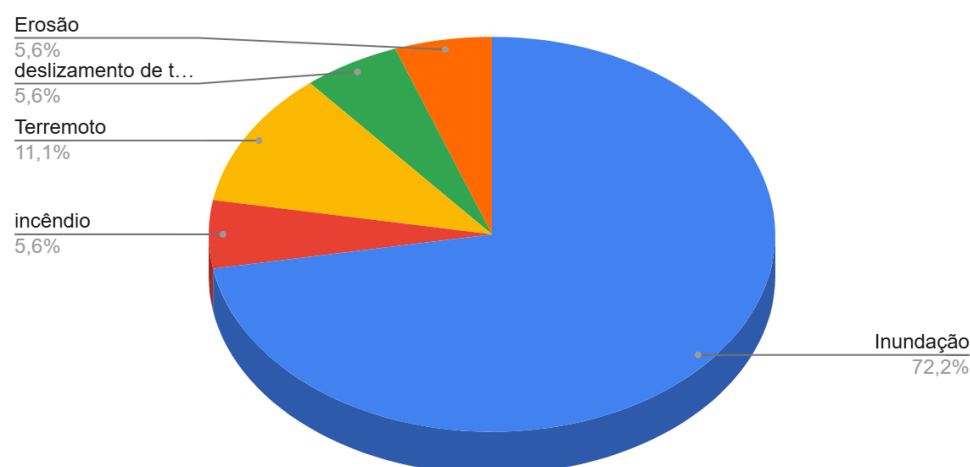
Figura 4 – Quantidade de vezes que um modelo multicritério é utilizado em um artigo



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A Figura 5 apresenta a proporção dos tipos de desastres naturais abordados nos artigos selecionados. Nota-se a predominância de estudos relacionados a inundações, presentes em 13 dos 18 artigos analisados. Em seguida, aparecem os terremotos, com dois trabalhos. Já os desastres do tipo deslizamento de terra, erosão e incêndio foram tratados em apenas um artigo cada. Esses resultados evidenciam que a literatura recente tem direcionado maior atenção para os impactos das inundações, enquanto outros tipos de desastres naturais são menos explorados no contexto da aplicação de modelos multicritério.

Figura 5 – Proporção dos tipos de desastres naturais abordados nos artigos selecionados

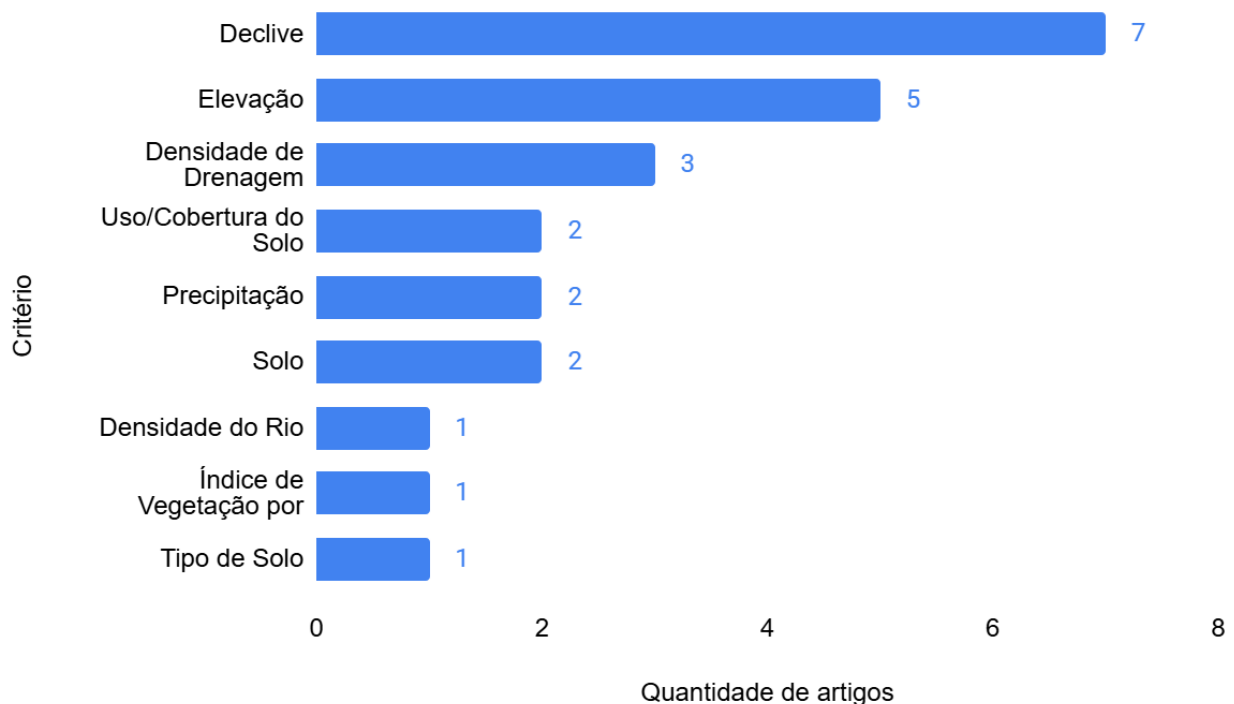


Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A Figura 6 apresenta os critérios mais utilizados nos artigos que abordaram inundações, totalizando 13 estudos. O declive foi o critério mais recorrente, identificado em sete artigos, seguido pela elevação, presente em cinco. A densidade de drenagem apareceu

em três trabalhos, enquanto uso/cobertura do solo, precipitação e solo foram considerados em dois artigos cada. Já os critérios densidade do rio, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e tipo de solo foram mencionados apenas uma vez. Esses resultados evidenciam que a topografia, representada pelo declive e pela elevação, constitui o principal fator considerado na avaliação de risco de inundações.

Figura 6 – Critérios mais utilizados (Inundação)



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

4.1 Discussões

A análise realizada permitiu identificar tendências relevantes sobre a aplicação de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais. Em primeiro lugar, o aumento de publicações a partir de 2020 está alinhado ao que afirmam os autores Da Silva, *et al.* (2022), eles destacam que os efeitos combinados do aquecimento global e do crescimento populacional induzem os formuladores de políticas a aprimorar as práticas de gestão de risco de inundações.

A predominância de estudos em países como Brasil, Nigéria e Paquistão corrobora o argumento de que regiões mais suscetíveis a eventos extremos buscam desenvolver ferramentas de apoio à gestão de risco. A cidade de Recife é usada como estudo de caso em artigos de Albuquerque *et al.* (2024) e Da Silva *et al.* (2022), sendo reconhecida como altamente suscetível a inundações e estando entre as cidades mais vulneráveis às mudanças climáticas. Esses estudos buscam métodos multicritério (MAUT/NSMAUT) para apoiar a tomada de decisão estratégica em áreas de alto risco. Estudos na Nigéria, como o de Chukwuma *et al.* (2021) e Shuaibu *et al.* (2022), abordam a necessidade de mapeamento de vulnerabilidade e avaliação de risco, pois as inundações são o desastre natural mais frequente e severo no país. Eles utilizam métodos híbridos MCDM/AHP e GIS para desenvolver um sistema de avaliação. Estudos como os de Khan *et al.* (2024) e Ibrahim *et al.* (2024) focam no Paquistão, onde as inundações são o desastre mais frequente e causam perdas significativas. O objetivo desses autores era desenvolver

modelos como o Fuzzy-TOPSIS (MCDM) para avaliar a vulnerabilidade e melhorar a gestão de riscos e a preparação.

A predominância do AHP confirma os achados de De Brito e Evers (2016), eles identificaram que cerca de 82% dos estudos analisados usaram *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) e que aproximadamente 72% desses estudos de MCDA utilizaram o AHP (Analytic Hierarchy Process) dentro da estrutura MCDA. Motivos que fazem o AHP ser o mais utilizado: (i) é considerado um método de MCDM amplamente eficaz (Tadesse *et al.*, 2024); (ii) permite que os tomadores de decisões quebrem um problema complexo em uma estrutura hierárquica (Shuaibu *et al.*, 2022); (iii) permite a organização de critérios e subcritérios (Ibrahim *et al.*, 2024); (iv) imita a demanda cognitiva do decisor, o que facilita o processo de avaliação, mesmo com informações subjetivas (Dash e Sar, 2020); e (v) garante a consistência nas comparações pareadas, o que aumenta a confiabilidade do processo de tomada de decisão (Ibrahim *et al.*, 2024).

Embora o AHP seja popular, ele tem desvantagens, como a necessidade de uma imensa quantidade de comparações pareadas e a dependência da inclinação individual do especialista, o que pode levar à imparcialidade da avaliação (Saaty, 1990). Diante disso, métodos híbridos são desenvolvidos para melhorar a precisão. Yariyan *et al.* (2020), desenvolveram um modelo híbrido FAHP-ANN para avaliação de risco sísmico (*Earthquake Risk Assessment* - ERA), eles defendem que o FAHP-ANN provou ser flexível e confiável na geração de mapas de risco sísmico, superando as deficiências do AHP tradicional ao usar a lógica fuzzy para gerenciar a incerteza dos julgamentos humanos. Além disso, o método utilizado depende da natureza do problema em que está sendo aplicado.

A predominância de estudos voltados para inundações converge com o reconhecimento do fenômeno como uma ameaça global de alta frequência. Chukwuma *et al.* (2021) afirmam que a inundação é "um dos perigos naturais mais destrutivos e disseminados do mundo, com alta frequência de ocorrência e um enorme impacto em grandes populações. O destaque para os critérios "declive" e "elevação" nas análises multicritérios de inundações confirma que a topografia é determinante para a suscetibilidade desse desastre natural. Muitos modelos de avaliação de risco usam a topografia como base fundamental. Por exemplo, Shuaibu *et al.* (2022), em seu estudo de risco de inundação, encontraram que a elevação (33%) e o declive (24%) tinham a maior influência geomórfica nos eventos de inundação. Da mesma forma, Ibrahim *et al.* (2024) enfatizam que inundações ocorrem mais em áreas de baixa altitude e declives mais planos. Entretanto, a baixa frequência de critérios como uso/cobertura do solo e NDVI evidencia uma lacuna na consideração de fatores antrópicos e ambientais mais complexos.

5. Conclusões

O objetivo geral foi realizar uma revisão de literatura referente a utilização de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais. Os objetivos específicos foram caracterizar modelos/métodos multicritério utilizados para gestão de risco de desastres naturais, os critérios considerados e os desastres naturais mais estudados nesse contexto. A revisão foi orientada pelas seguintes questões de pesquisa: (i) Quais modelos multicritério são utilizados na gestão de riscos de desastres naturais? (ii) Quais critérios são mais relevantes na detecção de desastres naturais? (iii) Qual desastre natural está sendo mais estudado? Para isso, foram definidas palavras-chave que representassem os três eixos principais da temática: Gestão de risco, Desastres naturais e Modelos de decisão multicritério. O comando de busca foi aplicado na base Web of Science, selecionando apenas artigos internacionais em inglês, publicados entre 2020 e 2025. Após o processo de seleção, foram analisados 18 artigos.

A análise permitiu identificar tendências relevantes. O AHP foi o método multicritério mais utilizado, corroborando estudos anteriores que apontam sua ampla adoção em MCDA, ainda que apresente limitações. Foram encontrados também modelos híbridos, como FAHP-ANN e F-TOPSIS, evidenciando esforços recentes para superar fragilidades metodológicas. Em relação aos desastres naturais, observou-se a predominância de estudos sobre inundações, em consonância com a literatura que as identifica como os eventos mais frequentes e destrutivos globalmente. Outros desastres, como terremotos, deslizamentos, erosão e incêndios, apareceram de forma marginal. No que tange aos critérios na análise multicritério de inundações, o declive e a elevação foram os mais recorrentes, confirmando o peso da topografia na suscetibilidade desses desastres naturais. Critérios relacionados a fatores antrópicos e ambientais, como uso/cobertura do solo e NDVI, apareceram menos frequentemente, indicando lacunas na integração de variáveis socioambientais.

Este estudo contribui ao sintetizar o estado da arte sobre a aplicação de modelos multicritério na gestão de riscos de desastres naturais, fornecendo uma visão consolidada de quais métodos, desastres e critérios têm recebido maior atenção na literatura recente. A sistematização dos achados pode apoiar pesquisadores no direcionamento de novos estudos e auxiliar tomadores de decisão na escolha de abordagens mais adequadas para o mapeamento e mitigação de riscos.

A principal limitação deste estudo decorre do uso exclusivo da base Web of Science, dessa forma, trabalhos relevantes em outras bases de dados não foram contemplados, o que reduz a abrangência global da revisão. Além disso, o número de artigos selecionados (n = 18) foi relativamente pequeno, o que pode limitar a generalização dos achados.

Futuras pesquisas podem ampliar o escopo desta revisão com a inclusão de outras bases de dados, como Scopus. Recomenda-se ainda o aprofundamento em desastres pouco explorados (como incêndios, deslizamentos e terremotos) e a análise comparativa entre modelos híbridos, que podem superar as limitações dos métodos tradicionais. Outra oportunidade está na investigação da integração de critérios socioeconômicos e ambientais complexos, de forma a oferecer avaliações de risco mais abrangentes e alinhadas aos desafios contemporâneos da gestão de desastres naturais.

Referências

- Chukwuma, E. C., Okonkwo, C. C., Ojediran, J. O., Anizoba, D. C., Ubah, J. I., & Nwachukwu, C. P. (2021). A Gis Based Flood Vulnerability Modelling Of Anambra State Using An Integrated Ivfrn-Dematel-Anp Model. *Heliyon*, 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08048>
- da Silva, L. B. L., Alencar, M. H., & de Almeida, A. T. (2022). A novel spatiotemporal multi-attribute method for assessing flood risks in urban spaces under climate change and demographic scenarios. *Sustainable Cities and Society*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103501>
- Dash, P., & Sar, J. (2020). Identification and validation of potential flood hazard area using GIS-based multi-criteria analysis and satellite data-derived water index. *Journal of Flood Risk Management*, 13(3). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12620>

- de Albuquerque, N. L. B., da Silva, L. B. L., Alencar, M. H., & de Almeida, A. T. (2024). A multicriteria decision model to improve emergency preparedness: Locating-allocating urban shelters against floods. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104695>
- de Brito, M. M., & Evers, M. (2016). Multi-criteria decision-making for flood risk management: A survey of the current state of the art. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(4), 1019–1033.
- Gray, David E. "Doing research in the real world." (2021): 1-100.
- Ibrahim, M., Huo, A., Ahmed, A., Zhao, Z., & Zhong, F. (2024). Comprehensive assessment of flood exposure in arid regions: Integrating GIS techniques and multi-method approaches – A case study of downstream swat river, Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104515>
- Khan, A., Gong, Z., Shah, A. A., & Haq, M. (2024). A comprehensive assessment model for livelihood vulnerability using fuzzy TOPSIS technique: A case of 2022 flood in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104351>
- Maciel, J. N., Ledesma, J. J. G., & Junior, O. H. A. (2021). Forecasting solar power output generation: A systematic review with the Proknow-C. *IEEE Latin America Transactions*, 19(4), 612–624. <https://doi.org/10.1109/TLA.2021.9448544>
- Ogato, G. S., Bantider, A., Abebe, K., & Geneletti, D. (2020). Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100659>
- Rodrigues, K. T., & Ensslin, S. R. (2024). Environmental performance evaluation in ports: a literature review and future research guidelines. *Maritime Economics & Logistics*, 26(2), 241–260. <https://doi.org/10.1057/s41278-023-00268-8>
- Sampieri, R. H.; Collado, C. F.; Lucio, M. B. *Metodologia de pesquisa*. Porto Alegre, 2013.
- Shuaibu, A., Hounkpè, J., Bossa, Y. A., & Kalin, R. M. (2022). Flood Risk Assessment and Mapping in the Hadejia River Basin, Nigeria, Using Hydro-Geomorphologic Approach and Multi-Criterion Decision-Making Method. *Water (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/w14223709>

Saaty, T.L.. How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Eur. J. Oper. Res.* 48 (1) (1990) 9–26.

Tadesse, L., Uncha, A., & Toma, T. (2024). Landslide vulnerability mapping using multi-criteria decision-making approaches: in Gacho Babba District, Gamo Highlands Southern Ethiopia. *Discover Applied Sciences*, 6(2). <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05693-9>

Xu, W., Guo, X., Proverbs, D. G., & Han, P. (2025). A GIS-based multi-criteria decision analysis of urban flood risk. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-11-2024-0233>

Yariyan, P., Zabihi, H., Wolf, I. D., Karami, M., & Amiriyan, S. (2020). Earthquake risk assessment using an integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process with Artificial Neural Networks based on GIS: A case study of Sanandaj in Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101705>