

RESILIÊNCIA URBANA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

GUILHERME COSTA DA SILVA- guilherme.costa-silva@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

GEOVANE RODRIGUES BONFIM- geovane.bonfim@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ENZO BARBERIE MARIANO - enzo.mariano@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE.

SUBÁREA: 9.7 – DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO: O CRESCENTE IMPACTO DOS DESASTRES NATURAIS NOS CENTROS URBANOS IMPULSIONA A CONVERGÊNCIA ENTRE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A RESILIÊNCIA URBANA. ESTE ESTUDO EXPLORA AS RELAÇÕES ENTRE ESSAS TEMÁTICAS NA CRIAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO E PLANEJAMENTO PARA PROMOVER A RESILIÊNCIA DAS CIDADES. A METODOLOGIA UTILIZADA FOI A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA UTILIZANDO DEZESSETE ARTIGOS COM DADOS SOBRE AVANÇOS, DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE ANÁLISE DE DADOS, APRENDIZAGEM DE MÁQUINA E SIMULAÇÃO NA RESILIÊNCIA URBANA. OS RESULTADOS DESTACAM A INTERCONECTIVIDADE ENTRE CONCEITOS E A IMPORTÂNCIA DE TECNOLOGIAS COMO BIG DATA, APRENDIZAGEM DE MÁQUINA, APRENDIZAGEM PROFUNDA E SIMULAÇÃO NA PROMOÇÃO DA RESILIÊNCIA URBANA. A ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA POR PAÍS EVIDENCIOU DESIGUALDADES, COM UMA CONCENTRAÇÃO NOTÁVEL EM PAÍSES COMO CHINA E ESTADOS UNIDOS.

PALAVRAS-CHAVES: RESILIÊNCIA URBANA, BIG DATA, APRENDIZAGEM DE MÁQUINA, PLANEJAMENTO URBANO, GESTÃO DE DESASTRES.

URBAN RESILIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A LITERATURE REVIEW

GUILHERME COSTA DA SILVA- guilherme.costa-silva@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

GEOVANE RODRIGUES BONFIM- geovane.bonfim@gmail.com
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ENZO BARBERIE MARIANO - enzo.mariano@unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE.
SUBÁREA: 9.7 – DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Abstract: THE INCREASING IMPACT OF NATURAL DISASTERS IN URBAN CENTERS IS DRIVING THE CONVERGENCE BETWEEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND URBAN RESILIENCE. THIS STUDY EXPLORES THE RELATIONSHIPS BETWEEN THESE THEMES IN THE CREATION OF FORECASTING AND PLANNING MODELS TO PROMOTE CITY RESILIENCE. THE METHODOLOGY USED WAS A BIBLIOGRAPHIC REVIEW USING SEVENTEEN ARTICLES WITH DATA ON ADVANCES, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN THE ADOPTION OF DATA ANALYSIS, MACHINE LEARNING AND SIMULATION PRACTICES IN URBAN RESILIENCE. THE RESULTS HIGHLIGHT THE INTERCONNECTIVITY BETWEEN CONCEPTS AND THE IMPORTANCE OF TECHNOLOGIES SUCH AS BIG DATA, MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING AND SIMULATION IN PROMOTING URBAN RESILIENCE. THE ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION BY COUNTRY HIGHLIGHTED INEQUALITIES, WITH A NOTABLE CONCENTRATION IN COUNTRIES SUCH AS CHINA AND THE UNITED STATES.

KEYWORDS: URBAN RESILIENCE, BIG DATA, MACHINE LEARNING, URBAN PLANNING, DISASTER MANAGEMENT.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da resiliência assume um papel central no desenvolvimento das comunidades sustentáveis, principalmente em virtude da ameaça climática (DAVIDSON et al., 2019; MEEROW & NEWELL, 2017). O planejamento e resposta a essas ameaças envolvem processos críticos com: dessas três como proteção contra incêndio, manutenção de estradas, gestão de águas pluviais, distribuição de energia, controle de mosquitos e abastecimento de água (HOUGHTLING & SCOTT, 2023).

Recursos, como caminhões de bombeiros, estradas, edifícios, pontes, canais de inundação etc., suportam a resposta a desastres ou promovem a mitigação dos impactos, ajudando no processo de recuperação (CUTTER, 2016). Entretanto para o preparo e prevenção, prevenir, adaptação e resposta a desastres é necessário elaboração de planos, desenvolvimento de programas e conhecimento. (ROSS, 2013). Portanto segundo (ZHANG, 2024) há uma necessidade urgente de coletar dados espaço-temporais de várias fontes e estabelecer um sistema de indicadores científicos para pesquisa de resiliência.

Portanto o presente estudo tem como objetivo fazer uma revisão de literatura a fim de sintetizar as contribuições da Inteligência Artificial para a resiliência urbana, estudando seu uso em situações de desastres e emergências.

O estudo procura contribuir com a literatura atual identificando as principais contribuições encontradas na literatura e propor temas ainda não explorados para agendas futuras de pesquisa, também busca oferecer direcionadores aos gestores e políticos para incentivos nas áreas que ainda carecem estudos a fim de promover a redução do impacto das alterações climáticas sobre as populações urbanas.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 RESILIÊNCIA URBANA

Em 2022, ocorreram um total de 321 grandes catástrofes naturais em todo o mundo, matando 30.759 pessoas, afetando 186 milhões de pessoas e causando perdas econômicas diretas de 223,837 bilhões de dólares, e embora haja uma redução na frequência com relação aos 10 últimos anos, houve um aumento no número de mortes, na população afetada e nas perdas econômicas (GAR, 2022). No Brasil em 2023 foram registrados 1.161 eventos de desastres, sendo 716 associados a eventos hidrológicos, como transbordamento de rios, e 445 de origem geológica, como deslizamentos de terra, o número supera os registros de 2022 e 2020 (CEMADEM, 2024).

Os impactos dos desastres naturais, provocam efeitos, no desenvolvimento de uma economia, influencia as condições de vida das pessoas e danificando os stocks de capital e a capacidade de produção (WU, 2023). Pode-se observar o impacto desses eventos no Brasil onde os registros apontam para 132 mortes, 9.263 pessoas feridas ou enfermas, e 74 mil desabrigados em 2023 devido eventos climáticos, acumulando um valor estimado de mais de R\$5 bilhões em obras de infraestrutura e instalações públicas e unidade habitacionais, e um prejuízos econômicos informados próximo de R\$ 25 bilhões, somadas as áreas pública e privada (CEMADEM, 2024). Esses eventos provocam o aumento inesperado da procura de bens de primeira necessidade o que coloca os processos de fabricação e as cadeias logísticas sob grandes desafios, os sistemas de saúde e de segurança social também estarão expostos a uma grande pressão devido ao aumento repentino dos danos causados às vidas e às famílias (WU, 2023).

Cada vez mais, as pessoas vivem num mundo sob o risco desses desastres, que infligem danos em todos os sistemas e infraestruturas vitais dos quais dependem as sociedades e as economias humanas, impactando as comunidades e todos os sistemas à medida que o risco se multiplica (GAR, 2022). Eventos extremos de precipitação desencadeados por mudanças climáticas representam uma ameaça considerável à vida e à propriedade das pessoas, mas também podem levar a maiores impactos por meio de cadeias industriais e mercados comerciais com perdas indiretas e em cascata (AVELINO & DALL'ERBA, 2019). Diante do cenário de risco, a resiliência das cidades ao redor do mundo é desafiada, à medida que os riscos climáticos interagem com a urbanização, a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos, a pobreza e o aumento da desigualdade socioeconômica (WORLD BANK, 2021).

Embora haja sistemas de monitoramento e um elevado número de alertas as respostas ainda esbarram em gargalos, é necessário fortalecer as estruturas de defesa civil para que tenham condições de agir preventivamente e atuar rapidamente ante a iminência de um alerta recebido (CEMADEM, 2024). É clara a necessidade de melhorar a capacidade de gerenciamento de emergência das cidades para resistir a desastres e mitigar perdas por desastres (IPCC, 2021). Informações como: Planos de contingência, mapeamento das áreas de riscos atualizados, informações sobre as populações mais vulneráveis – se há idosos, pessoas com deficiências, dificuldades de locomoção ou problemas de saúde, entre outros aspectos, a preparação de abrigos, rotas de fuga que considerem as distâncias que precisam ser percorridas são cruciais em ações de respostas (CEMADEM, 2024).

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial é um ramo das ciências da computação que busca construir mecanismos, físicos ou digitais, que simulem a capacidade humana de pensar e de tomar decisões (Barbosa, 2023). Segundo o autor esses sistemas são alimentados de dados, aprendem e se ajustam a cada entrada de novos dados e por meio do reconhecimento de um padrão nos dados, consegue otimizar processos absorvendo grandes quantidades de informação e deduzindo resultados sem intervenção humana.

Segundo Rocha, 2021, com a compreensão do funcionamento da IA, foi possível constatar que o uso e desenvolvimento da IA têm se expandido nos últimos anos. E se tornado uma ferramenta imprescindível em diversas atividades, dando origem a novas obras e invenções, porém, estas carecem de proteção.

O uso da inteligência artificial (IA) contribui para melhor compreensão das condições atmosféricas, das características da superfície e da qualidade do ar em áreas urbanas. Isso demonstra potencial para monitorar o desenvolvimento das cidades, identificar padrões de ocupação e prever tendências de desenvolvimento (DEBIAZI & MASIERO, 2023). Conforme Carvalho (2021), independentemente de nossas aspirações, a IA está se tornando cada vez mais presente em nossas vidas. Portanto, com base nas experiências passadas de acesso e inclusão social a novas tecnologias, é crucial garantir que a IA traga benefícios e minimize os riscos.

Segundo Debiazi & Masiero, 2023 a Inteligência Artificial, aliada ao Big Data, IoT e Cloud Computing, pode desenvolver modelos para prever tendências e propor soluções proativas para desafios urbanos. Algoritmos de aprendizado de máquina detectam padrões e antecipam problemas, permitindo ações preventivas pelas autoridades. Essas tecnologias podem tornar as cidades mais resilientes e sustentáveis através da gestão inteligente de recursos. No entanto, é crucial que sua implementação seja acompanhada por políticas públicas que promovam a inclusão social e respeitem questões éticas e de privacidade de dados.

O uso de tecnologias de Inteligência Artificial é fundamental para os sistemas das cidades inteligentes, mas não há garantia de operação ética, dado os casos de discriminação racial e de gênero. Isso pode resultar na construção de novos "muros" e em uma gentrificação tecnológica, onde espaços inovadores são acessíveis apenas às classes privilegiadas, excluindo os mais vulneráveis. O planejamento deve incluir todos os segmentos da sociedade para criar uma cidade verdadeiramente ideal (RUTOWITSCH BECK; MANZONI CENCI, 2024).

Diante disso ela pode aumentar riscos existentes e trazer novos riscos. Para evitar ou reduzir esses riscos, é necessário o desenvolvimento de novos algoritmos, ou seu uso de maneiras novas e inovadoras, levando em consideração questões éticas, sociais e legais (CARVALHO, 2021). É essencial abordar de forma crítica e responsável os desafios de manter o controle humano sobre os sistemas tecnológicos, garantindo que eles atuem eticamente, maximizando os benefícios socioambientais e minimizando os danos. Essa responsabilidade continua sendo humana (BARBOSA & BEZERRA, 2020).

3. METODOLOGIA

O objetivo deste artigo é compreender a interface entre os temas “Resiliência Urbana” e “Inteligência Artificial”. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura nas bases de dados Scopus, empregando os termos-chave, "artificial intelligence" OR "AI" OR "machine learning" OR "big data" associados ao tema por meio de expressões booleanas com os termos "urban resilience" e OR disaster OR emergency. Considerando apenas documentos em que esses termos estivessem presentes no título, resumo ou palavras-chave.

A pesquisa foi restrita a documentos do tipo artigo ou revisão, excluindo outros tipos de publicações, para assegurar a precisão e a qualidade científica dos resultados. Após as buscas, foram encontrados 17 documentos, porém apenas 16 artigos foram analisados, pois não foi possível acessar 1 dos documentos encontrados.

A pesquisa foi realizada em 3 etapas, a coleta de dados ocorreu em junho de 2024, com as buscas das palavras-chave realizadas nas bases de dados Scopus. Em seguida foram realizadas as leituras e fichamentos dos documentos encontrados e por fim, como forma de aperfeiçoar as análises feitas pela leitura dos documentos, foram utilizados os softwares VOSviewer e Bibliometrix. O VOSviewer foi adotado pois permite a construção de redes bibliométricas, mapeamento e análise de co-ocorrência de termos (Abbasi et al., 2024). Bibliometrix, ajuda analisar tendencias na literatura por meio da elaboração de modelos visuais de dados bibliométricos, (Odoi-Yorke et al., 2024). A Figura 1 resume as etapas realizadas para a construção desta pesquisa.

Figura 1 - Etapas da metodologia



Fonte: elaborada pelos autores.

4.RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DE PALAVRAS-CHAVE

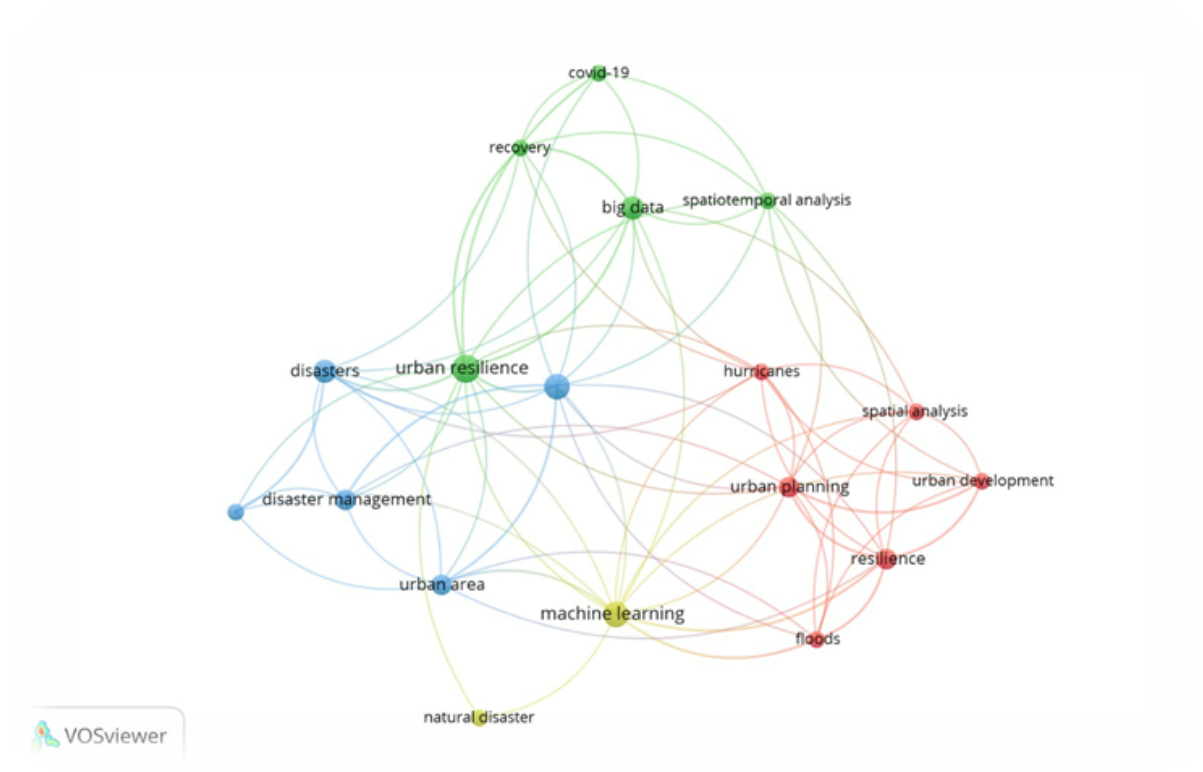
A Figura 2 representa a ocorrência de palavras-chave gerado pelo software VOSviewer, baseado na literatura revisada. O gráfico demonstra as relações entre os principais termos abordados na literatura, com destaque a áreas de maior relevância e interconexão temática. Os clusters de diferentes cores, representam cada grupo de termos que frequentemente coocorrem na literatura, podendo ser interpretados como subtemas no contexto geral do artigo:

- Cluster Verde: grupo que inclui termos como “Urban resilience”, “Big data” e “Recovery”, sugerindo um foco na análise de dados de eventos para promover resiliência.
- Cluster Azul: inclui termos como “Disaster mangement”, “disaster” e “Urban Area”, indicando uma ênfase na gestão e reação a eventos.
- Cluster Amarelo: agrupa termos como “Machine learning” e “Natural disaster”, apontando para uma metodologia de aprendizagem, voltada para a previsão e simulação
- Cluster Vermelho: relaciona-se principalmente com “Urban Planning”, “Urban development”, “Resilience” e “Spatial analisys”, refletindo a preocupação com o desenvolvimento da resiliência por meio do planejamento urbano e mapeamento de áreas de risco.

As linhas que conectam os termos representam a ocorrência destes nas fontes analisadas, com linhas mais espessas indicando uma maior frequência de coocorrência. As

conexões mais frequentes entre "Urban resilience", "Big data", "Machine learning" e "Urban Planning", sugerem uma forte inter-relação entre estes temas.

Figura 2 – Mapa de Coocorrência de Palavras-chave na Literatura sobre Inteligência Artificial e Resiliência Urbana

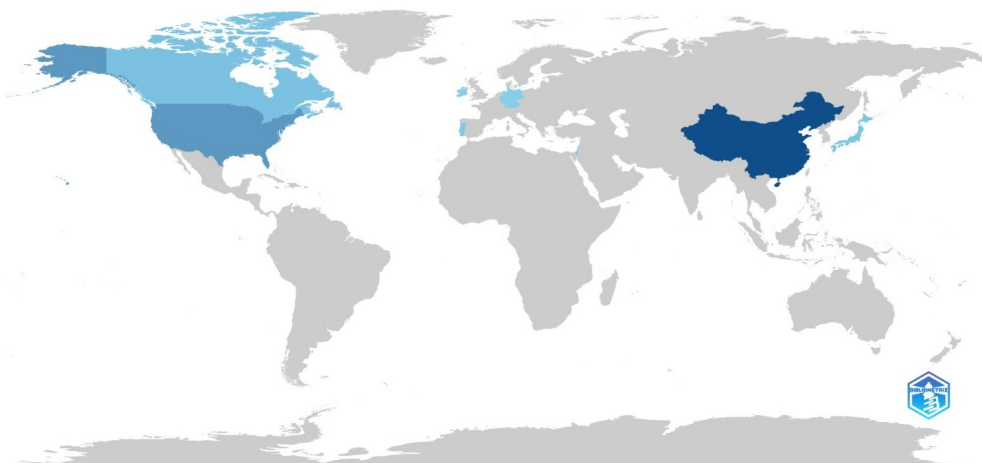


Fonte: Autores.

4.2 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

A Figura 3, ilustra a produção científica global por país. Países como a China destacam-se com os tons mais escuros de azul, indicando alta produção científica. Países como Estados Unidos mostram produção moderada em tons de azul-médio. Regiões da Europa representadas em tons claros, indicam produção baixa. O mapa evidencia a desigualdade na produção científica global e a concentração de pesquisa no hemisfério norte.

Figura 3 – Distribuição global da produção científica por país



Fonte:

4.3 ANÁLISE DE OBJETIVOS E METODOS

Os objetivos dos artigos analisados, resumidamente, incluem desenvolver índices de medição de resiliência urbana, Modelos de previsão e simulação de emergências, Melhoria em sistemas de alerta e Modelos de decisão para melhoria de reação. Muitos artigos focam na integração de recursos de inteligência artificial com dados de sistemas de informação geográficas, dados climáticos, dados do sistema de trânsito e de mídias sociais, para melhorar o desempenho organizacional. As pesquisas são predominantemente conduzidas no setor público, abrangendo sistemas de infraestrutura, Gestão e Governança de emergências, Saúde, Transporte e Geoengenharia.

Acerca da metodologia, dos artigos analisados, predominam os quantitativos (14), seguidos por abordagem mista (2) e por fim, qualitativos (1). Observa-se a ocorrência de modelagem matemática, estudos bibliométricos e métodos de análise multicritério. As abordagens mistas frequentemente combinam estudos de caso com entrevistas e modelagem de equações estruturais. Já a abordagem qualitativa é representada por uma revisão bibliográfica.

4.4 GAPS DE PESQUISA IDENTIFICADOS

Com base nos dados encontrados e nas discussões realizadas, recomenda-se investigar os seguintes tópicos, os quais são elencados a seguir:

R1: Promover estudos comparativos com aplicação Inteligência Artificial pode mapear pessoas vulneráveis para aumentar a eficiência de operações de resgate após emergências.

R2: realizar estudos que apoiem por meio de Inteligência artificial a elaboração de planos de emergências customizados para definições de rotas de fuga, definição de abrigos e outros aspectos que envolva em situações evacuação.

R3: realizar estudos que abordem outras situações de emergências não exploradas, como falta de energia elétrica.

R4: Promover estudos comparativos com aplicação Inteligência Artificial quando ao uso de tecnologias sustentáveis no planejamento urbano como soluções baseadas na natureza em comparação com tecnologias cinza.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo proporcionou uma análise da literatura existente sobre a inteligência artificial aplicada a resiliência urbana. Por meio da revisão, identificou-se as principais tendências, desafios e oportunidades. Os resultados destacam a interconectividade entre os conceitos e a importância de tecnologias, como Big Data, Aprendizagem de máquina, Aprendizagem profunda e Simulação, na promoção da resiliência urbana.

A análise de ocorrência de palavras-chave revelou que os subtemas mais relevantes incluem planejamento urbano, gestão de desastres e Análise espacial. A análise da produção científica por país destacou desigualdades na produção de conhecimento, com uma concentração notável em países como China e Estados Unidos. Em termos metodológicos, houve a prevalência de modelagem matemática e análise multicritério de caso. Setores como infraestrutura, transporte, saúde e Governança de emergências foram os mais investigados.

Para futuras pesquisas, recomenda-se explorar tópicos como mapeamento de pessoas em situação de vulnerabilidade, modelos de elaboração de planos de emergência, abordagens de contemples outros tipos de emergência como falta de energia elétrica.

Portanto, conclui-se que este estudo contribui para o entendimento das dinâmicas entre a inteligência artificial e a resiliência urbana, fornecendo um panorama e identificando direções para pesquisas futuras. O uso da inteligência artificial por meio do desenvolvimento de modelos de previsão e simulação, é essencial no enfrentamento de catástrofes e emergências, promovendo a resiliência urbana.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, F. A. et al. **Fostering UAM implementation: from bibliometric analysis to insightful knowledge on the demand**. Social Network Analysis and Mining, v. 14, n. 1, 1 dez. 2024.
- AVELINO, Andre FT; DALL'ERBA, Sandy. **Comparing the economic impact of natural disasters generated by different input-output models: An application to the 2007 Chehalis river flood (wa)**. Risk analysis, v. 39, n. 1, p. 85-104, 2019.
- BARBOSA, L. M.; PORTES, L. A. F. **A inteligência artificial**. Revista Tecnologia Educacional [on line], Rio de Janeiro, n. 236, p. 16-27, 2023.
- BARBOSA, X. C. & BEZERRA, R.F. **Breve introdução à história da inteligência artificial**. Jamaxi, UFAC, ISSN 2594-5173, v. 4, n. 2, 2020. Disponível em <file:///C:/Users/evacr/Downloads/4730-Texto%20do%20artigo-13487-1-10-20210210.pdf>. Acesso em 07/07/2024.
- CARVALHO, A. C. P. de L. F. (2021). **Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável**. *Estudos Avançados*, 35(101), 21-36. Disponível em <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.003> . Acesso 11/06/2024.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN/MCTI (CEMADEM 2024). Retrieved from: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/01/em-2023-cemaden-registrou-maior-numero-de-ocorrencias-de-desastres-no-brasil>
- CUTTER, S. L. **The landscape of disaster resilience indicators in the USA**. Natural hazards, v. 80, n. 2, p. 741-758, 2016.
- DAVIDSON, K. et al. **The emerging addition of resilience as a component of sustainability in urban policy**. Cities, v. 92, p. 1-9, 2019.
- DEBIAZI, P. R; MASIERO, E. **A contribuição da inteligência artificial, Big Data e Internet das Coisas para o estudo do clima urbano em Smart Cities**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. Anais [...]. [S. l.], 2023. p. 1-9. DOI: 10.46421/encac.v17i1.4429. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4429>. Acesso em: 3 jul. 2024.
- FAN, C.; JIANG, X.; MOSTAFAVI, A.. **Evaluating crisis perturbations on urban mobility using adaptive reinforcement learning**. Sustainable Cities and Society, v. 75, p. 103367, 2021.
- HAGGAG, M. et al. **A deep learning model for predicting climate-induced disasters**. Natural Hazards, v. 107, p. 1009-1034, 2021.

HANG K. , GONG H. , LI Xiaojuan , ZHU L. , WANG C. , CHEN B. , HE J. , GUO, L. ; LYU, M. , YAN, Q.; Li, J. **Application of Peridynamic Theory in Regional Land Subsidence Modeling**[J]. Journal of Geo-information Science, 2023.

HOUGHTLING, S.; SCOTT, R. P. **Do local governments compete or cooperate for resiliency? The case of state spending in Colorado**. Cities, v. 140, p. 104440, 2023.

JIANG, C. et al. **Resilience of healthy cities in the post-pandemic era: Findings based on internet of things data and artificial intelligence algorithms**. Internet of Things, v. 23, p. 100810, 2023.

KONTOKOSTA, C. E.; MALIK, A. **The Resilience to Emergencies and Disasters Index: Applying big data to benchmark and validate neighborhood resilience capacity**, Sustain Cities Soc., 36, 272–285. 2018.

MAS, E. et al. **Dynamic integrated model for disaster management and socioeconomic analysis (DIM2SEA)**. Journal of Disaster Research, v. 13, n. 7, p. 1257-1271, 2018.

MASSON-DELMOTTE, Valérie et al. **Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**, v. 2, n. 1, p. 2391, 2021.

MEEROW, S.; NEWELL, J. P.; STULTS, M. **Defining urban resilience: A review**. Landscape and urban planning, v. 147, p. 38-49, 2016.

ODOI-YORKE, F. et al. **Employing bibliometric analysis to identify the trends, evolution, and future research directions of sand-based thermal energy storage systems**. Journal of Energy Storage. Elsevier Ltd, 30 jul. 2024.

QIAN, J. et al. **Quantifying unequal urban resilience to rainfall across China from location-aware big data**. Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 23, n. 1, p. 317-328, 2023.

REZVANI, S. MHS; 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, v. 16, n. 10, p. 4143, 2024.

ROCHA, U. B. **Uso da inteligência artificial: avanços, riscos e desafios relacionados à propriedade intelectual**.

[Revista Científica Multidisciplinar-núcleo do conhecimento](https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/riscos-e-desafios). 22/07/2023. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/riscos-e-desafios> . Acesso em 1/06/2024.

ROSS, Ashley D. **Local disaster resilience: Administrative and political perspectives**. Routledge, 2013.

- RUTOWITSCH BECK, C. A. M.; MANZONI BOFF, M.; CENCI, D. R. **Cidades inteligentes, inteligência artificial e os desafios na pandemia covid-19: a criação de big data para vigilância, controle e segregação socioespacial da população marginalizada.** Revista de Direito da Cidade, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1810–1843, 2024. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/65722>. Acesso em: 3 jul. 2024.
- SHEN, C.; WANG, Y.. **The Impact of Climate Change on Media Coverage of Sponge City Programs: A Text Mining and Machine Learning Analysis.** Environmental Communication, v. 17, n. 5, p. 518-535, 2023.
- TONG, Y.; MA, Y.; LIU, H. **The short-term impact of COVID-19 epidemic on the migration of Chinese urban population and the evaluation of Chinese urban resilience.** Dili Xuebao/Acta Geographica Sinica, p. 2505-2520, 2020.
- UNITED NATIONS. **Office for disaster risk reduction (2022) Global assessment report on disaster risk reduction 2022 (GAR 2022): our world at risk: transforming governance for a resilient future.** Retrieved from: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2022>
- UNITED NATIONS. **Office for disaster risk reduction (2022). Global natural disaster assessment report 2022 (GAR 2022).** Retrieved from: <https://www.preventionweb.net/publication/2022-global-natural-disaster-assessment-report>
- WANG, H. et al. **Urban Resilience of Important Node Cities in Population Migration under the Influence of COVID-19 Based on Mamdani Fuzzy Inference System.** Sustainability, v. 15, n. 19, p. 14401, 2023.
- WEI, S.; PAN, J. **Resilience of urban network structure in China: the perspective of disruption.** ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 10, n. 12, p. 796, 2021.
- WU, R. **Natural disasters, climate change, and structural transformation: A new perspective from international trade.** The World Economy, v. 46, n. 5, p. 1333-1377, 2023.
- WORLD BANK. **A catalogue of nature-based solutions for urban resilience.** World Bank, 2021.
- YIXUAN, W.; JIAYU, W.; TIAN, C. **Multi-Scenario analysis of rooftop greening regulation on runoff effects based on adaptive Evaluation: A case study of Macau, China.** Ecological Indicators, v. 163, p. 111856, 2024.
- YUAN, F. et al. **Smart flood resilience: harnessing community-scale big data for predictive flood risk monitoring, rapid impact assessment, and situational**

awareness. Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, v. 2, n. 2, p. 025006, 2022.

ZHANG, Y.; JIANG, X.; ZHANG, F. **Urban Flood Resilience Assessment of Zhengzhou Considering Social Equity and Human Awareness**. Land, v. 13, n. 1, p. 53, 2024.

ZHAO, Z. et al. **Enhancing infrastructural dynamic responses to critical residents' needs for urban resilience through machine learning and hypernetwork analysis**. Sustainable Cities and Society, v. 106, p. 105366, 2024.