Uma análise crítica do potencial de redução do risco de inundações sob a ótica do Paradoxo do Desenvolvimento Seguro

Jordanna Misson Mota dos Anjos[1]; Julian Cardoso Eleutério[1,2]

Palavras-Chave – Percepção de risco, Socio-hidrologia, Gestão do risco de desastres.

INTRODUÇÃO

Inundações figuram entre os desastres naturais mais recorrentes e danosos em escala global, com impactos amplificados pela interação entre processos hidrológicos extremos, ocupação do território e gestão do uso do solo em áreas suscetíveis (Merz *et al.*, 2021). Historicamente as estratégias para mitigação desses impactos têm se concentrado na implantação de medidas estruturais, como diques, barragens e canalizações. Embora essas intervenções reduzam a frequência e a magnitude de inundações de menor intensidade, elas não eliminam completamente o risco e introduzem uma nova fonte de ameaça: a falha das próprias estruturas.

Além dos aspectos técnicos relacionados ao desempenho dessas obras, passou-se a reconhecer que elas também influenciam a forma como a população percebe e responde ao risco de inundação. Nesse contexto, Kuhlicke *et al.* (2020) descrevem uma "virada comportamental" na gestão do risco, caracterizada pela crescente incorporação das ações, percepções e decisões humanas na compreensão dos desastres. Assim, compreender a interação entre infraestrutura de proteção e comportamento humano torna-se essencial para o planejamento de estratégias eficazes de redução do risco.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo discutir brevemente como o Paradoxo do Desenvolvimento Seguro pode contribuir para a reflexão sobre estratégias de redução do risco de desastres associados às inundações. Para isso, realizou-se uma revisão da literatura no campo da socio-hidrologia, relacionando o fenômeno às discussões sobre exposição, vulnerabilidade e comunicação do risco.

O PARADOXO DO DESENVOLVIMENTO SEGURO

A adoção de medidas estruturais de proteção contra inundações pode, de forma não intencional, produzir uma falsa sensação de segurança entre as populações protegidas, favorecendo a intensificação da ocupação de áreas suscetíveis e aumentando a exposição de pessoas e bens caso essas estruturas sejam superadas ou apresentem falhas (Sanchez *et al.*, 2026; Nagami *et al.*, 2025).

Esse fenômeno foi inicialmente observado por White (1945), ao demonstrar que, embora as obras hidráulicas reduzissem a ocorrência de inundações frequentes, elas também estimulavam o desenvolvimento urbano em planícies de inundação, ampliando os danos associados a eventos extremos. Fusinato *et al.* (2024) destacam ainda que a ausência prolongada de inundações tende a reforçar a percepção de segurança da população, reduzindo sua preparação para eventos futuros. Posteriormente, Burby (2006) consolidou essa dinâmica sob o termo Paradoxo do Desenvolvimento Seguro, que descreve os efeitos não intencionais de políticas voltadas ao aumento da segurança que acabam contribuindo para o aumento do risco de desastres.

1) Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
2) Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (EHR) da UFMG.

Eventos históricos ilustram esse fenômeno. Em Nova Orleans, durante o furacão Katrina, em 2005, o colapso do sistema de diques contribuiu para aproximadamente 1.570 mortes e perdas econômicas estimadas entre US$ 40 e 50 bilhões, evidenciando como décadas de ocupação intensiva em áreas protegidas potencializaram os impactos do desastre (Kates *et al.*, 2006). Em 2019, as comunidades que ocupam as margens do Rio Missouri sofreram durante nove meses, com rompimentos ou transbordamentos em quase todos os diques em um trecho de 350 quilômetros entre Omaha, Nebraska, e Kansas City, após um inverno historicamente chuvoso que proporcionou uma enchente com probabilidade anual de ocorrência de 0,2 % (Chambers *et al.* 2023). Os autores apontam que os gastos com a recuperação ultrapassaram bilhões de dólares.

Na Europa, as inundações de julho de 2021 no vale do Rio Ahr (Alemanha) resultaram em 190 mortes e prejuízos superiores a 33 bilhões de euros, evidenciando que mesmo sistemas de alerta e estruturas de proteção em países desenvolvidos podem falhar diante de eventos extremos (Rhein e Kreibich, 2025; Lehmkuhl *et al.*, 2022). No Brasil, o evento ainda latente na memória da população foi a inundação que atingiu Porto Alegre em maio de 2024. Apesar de um sistema de aproximadamente 68 km de diques construído na década de 1970, o nível do Lago Guaíba alcançou 5,35 m, ultrapassando a capacidade das estruturas, que apresentavam problemas de manutenção e falhas operacionais. O evento resultou na inundação de extensas áreas urbanas e no fechamento do aeroporto internacional por quase seis meses (Ruver, 2026).

Esses exemplos evidenciam que a existência de estruturas hidráulicas não elimina o risco de desastres. Ao contrário, quando associada à intensificação da ocupação das áreas protegidas e à redução da percepção de risco, pode ampliar significativamente as consequências de eventos que excedem a capacidade de projeto ou decorrem de falhas estruturais.

IMPLICAÇÕES DO PARADOXO PARA A GESTÃO DO RISCO DE INUNDAÇÕES

O reconhecimento do Paradoxo do Desenvolvimento Seguro traz importantes implicações para a gestão de risco. Se medidas estruturais podem, inadvertidamente, induzir mudanças no comportamento da população e favorecer o aumento da exposição ao risco, sua implementação deve ser acompanhada por estratégias capazes de minimizar esses efeitos. Ou seja, o Paradoxo do Desenvolvimento Seguro não deve ser compreendido apenas como uma consequência observada *a posteriori*, mas como um elemento a ser considerado antecipadamente no planejamento da prevenção de desastres.

Embora a prevenção contemple tradicionalmente medidas estruturais e não estruturais, como sistemas de monitoramento, alerta, planos de contingência e simulados de emergência, a efetividade dessas ações pode ser limitada quando desconsidera a forma como a população percebe o risco e interpreta a proteção proporcionada pelas obras hidráulicas (Lechowska, 2022; Kuhlicke *et al.* 2020). Nesse sentido, antes da definição de estratégias voltadas à preparação da população, torna-se necessário compreender quem são os indivíduos expostos, como percebem o risco de inundação, qual o grau de confiança atribuído às estruturas de proteção e de que forma recebem e interpretam as informações relacionadas ao risco. Esse conjunto de informações permite identificar vulnerabilidades que não podem ser observadas apenas por análises hidrológicas ou estruturais, subsidiando estratégias de comunicação, educação e preparação mais compatíveis com a realidade local (Fonseca *et al.*, 2025).

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de superação de abordagens dicotômicas na gestão de desastres, historicamente marcadas pela separação entre componentes físicos e sociais do risco, o que dificulta a construção de estratégias integradas de redução de vulnerabilidades (Vanelli; Kobiyama; Monteiro, 2020).

A caracterização da população exposta pode fornecer subsídios para compreender os vetores de ocupação do território, evidenciando a influência de processos históricos, institucionais e socioeconômicos na expansão urbana sobre áreas suscetíveis a inundações (Fusinato *et al.*, 2025). Essa compreensão é fundamental para distinguir padrões de ocupação induzidos por intervenções estruturais daqueles associados a dinâmicas urbanas autônomas, o que possibilitaria o direcionamento mais preciso de medidas não estruturais voltadas à redução do risco. Além disso, ao permitir a identificação de características socioeconômicas, experiências prévias com eventos extremos e níveis de percepção de risco, esse diagnóstico pode contribuir para a adaptação das mensagens às diferentes realidades locais, aumentando a clareza, a relevância e a efetividade da comunicação de risco (Fonseca *et al.*, 2025). Dessa forma, o conhecimento sobre a população não se limita à caracterização da vulnerabilidade, mas subsidia diretamente o planejamento de estratégias de comunicação mais eficientes.

Apesar da crescente valorização da percepção de risco na literatura, sua incorporação ao planejamento de estratégias preventivas ainda representa um desafio para a gestão de desastres. A obtenção dessas informações demanda recursos institucionais, equipes multidisciplinares e metodologias capazes de integrar aspectos sociais e técnicos, o que se reflete em limitações operacionais e institucionais observadas em nível municipal (Pinheiro *et al.*, 2021).

Nesse cenário, a incorporação da percepção de risco deve ser compreendida como um processo contínuo de interação entre instituições e comunidade, com potencial para subsidiar não apenas estratégias de comunicação e preparação, mas também análises sobre a dinâmica de ocupação em áreas suscetíveis a inundações (Rusca; Di Baldassarre, 2019). Essa abordagem permite identificar padrões associados à percepção de segurança induzida por medidas estruturais, contribuindo para o direcionamento de medidas não estruturais mais específicas e territorialmente adequadas.

O fortalecimento das capacidades institucionais e o desenvolvimento de abordagens integradas entre informações hidrológicas, territoriais e sociais constituem desafios centrais para a consolidação de estratégias de redução do risco de inundações baseadas na compreensão das dimensões comportamentais do risco.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A reflexão apresentada evidencia que a incorporação das dimensões comportamentais ao planejamento preventivo amplia a compreensão do risco e fortalece o desenvolvimento de estratégias de comunicação, preparação e gestão territorial mais efetivas. Assim, considerar antecipadamente os efeitos associados ao Paradoxo do Desenvolvimento Seguro pode contribuir para uma gestão do risco mais integrada, preventiva e resiliente, favorecendo a superação de abordagens dicotômicas que historicamente dissociam as dimensões físicas e sociais dos desastres.

Espera-se que, a partir dessa análise crítica, estudos futuros possibilitem uma compreensão mais integrada das relações entre estruturas de proteção, percepção de risco e ocupação urbana em áreas suscetíveis a inundações. Para isso, será necessária a articulação entre a caracterização técnica do risco, a dinâmica de ocupação do território e a percepção de risco da população. Dessa forma, tal articulação contribuirá para o aprimoramento da gestão do risco de inundações, especialmente em contextos locais.

REFERÊNCIAS

BURBY, R. J. (2006). "Hurricane Katrina and the Paradoxes of Government Disaster Policy: Bringing About Wise Governmental Decisions for Hazardous Areas". *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, v. 604, n. 1, p. 171–191.
CHAMBERS, M. L. *et al.* (2023). "Nature-based solutions for leveed river corridors". *Anthropocene*, v. 44, p. 100417.
FUSINATO, E. *et al.* (2025). "Unintended consequences of public policies in increasing risk: the safe development paradox in the Revólver basin, Brazil". *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 128, p. 105697.
KATES, R. W. *et al.* (2006). "Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: A research perspective". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 40, p. 14653–14660.
KUHLICKE, C. *et al.* (2020). "The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications". *WIREs Water*, v. 7, n. 3, p. e1418.
LECHOWSKA, E. (2022). "Approaches in research on flood risk perception and their importance in flood risk management: a review". *Natural Hazards*, v. 111, n. 3, p. 2343–2378.
LEHMKUHL, F. *et al.* (2022). "Assessment of the 2021 summer flood in Central Europe". *Environmental Sciences Europe*, v. 34, n. 1, p. 107.
MERZ, B.; BLÖSCHL, G.; VOROGUSHYN, S.; DOTTORI, F.; AERTS, J. C.; BATES, P.; BERTOLA, M.; KEMTER, M.; KREIBICH, H.; LALL, U.; MACDONALD, E. (2021). "Causes, impacts and patterns of disastrous river floods". *Nature Reviews Earth & Environment*, v. 2, n. 9.
NAGAMI, K.; INOUE, R.; KOMORI, D. (2025). "Flood Risk Perception in an Inherently Flood-Prone Urban Area: Based on a Land Price Analysis in the Arakawa River Downstream Area, Tokyo". *Journal of Disaster Research*, v. 20, n. 2, p. 222–232. DOI: 10.20965/jdr.2025.p0222.
PINHEIRO, E. G. *et al.* (2021). "Disaster preparedness indicators. An application in the state of Paraná, Brazil". *Cidades. Comunidades e Territórios*, n. Sp21.
RHEIN, B.; KREIBICH, H. (2025). "Causes of the exceptionally high number of fatalities in the Ahr valley, Germany, during the 2021 flood". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 25, n. 2, p. 581–589.
RUSCA, M.; DI BALDASSARRE, G. (2019). "Interdisciplinary Critical Geographies of Water: Capturing the Mutual Shaping of Society and Hydrological Flows". *Water*, v. 11, p. 1973-1987.
RUVER, C. A. (2026). "Stability Analysis of a Protective Levee in the City of Porto Alegre (Brazil) after Record Flood". *Indian Geotechnical Journal*, 11 fev. 2026.
SANCHEZ, G. M.; LAWRIMORE, M. A.; PETRASOVA, A.; VOGLER, J. B.; COLLINS, E. L.; PETRAS, V.; HARPER, T.; BUTZLER, E. J.; MEENTEMEYER, R. K. (2024). "The safe development paradox of the United States regulatory floodplain". *PLoS ONE*, v. 19, n. 12, e0311718.
VANELLI, F. M.; KOBIYAMA, M.; MONTEIRO, L. R. (2020). "Dicotomias Associadas aos Desastres". In *Anais do II Encontro Nacional de Desastres da ABRHidro*, Virtual, 2020. ISSN: 2764-9040.
WHITE, G. F. (1945). *Human Adjustment to Floods: A Geographical Approach to the Flood Problem in the United States*. Tese de Doutorado, University of Chicago, [s. l.], 11-238 p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, à CAPES, ao CNPq e à UFMG pelo apoio ao desenvolvimento de pesquisas científicas brasileiras.