

ANÁLISE SOCIO-HIDROLÓGICA DOS RISCOS A INUNDAÇÃO EM RIO NEGRINHO/SC: ESTUDO PRELIMINAR DA INFRAESTRUTURA CRÍTICA

Franciele Maria Vanelli¹; Leonardo Romero Monteiro²; Beatriz Crema Duarte³;

Mariana Madruga de Brito⁴ & Masato Kobiyama⁵

Palavras-Chave – Redução de riscos, Desastres, Socio-hidrologia.

INTRODUÇÃO

No estudo científico sobre os desastres naturais, também entendidos como socio-naturais ou como naturalizados (Vanelli *et al.*, 2022), o risco pode ser considerado por diferentes aspectos e baseados em diferentes metodologias (Diaconu *et al.*, 2021). Uma forma de quantificar o risco é pela multiplicação direta do valor representativo do perigo pelo valor representativo da vulnerabilidade (Di Mauro *et al.*, 2012), entretanto os limites desses valores representativos podem variar dependendo da metodologia empregada.

Considerando que a análise do risco associado aos desastres naturais deve se basear no estudo dos sistemas sociais e naturais entrelaçados, que mutuamente se influenciam ao longo do tempo e do espaço, a socio-hidrologia, por meio da aplicação de uma abordagem integrada, pode contribuir para o avanço do conhecimento da redução do risco e do desastre (Vanelli & Kobiyama 2021; Vanelli *et al.* 2022). Mediante esse cenário, a análise de risco deve se atentar às infraestruturas críticas, que são “instalações, serviços, bens e sistemas cuja interrupção ou destruição, total ou parcial, provoque sério impacto social, ambiental, econômico, político, internacional ou à segurança do Estado e da sociedade” (Brasil, 2018). A disponibilidade dessas infraestruturas, tais como provimento de água, energia, alimentos, e tecnologias de informação e comunicação, traz prosperidade à sociedade (Fekete, 2011), porém elas podem ser fisicamente danificadas na ocorrência de desastres, afetando os serviços fornecidos por elas e causando um efeito dominó em outros sistemas (Kadri *et al.*, 2014), expondo a sociedade a novos riscos.

O objetivo do presente estudo foi analisar o risco a inundações sob a perspectiva da socio-hidrologia com enfoque em infraestruturas críticas. Para isso, foi realizado o estudo de caso na área urbana do município catarinense Rio Negrinho, localizada na bacia hidrográfica homônima. O presente estudo se limita a resultados preliminares da análise de risco a inundações, para posteriormente avançar a análise conjunta com outros desastres naturais e a proposição de medidas para a Gestão dos Riscos de Desastres (GRD).

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Rio Negrinho, localizado no norte do estado de Santa Catarina (SC), possui área de aproximadamente 908 km² e está inserido na bacia hidrográfica do rio Negrinho, tendo o rio homônimo como curso principal e os rios Serrinha e dos Bugres como principais afluentes. Delimitou-se a zona urbana do município (aproximadamente 4% da área total) como a área de estudo

1) Doutoranda, Bolsista CNPq, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: francielevanelli@gmail.com

2) Professor, Laboratório de Ciências das Águas (Lacia), Departamento de Engenharia Civil (DEC), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: leonardo.monteiro@udesc.br

3) Graduada em Engenharia Civil, Laboratório de Ciências das Águas (Lacia), Departamento de Engenharia Civil (DEC), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: beatrizcremaduarte@gmail.com

4) Pesquisadora, Department of Urban and Environmental Sociology, Helmholtz Centre for Environmental Research, Germany. E-mail: mariana.brito@ufz.de

5) Professor, Bolsista do CNPq, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br

por se tratar da região afetada por inundações com base nos registros históricos (Giglio & Kobiyama 2011).

A metodologia proposta para atingir o objetivo do presente trabalho consiste em (i) elaborar o mapa de risco de inundação a partir dos mapas de perigo de inundação e de vulnerabilidade; (ii) definir e identificar a localização de infraestruturas críticas a partir de levantamento em documentos; (iii) verificar com a população a relevância dos locais listados e adicionar outros considerados pertinentes pela população; (iv) espacializar os dados utilizando ferramentas de geoprocessamento; (v) realizar a análise do risco para a área de estudo com ênfase nos locais listados. Ao longo do desenvolvimento do estudo foram realizadas atividades em campo para coletar dados por meio de conversas informais com os moradores e entrevistas com representantes de instituições, bem como documentos oficiais foram analisados, possibilitando uma melhor compreensão das ocorrências dos eventos perigosos e das especificidades locais.

O mapa de risco a inundação da zona urbana do município de Rio Negrinho foi elaborado a partir dos mapas de perigo de inundação (ver Monteiro *et al.* 2023) e de vulnerabilidade considerando aspectos sociais, econômicos e de infraestrutura (ver Vanelli *et al.* 2023) ambos com valores normalizados de 0 a 1. A partir de dados secundários provenientes de documentos oficiais, foram identificadas a localização de infraestruturas críticas, seja pelo papel relevante a ser desempenhado na GRD ou pelas características de vulnerabilidade do público envolvido. Posteriormente, munícipes, por meio da realização de um grupo focal, foram consultados sobre os locais listados e da necessidade de complementação.

Para análise do risco a inundação, inicialmente, foi investigada a distribuição espacial do risco na área de estudo, visando identificar regiões com maiores valores. Em seguida, foi analisado o valor do risco no próprio local das infraestruturas críticas. Caso o local não estivesse dentro de uma área inundada, avaliava-se os valores do risco em um raio de 50 m, e ainda, em um raio de 100 m ou 150 m, caso não houvesse risco de inundação nos casos anteriores. Caso houvesse células com valores distintos no local analisado, o valor era definido com base no valor predominante.

Goerl *et al.* (2012) realizaram o mapeamento do risco a inundações para essa área de estudo considerando o risco como o produto entre perigo e vulnerabilidade, assim como no presente estudo. No entanto, os autores estimaram o perigo a inundações a partir das cotas inundadas nos eventos ocorridos em 1983 e 1992, enquanto o presente estudo se baseou na velocidade, profundidade e probabilidade de ocorrência a partir de dados da série histórica e aplicação do modelo hidrológico e hidrodinâmico (ver Monteiro *et al.* 2023). Ambos os estudos utilizaram dados censitários para estimar a vulnerabilidade socioeconômica, porém foram utilizados diferentes indicadores e anos distintos (ver Vanelli *et al.* 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa de risco a inundação para a zona urbana de Rio Negrinho ilustra que os valores de risco variaram de 0,0 a 0,46 (Figura 1a). Ao analisar o histograma dos resultados, identificou-se que 76% da frequência está associada a valores de risco entre 0 e 0,14 (Figura 1b), enquanto 21% variam entre 0,15 e 0,28 e 3% se referem a valores de risco igual ou superior a 0,29 que denotam área com necessidade de maior atenção.

As seguintes infraestruturas críticas foram analisadas: escolas públicas e particulares de ensino básico e médio, centros de educação infantil e para pessoas excepcionais, centros de saúde, lar de idosos, sedes de Prefeitura, Polícia Civil, Militar e Rodoviária, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, duas estações de tratamento de esgoto (ETE), estação de tratamento de água (ETA) e duas subestações de energia elétrica. Os representantes de Rio Negrinho ao serem consultados indicaram a necessidade de incluir outros locais: três ginásios que servem como locais de alojamentos aos desabrigados durante os eventos extremos, uma casa de proteção a crianças e os dois fóruns do Município.

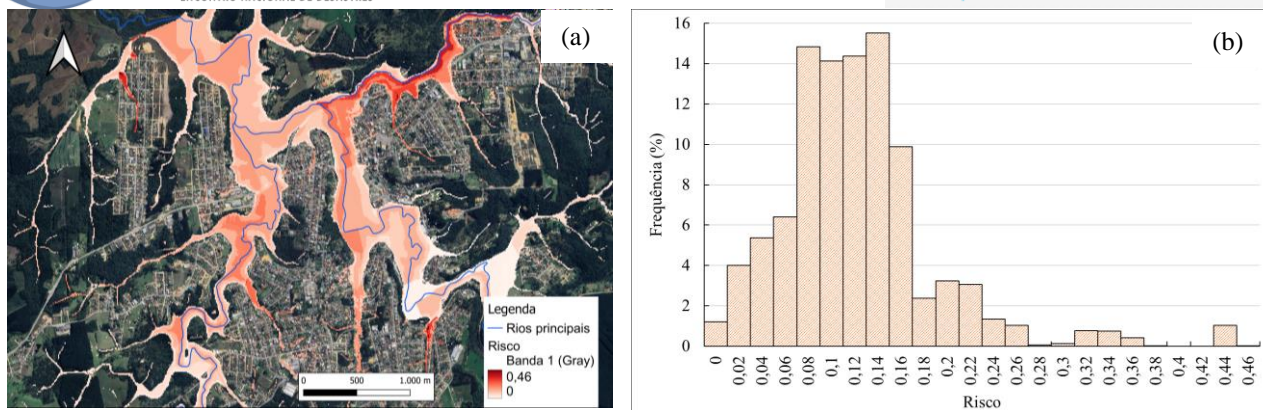


Figura 1.(a) Mapa de risco a inundação e (b) histograma dos valores de risco a inundação para a zona urbana do município de Rio Negrinho/SC.

Com este levantamento foram identificadas 61 infraestruturas críticas, porém cinco centros de educação, três centros de saúde, uma das ETE e uma das subestações de energia elétrica foram excluídos da análise pois não estavam localizados dentro da área de estudo (bacia hidrográfica de rio Negrinho). Assim, a análise do risco a inundação foi realizada para 51 locais, dos quais 53% estão localizados em áreas com risco a inundação em um raio de até 100 m ou menos (Figura 2a). Os resultados obtidos para os locais analisados em relação à proximidade do risco a inundação são ilustrados na Figura 2(b). Considerando os locais em risco com raio igual ou menor de 100 m, quatro (14%) estão sob risco direto a inundação com valores entre 0,09 e 0,18 e o maior valor de risco é 0,29 em dois locais em um raio de 100 m. A compreensão do risco para estes locais deve ser aprofundada em campo por meio de visitas aos locais.

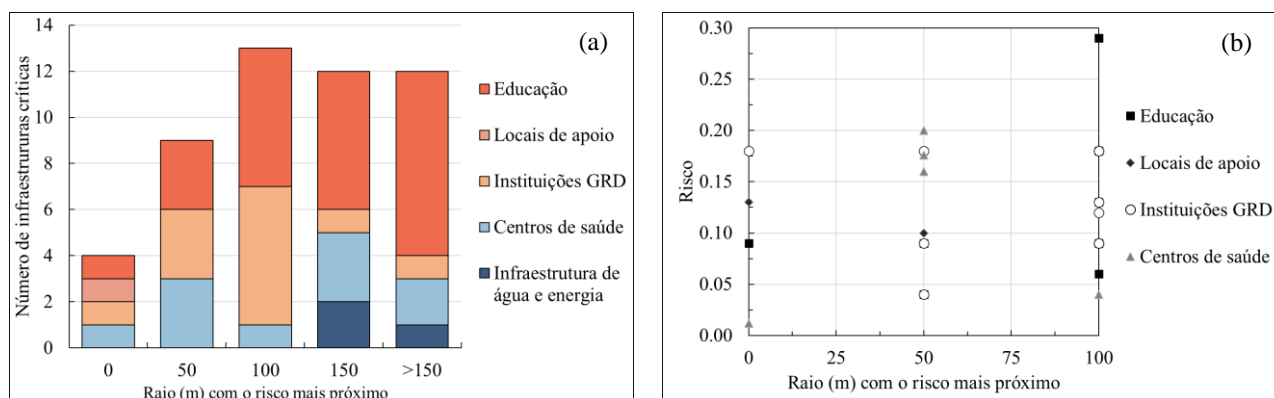


Figura 2. (a) Número de infraestruturas críticas em relação ao raio com o risco mais próximo e (b) Valor do risco a inundação em relação à proximidade com as infraestruturas críticas, onde raio 0 m é o próprio local, e raio de 50 m e 100 m indicam áreas de risco no raio menor ou igual a esses valores. GRD significa Gestão dos Riscos de Desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se refere a uma análise preliminar do risco a inundação em relação às infraestruturas críticas. Os resultados apontaram a existência de risco em quatro locais que devem ser analisados localmente e avaliados com especial atenção na proposição de medidas de GRD, visto que esses locais podem ficar isolados durante eventos de inundação. Analisar o risco a inundação das infraestruturas críticas é fundamental para mitigar danos físicos decorrentes dos desastres que podem afetar os serviços amplificando os impactos e expondo a sociedade a outros riscos.

Aplicou-se uma abordagem integrada, onde métodos e dados quantitativos e qualitativos são considerados relevantes. Os resultados obtidos por modelos computacionais e ferramentas de geoprocessamento foram analisados conjuntamente com dados qualitativos obtidos nas saídas a campo e demais contatos com membros da comunidade local. Portanto, o presente estudo demonstrou

a importância da análise conjunta de dados quantitativos e qualitativos para compreensão do risco e desastres sob a perspectiva da socio-hidrologia.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. (2018). “Decreto nº 9.573, de 22 de novembro de 2018”. Aprova a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/decreto/D9573.htm. Acesso em: 21/10/2022.
- DIACONU, D. C.; COSTACHE, R.; POPA, M. C. (2021). “An overview of flood risk analysis methods”. *Water*, v. 13, n. 4, p. 474.
- DI MAURO, M.; DE BRUIJN, K. M.; MELONI, M. “Quantitative methods for estimating flood fatalities: towards the introduction of loss-of-life estimation in the assessment of flood risk”. *Natural hazards*, v. 63, n. 2, p. 1083-1113, 2012.
- FEKETE, A. (2011). “Common criteria for the assessment of critical infrastructures”. *International Journal Disaster Risk Science*, v. 2, n.1, p. 15-24.
- GIGLIO, J. N.; KOBİYAMA, M. (2011). “Uso de registros históricos para análise de inundações: Estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC” in *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceio, 2011, pp. 1-17.
- GOERL, R.F.; KOBİYAMA, M.; PELLEIN, J.R.G.M. (2012) “Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundações: Estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC”. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 30, n.1, p. 81 - 100.
- KADRI, F.; BIRREGAH, B.; CHÂTELET, E. (2014). “The impact of natural disasters on critical infrastructures: a domino effect-based study”. *Homeland Security & Emergency Management*, v. 11, n.2, p. 217-241.
- MONTEIRO, L.R.; DUARTE, B. C.; VANELLI, F. M. (2023). “Mapeamento de perigo de inundações para Rio Negrinho/SC: Influência do remanso do rio Negro” in *Anais III Encontro Nacional de Desastres*, Rio de Janeiro, 2023
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. (2021). “How can socio-hydrology contribute to natural disaster risk reduction?”. *Hydrological Sciences Journal*, v. 66, n.12, p. 1758-1766.
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. (2022). “An integrative approach for overcoming dichotomous thinking in natural hazards and disasters research”, in *Ensino de Geografia e a Redução do Risco de Desastres em espaços urbanos e rurais*. Org. por Magnoni Júnior, L. et al. São Paulo: Centro Paula Souza, 669-691.
- VANELLI, F.M.; DUARTE, B. C.; MONTEIRO, L. R.; KOBİYAMA, M.; DE BRITO, M. M. (2023). “Mapeamento da vulnerabilidade para análise do risco a inundações em Rio Negrinho/SC” in *Anais III Encontro Nacional de Desastres*, Rio de Janeiro, 2023.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao CNPq pelo suporte financeiro concedido [Processo nº141384/2019-0]. Os autores agradecem imensamente à Associação Empresarial de Rio Negrinho (ACIRNE), em especial aos membros do Núcleo Comunitário Contra Enchentes e à Prefeitura de Rio Negrinho pelo suporte para realização das atividades em campo, e a todos rio-negrinhenses pela receptividade.