Metodologias existentes para analisar risco, perigo e vulnerabilidade

Existing methodologies for analyzing risk, hazard and vulnerability

Alexandre Estrela de Lacerda Nóbrega [1]
Yuri Tomaz Neves [2]
Antônio Ferreira da Fonseca Neto [2]
Filipe Italo Soares Gomes [2]
Francisco Nicácio de Araújo Bisneto [2]
Rodrigo Paulino Oliveira [2]

RESUMO: As inundações são responsáveis por afetar o maior número de pessoas entre os diferentes tipos de desastres naturais, resultando em um grande número de desabrigados anualmente. Vários fatores contribuem para o surgimento das inundações, como a degradação das nascentes e matas ciliares, assoreamento dos rios, urbanização excessiva, falta de drenagem adequada e ocorrência de chuvas intensas. Diversas metodologias são utilizadas para analisar riscos, perigos e vulnerabilidades. O mapeamento temático, que utiliza indicadores sociais e ambientais, permite visualizar áreas de alta vulnerabilidade social. Os índices morfométricos classificam o uso dos solos de uma bacia hidrográfica e auxiliam na análise dos riscos de desastres ambientais. O uso de cenários temporais, combinando elementos geográficos, sociais e ambientais ao longo do tempo, também é aplicado na análise de riscos de desastres por inundações. A utilização de VANTs permite o levantamento de áreas de riscos com rapidez e precisão e por fim, o uso da metodologia BIM para a visualização da mancha de inundação em ambiente 3D altamente realista, contribui para a tomada de decisões mais assertivas.

Palavras-chave: Risco; Perigo; Inundação; Enchente.

ABSTRACT: Floods are responsible for affecting the largest number of people among the different types of natural disasters, which occur in a large number of homeless people annually. Several factors contributed to the triggering of floods, such as the degradation of springs and riparian forests, silting up of rivers, excessive urbanization, lack of adequate drainage and the occurrence of heavy rains. Several methodologies are used to analyze risks, hazards and vulnerabilities. Thematic mapping, which uses social and environmental indicators, makes it possible to visualize areas of high social vulnerability. Morphometric indexes classify the use of soils in a hydrographic basin and help in the analysis of the risks of environmental disasters. The use of temporal scenarios, combining geographic, social and environmental elements over time, is also applied in flood disaster risk analysis. The use of UAVs allows the survey of risk areas quickly and accurately and finally, the use of the BIM methodology for viewing the flood area in a highly realistic 3D environment, contributes to making more assertive decisions.

Keywords: Risk; Danger; Inundation; Flood.

[1] Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos 2023 (UNIFIP).
[2] Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos 2023 (UNIFIP).
[3] Graduandos do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos 2023 (UNIFIP).

INTRODUÇÃO

As inundações são eventos naturais que têm impactado a humanidade ao longo da história. Entre os diversos tipos de desastres naturais, as inundações são os que provocam o maior número de pessoas afetadas, resultando em um considerável número de desabrigados anualmente (TUNG, 2002; MOORE et al, 2005).

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), as inundações têm sido responsáveis por aproximadamente um terço dos prejuízos e danos causados por todos os tipos de desastres nas últimas décadas em todo o mundo. Além disso, elas foram a causa de dois terços das pessoas afetadas por esses desastres (UN, 2004).

Segundo Tucci (1993), a degradação das nascentes e das matas ciliares, juntamente com o assoreamento dos rios, a urbanização excessiva e a falta de uma drenagem adequada, bem como a ocorrência de chuvas intensas, contribuem para exceder a capacidade de vazão dos rios, resultando no surgimento de inundações.

Em um estudo realizado por Araújo, Silva e Silva (2020), o Brasil é o país mais impactado por inundações, resultando em danos significativos e afetando um grande número de pessoas. No entanto, esses problemas não ocorrem de forma uniforme nas áreas urbanas, mas tendem a afetar especificamente aquelas que carecem de um sistema adequado de esgotamento sanitário e drenagem. Geralmente, as áreas mais afetadas são aquelas próximas a córregos, onde ocorre a concentração de águas pluviais, e caracterizam-se por ter uma estrutura habitacional precária, resultante das condições de vulnerabilidade social da população residente.

A elaboração de mapas de áreas de risco a inundações requer o conhecimento prévio da vulnerabilidade dessas áreas. Diversos estudos, como os realizados por Kafle et al. (2006), Rebelo (2010) e Grassi et al. (2013), têm se dedicado a mapear o perigo, o risco e a vulnerabilidade relacionados às inundações. Essas pesquisas compartilham o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para integrar os aspectos socioeconômicos e físicos, empregando modelos de simulação e dados de sensoriamento remoto para obter uma compreensão mais abrangente desses fenômenos.

Nessa ótica, o presente trabalho se justifica por elaborar uma revisão de algumas metodologias existentes sobre a análise de risco, perigo e vulnerabilidade, ajudando na tomada de decisões corretas e bem fundamentadas, evitando as escolhas baseadas no “achismo” que em momentos futuros poderá ocasionar sérios problemas à sociedade.

MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

De acordo com Enomoto (2014), a elaboração de mapas de áreas de risco de inundação desempenha um papel crucial no controle e prevenção de inundações, representando uma ferramenta auxiliar de grande poder. Esses mapas devem servir como base fundamental para todos os programas voltados à redução de danos, uma vez que frequentemente possuem importância legal no contexto do zoneamento e na implementação de medidas não-estruturais, conforme apresentado por Friesecke (2004).

Os estudos baseados na análise espacial evidenciam que o resultado é representado por um mapa de risco, que engloba informações sobre a localização, a forma, a situação e o tamanho das áreas afetadas por inundações e alagamentos, ou seja, compõem as vias sujeitas a alagamentos, inundações delimitadas por cotas e pelos pontos que indicam alagamentos conforme as diferentes situações previstas. Esses mapas são cruciais para avaliar de forma individual a situação de cada área, permitindo uma abordagem científica e objetiva (REIS, 2015); (BRAGA; WANDERLEY; HOLANDA, 2020); (BARROS; SILVA; CARVALHO, 2020) e (FONSECA, 2020).

ANÁLISE DE RISCO

A ocorrência de um desastre natural está intrinsecamente ligada a diversas formas de perdas, sejam elas de natureza econômica, social ou ambiental. Nessa perspectiva, utiliza-se o conceito de risco, que pode ser entendido como a medida da probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas (sejam elas econômicas, sociais ou ambientais) decorrentes da interação entre os perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP,2004). De forma geral, a definição de risco é expressa através da Equação 1 apresentada a seguir:

$$R = f(H, V) \tag{1}$$

Onde R é risco, H é o perigo, e V é a vulnerabilidade. De acordo com Chen et al (2004), o risco (R) pode ser concebido como uma função do perigo (H), exposição e vulnerabilidade (V). Por outro lado, de acordo com Stephenson (2002), o risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um perigo, levando em consideração o tempo de retorno desse perigo (intensidade). Segundo a UNDP (2004), A Equação 2 apresenta uma modificação da Equação 1 apresentada anteriormente em função do elemento em risco, a população:

$$R = H\ x\ pop\ x\ V \tag{2}$$

PERIGO E DESASTRE NATURAL

Os perigos naturais (natural hazards) são observados e estudados para que seja desenvolvida a devida prevenção a possíveis eventos danosos ao ser humano, e sua definição se faz essencial para tal trabalho. Devido a isto, busca-se conceituar o perigo de forma convergente, para evitar confusões terminológicas no que se refere à prevenção de desastres.

A Organização das Nações Unidas (ONU) visando universalizar uma definição que abranja todas as culturas, elaborou uma base conceitual sobre o assunto com os programas United Nations Development Programme (UNDP) e International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Isto posto, o UNDP (2004) e ISDR (2004) expõem o perigo como um processo natural potencialmente prejudicial ou um fenômeno físico, que pode resultar em danos severos de cunho socioeconômico às comunidades expostas.

É importante salientar que o desastre natural não é um sinônimo de perigo natural, mas sim uma extensão do mesmo. Isto pode ser reafirmado pelo UNDP (2004), que entende os desastres naturais como efeitos do acontecimento de um perigo natural, que produzem danos e prejuízos maiores que a capacidade dos afetados lidarem com o desastre. A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (ECLAC) (2003) compactua com esse argumento, com base nas perdas de vidas e os danos à sociedade decorridos dos desastres súbitos e inesperados.

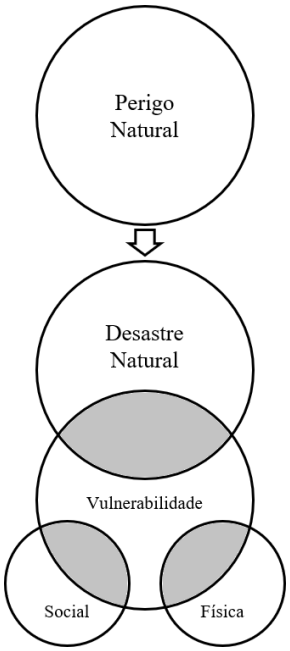
VULNERABILIDADE

O conceito de vulnerabilidade ganha significados muitas vezes diferentes de acordo com o autor, por isso é importante definir uma linha de entendimento. O entendimento de entidades responsáveis pelo bem estar social. O centro especializado na região das Américas de

informações para gerenciamento de risco, Regional Center for Disaster Information for Latin America and the Caribbean (CRID) (2001), conceitua a vulnerabilidade como o risco em que uma comunidade estar suscetível a ser acometida de danos por desastres naturais.

O National Research Council (2006), conselho criado nos Estados Unidos da América, classifica pelo menos dois tipos de vulnerabilidade, a social e a física. O primeiro é representante de riscos ao bem-estar social de uma comunidade em decorrência de um desastre. Já o segundo está mais ligado ao risco no meio ambiente e antrópico, considerando todos os problemas envolvendo bens materiais que desastres nestes campos podem envolver. A Figura 1 apresenta a correlação dos eventos citados.

Figura 1 – Correlação de eventos.



Fonte: Do próprio autor (2023).

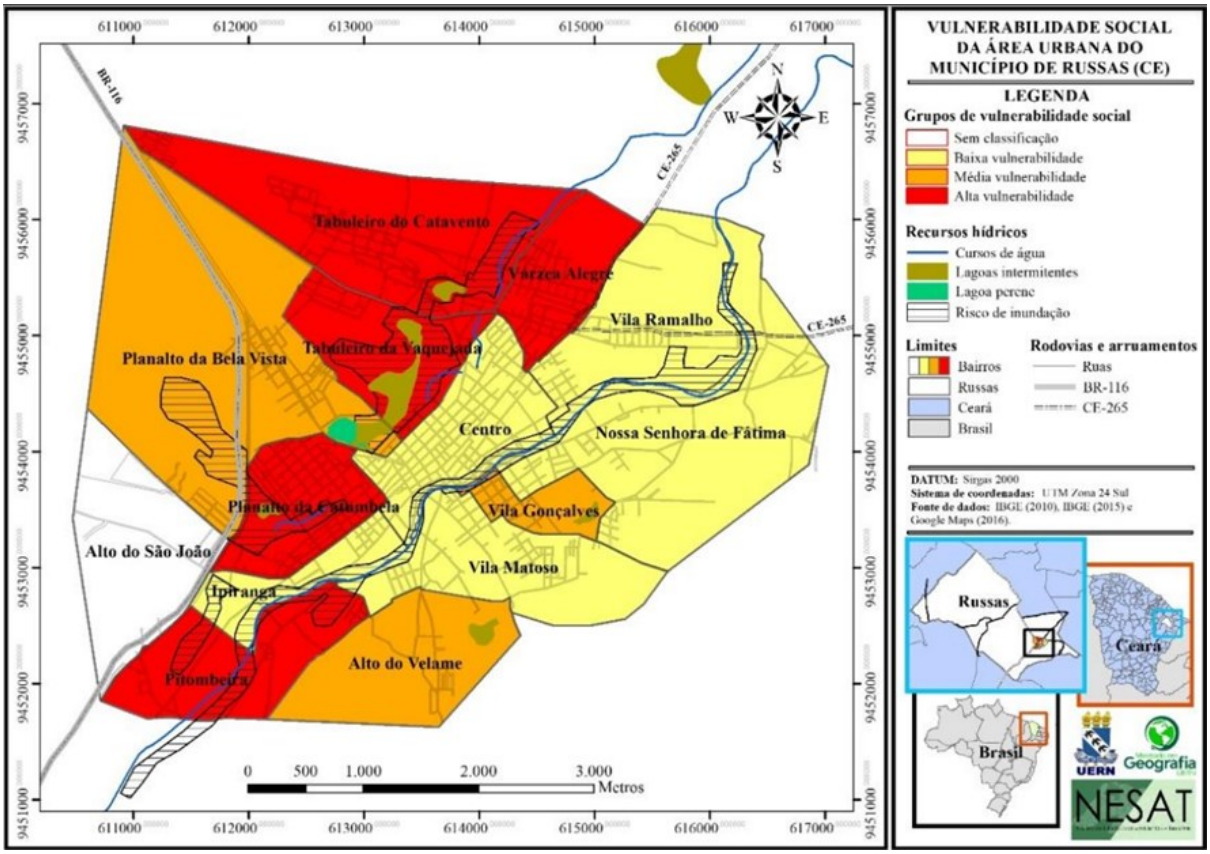
ALGUMAS METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DE RISCO, PERIGO E VULNERABILIDADE

Segundo Gonçalves *et al.* (2022, p.2) um dos fatores que induzem as populações a estarem vulneráveis aos riscos urbanos e naturais é a falta de planejamento urbano. Um exemplo é o acesso à moradia, mesmo sendo direto de todos, ainda se constroem em lugares inadequados e irregulares. Nesse contexto, o presente estudo tem o objetivo de mostrar algumas metodologias existentes para analisar riscos, perigos e vulnerabilidades enfrentadas pelos seres humanos. Algumas dessas metodologias serão descritas, logo a seguir:

MAPAS TEMÁTICOS

Segundo Ykeizumi (2021), a representação dos processos que negam os padrões mínimos de dignidade aos cidadãos em um mapa, é um feito interessante. No artigo, intitulado de "*Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental no espaço urbano de Russas, Ceará, Brasil: Uma integração de dados sociodemográficos e ambientais"* (GONÇALVES *et al.,* 2022), é possível observar através da Figura 2 o bom uso desses mapas, eles proporcionaram uma visualização direta das áreas mais vulneráveis do município.

Figura 2 - Mapa de vulnerabilidade social da área urbana do município de Russas, Ceará.



Fonte: Adaptado de Gonçalves *et al.* (2022).

De forma rápida, é possível aferir que grande parte da população vive em áreas de alta vulnerabilidade social. Vale ressaltar que a base de dados utilizada foi o Censo do IBGE (2010), com isso foram selecionados alguns indicadores sociais, como: renda, escolaridade, condições

de habitação e infraestrutura, e estrutura etária, por fim foi gerado o mapa no software QGis 3.0.3 "*Girona"* com três escalas de vulnerabilidade social, baixa, média e alta.

ÍNDICES MORFOLÓGICOS

Índices morfométricos são utilizados para classificar o uso dos solos de uma Bacia Hidrográfica, dessa forma, é possível analisar, por exemplo, os riscos de desastres ambientais de uma localidade. De acordo com Dornelhas *et al.* (2020, p. 602), o conhecimento hidrológico a cerca de uma bacia é essencial para a gestão e gerenciamento dos recursos hídricos existentes, os autores destacam ainda que, o uso de mapas topográficos gerados a partir de técnicas de sensoriamento remoto e técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) faz a pesquisa ser rápida, precisa e de baixo custo financeiro.

Na elaboração do estudo chamado de "*Análise morfométrica da bacia do alto Rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba*" (DORNELHAS *et al*, 2020) é utilizados alguns parâmetros morfométricos, como: ordem hierárquica do canal, número de canais, comprimento dos canais, comprimento da bacia, razão de bifurcação, área, perímetro, densidade de drenagem, densidade de rios, textura da drenagem, Relação de alongamento, índice de circularidade, Fator de forma, altitude máxima, altitude mínima, amplitude da bacia, índice de rugosidade e tempo de concentração.

Desse modo, Silva *et al.* (2016) afirma que esses indicadores são ferramentas importantes para o repasse de informações direta ou para a criação de bases sólidas sobre as características físicas das bacias hidrográficas, contribuindo na tomada de decisões que garantam o bem estar dos seres vivos.

CENÁRIOS TEMPORÁRIOS

O uso de técnicas envolvendo cenários temporários pode ser aplicado no desenvolvimento do risco de desastres ambientais, conforme foi utilizado no estudo "*Análise de risco de desastres por inundações: cenários temporais para a cidade de governador Valadares (MG)*" (REZENDE, 2020), permitindo entender o fenômeno, através de elementos

que podem ser geográficos, sociais e ambientais variando ao longo do tempo e do espaço, além disso é utilizado técnicas de estatísticas e geoprocessamento.

Esse tipo de metodologia pode ser aplicado em qualquer localidade, outrossim, o estudo busca difundir informações geográficas para os gestores e a população conhecer e prevenir desastres, a partir da compreensão dos cenários relacionados ao passado, presente e futuro das cidades (REZENDE, 2020, p. 19). A partir dos resultados, espera-se que as cidades proporcionem melhores qualidades de vida à população, tornando cada vez mais eficientes.

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs)

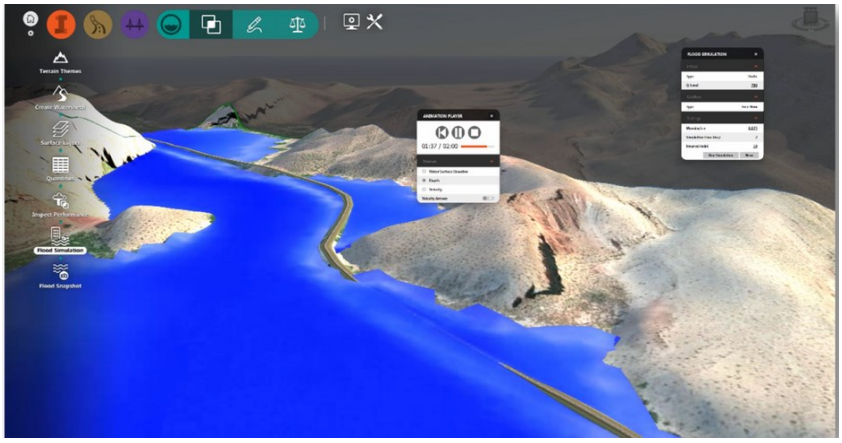
O drone como é mais conhecido, é uma alternativa eficiente para o levantamento de informações que não podem ser extraídas durante as visitas em campo. No estudo "*Análise quantitativa da vulnerabilidade a inundação a partir de aerolevantamentos com vants multirotores no bairro do marco, Belém-PA*" (BEZERRA, 2019) foi comprovada a praticidade e qualidade dessa ferramenta quanto a geração do modelo digital do terreno (MDT) e das ortofotos.

Durante o estudo foram inseridas ferramentas de geoprocessamento e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Além disso, foi utilizado o método de tomada de decisão multicritério para aplicar os conceitos de desastres da melhor forma. A grande vantagem de utilizar os VANT's se deve ao baixo custo operacional e a geração de produtos com alto nível de detalhamento (BEZERRA, 2019, p.55).

USO DO INFRAWORKS PARA SIMULAR FENÔMENOS DE INUNDAÇÕES

A utilização da metodologia BIM, por meio do software InfraWorks possibilita a visualização da altura da lâmina d'água durante um evento de precipitação, conforme mostrado na Figura 3. A ferramenta permite a criação de mapas de vulnerabilidade de forma rápida e com alto grau de realidade. Isso ajuda a melhorar a compreensão dos fenômenos que causam riscos humanos, contribuindo na tomada de decisões mais assertivas.

Figura 3 – Simulação da mancha de inundação no InfraWorks.



Fonte: Autodesk (2015).

CONCLUSÃO

Portanto, pode-se inferir que as inundações são eventos naturais que têm um impacto significativo na humanidade e resultando em danos materiais consideráveis. Esses problemas tendem a afetar principalmente áreas urbanas carentes de infraestrutura adequada, como sistemas de esgotamento sanitário e drenagem. As áreas próximas a córregos são particularmente vulneráveis devido à concentração de águas pluviais e às condições precárias de habitação. A elaboração de mapas de áreas de risco é crucial para o controle e prevenção de inundações. Esses mapas fornecem informações sobre a localização, forma, situação e tamanho das áreas afetadas por inundações, permitindo uma abordagem científica e objetiva para avaliar a situação de cada área. O uso de sistemas de informações geográficas (SIG) desempenha um papel importante na integração dos aspectos socioeconômicos e físicos para uma compreensão abrangente das inundações. Através do uso de mapas temáticos, índices morfométricos, cenários temporários, utilização de veículos aéreos não tripulados e do InfraWorks são exemplos de abordagens que auxiliam na compreensão e prevenção de desastres ambientais.

REFERÊNCIAS

BARROS, K.; SILVA, J. F.S; CARVALHO, A. A. Crescimento urbano como factor de produção e deslizamento de massa nas zonas urbanas da cidade do Uíge. Revista Angolana de Geociências, 1, 21-27, 2020.

BRAGA, S. E., WANDERLEY, R. A., de HOLANDA, T. F., & Caldas, A. M. (2020). Aplicação da Análise Hierárquica para mapeamento de risco de inundação: O caso no município de Limoeiro (Pernambuco-Brasil). Meio Ambiente (Brasil), 2(1).

CHEN, K.; MCANENEY, J.; BLONG, R.; LEIGH R.; HUNTER, L.; MAGILL, C. Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a dasymetric mapping approach. Applied Geography, v. 24, 2004. p. 97-117.

CRID - REGIONAL DISASTER INFORMATION CENTER LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. Disaster Controlled Vocabulary. San José: CRID, 2001. Página 223.
ECLAC - ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. Handbook for Estimating the Socioeconomic and Environmental Effects of Disasters. World Bank: Washington D.C. 2003. Página 357.

ENOMOTO, C. F. Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. Curitiba. 122 f. Dissertação (Mestrado em Eng de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná. 2004

FONSECA, M. N. Disponibilidade de dados abertos para a resiliência às inundações em Curitiba (Paraná). Revista de Morfologia Urbana, 8, e00139-e00139, 2020.

FRIESECKE, F. Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning. Proceedings of 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, 2004.Proceedings… Jakarta: 2004.

GRASSI, J.; DEPPE, F.; LOHMANN, M.; SANGOI, D. S. Mapeamento da vulnerabilidade a inundações e deslizamentos de terra no estado do Paraná. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR -INPE, 16., Foz do Iguaçu, 2013, p.2051-2058.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management. London: Inter-Agency Task force on Disaster Reduction – Working Group 3, 2004. Página 73.

KAFLE, T. P.; HAZARIKA, M. K.; SHRESTHA, K. C.; PRATHUMCHAI, K.; SAMARAKOOM, L. Integration of remote sensing and GIS model with flood simulation model for flood hazard mapping in the Bagmati river, Nepal. In: International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Megacities in Asia, 5., Phuket Thailand, 2006, p. 257-268.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Facing Hazards and Disasters: Understanding Human Dimensions. Committee on Disaster Research in the Social Sciences: Future Challenges and Opportunities, Washington, D. C.: The National Academies Press, 2006. Página 409.

REBELO, F. Geografia Física e Riscos Naturais.Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

REIS, P. A. Identificação de áreas vulneráveis às enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.
STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. Urban Water, v.4, p.425-430, 2002.

UNDP – United Nations Development Program. Reducing disaster risk: a challenge for development. New York: UNDP, 2004. Página 130.

WISNER, B. et al. At Risk Natural hazards, people's vulnerability and disasters. second ed. London, 2004.

DE OLIVEIRA GONÇALVES[1], Elton et al. Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental no espaço urbano de Russas, Ceará, Brasil: Uma integração de dados sociodemográficos e ambientais. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 04, p. 1800-1814, 2022.

Ykeizumi, Lara Yumi Fand. (2021). Mapeamento das áreas de vulnerabilidade socioambiental do município de Joinville-SC. Relatório Final (Programa de Pós-graduação Profissional em Tecnologia e Ambiente) – Instituto Federal Catarinense, Araquari.

DA CONCEIÇÃO DORNELLAS, Patricia et al. Análise Morfométrica Da Bacia Do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida Do Estado Da Paraiba Morphometric Analyses Of High Paraiba

River Basin, Semiárid Region Of Paraiba State. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 3, 2020.

SILVA, D. C. C. et al. Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 2, p. 221-217, 2016.

REZENDE, Patrícia Soares. Análise de risco de desastres por inundação: cenários temporais para a cidade de Governador Valadares (MG). 2020. 185 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.DOI http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3611.

BEZERRA, Matheus Gerhardt dos Santos. Análise quantitativa da vulnerabilidade a inundação a partir de aerolevantamentos com VANTS Multirotores no bairro do Marco, Belém-Pa. Orientador: Tabila Verena da Silva Leite. 2019. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019.