

# METODOLOGIA PARA ZONEAMENTO DE RISCO FRENTE AS INUNDAÇÕES GRADUAIS: ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE URUGUAIANA – RS

## METHODOLOGY FOR RISK ZONING IN FRONT OF FLOODS: URBAN AREA OF URUGUAYA COUNTY - RS

Eléia Righi 1

Luís Alberto Basso 2

Aline Biasoli Trentin 3

**Resumo:** A gestão e o gerenciamento de riscos naturais têm sido aprimorados à medida que as perdas associadas a desastres assumem proporções insustentáveis do ponto de vista socioeconômico. As inundações graduais são os desastres que mais provocam perdas materiais e humanas mundialmente. Assim, esse trabalho objetiva propor uma metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais para áreas urbanas localizadas em grandes bacias hidrográficas. A aplicabilidade da sistemática proposta foi na área urbana do município de Uruguai. A metodologia foi estruturada primeiramente para definir os tempos de retorno, ou seja, os graus de perigo, através de modelos matemáticos. Na análise da vulnerabilidade, incluíram-se parâmetros associados às características socioeconômicas, estrutura das edificações, infraestrutura urbana, doenças de veiculação hídrica e o impacto emocional. A combinação entre os graus de perigo a inundações e a vulnerabilidade, permitiu a construção de "Mapas de Risco". Nesse sentido, o conhecimento teórico, técnico e prático sobre as áreas de perigo, vulnerabilidade e risco de inundações graduais é, indiscutivelmente, fundamental para o desenvolvimento de técnicas adequadas para estabelecer planos de proteção civil e programar sistemas de vigilância dos fenômenos e alerta a população de Uruguai.

**Palavras-chave:** Inundação Gradual. Áreas de Risco. Gestão e Gerenciamento. Uruguai. Rio Uruguai.

**Abstract:** The management of natural hazards have been enhanced as the losses associated with disasters assume unsustainable proportions of the socioeconomic point of view. Gradual floods are the disasters that cause material losses and more human world. Thus, this paper aims to propose a methodology for risk zoning the flooding to urban areas located in large river basins. The applicability of the methodology proposed was in the urban area of the municipality of Uruguai. The methodology was first structured to set the return time, namely the degree of danger, by mathematical models. The vulnerability analysis included up parameters associated with socioeconomic characteristics, the structure of buildings, urban infrastructure, water-borne diseases and the emotional impact. The combination of the degrees of danger and vulnerability to floods, allowed the construction of "Risk Maps". In this sense, the theoretical, technical and practical knowledge about the areas of risk, vulnerability and risk of progressive flooding is arguably crucial to the development of appropriate techniques to establish civil protection plans and program of phenomena surveillance systems and alert the population Uruguai.

**Keywords:** Flood. Risk Areas. Management. Uruguai. River Uruguai.

Doutorado em Geografia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2981662302233984>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2766-8719>. E-mail: [eleia-righi@uersg.edu.br](mailto:eleia-righi@uersg.edu.br) | 1

Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0003230543597553>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1014-8039>. E-mail: [luisbasso1965@gmail.com](mailto:luisbasso1965@gmail.com) | 2

Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus São Gabriel. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6193856926860898>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9747-9289>. E-mail: [alinetrentin@unipampa.edu.br](mailto:alinetrentin@unipampa.edu.br) | 3

## Introdução

As áreas urbanas podem inundar devido a intensos eventos de precipitação, derretimento rápido da neve e aumentos nos níveis do mar, lago, rio e água subterrânea. Os principais motivos das inundações urbanas são os sistemas de drenagem deficientes, falta de manutenção e crescimento mal controlado, especialmente nos países em desenvolvimento. Baixa capacidade de infiltração ou armazenamento durante chuvas de alta intensidade também desencadeia inundações, especialmente em áreas urbanas (DARABI, *et al.*, 2019).

Inundações em todo o mundo estão tendo efeitos devastadores na vida e nas propriedades humanas (KHOSRAVI, *et al.*, 2019). A gestão de riscos naturais tem sido aprimorada à medida que as perdas associadas a desastres assumem proporções insustentáveis do ponto de vista socioeconômico. Segundo o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), desde 1995, as inundações foram responsáveis por 47% de todos os desastres, afetando 2,3 bilhões de pessoas. O número de inundações por ano subiu para uma média de 171 no período 2005-2014, contra uma média anual de 127 em na década anterior. Na América do Sul, 560.000 pessoas foram afetadas pelas inundações em média a cada ano, entre 1995 e 2004. Na seguinte década (2005-2014), esse número tinha aumentado para 2,2 milhões pessoas, um aumento de quase quatro vezes. Nos primeiros oito meses do ano de 2015, mais 820.000 pessoas foram afetadas por inundações (CRED, 2015).

Recentes catástrofes provocadas por eventos hidrológicos em vários Estados no Brasil revelam a fragilidade das atuais políticas públicas para o tratamento dos problemas das inundações. A demanda por políticas orientadas ao risco, em lugar da tradicional abordagem orientada ao evento, torna-se evidente, e, as soluções encontradas se concentram em medidas não estruturais, as quais, por sua vez, são aplicadas em toda a bacia hidrográfica.

Nesse sentido, a modelagem de avaliação de riscos compreende uma ferramenta essencial em qualquer plano que visa mitigar o impacto de futuros desastres naturais. Para uma área específica, eles podem ser gerados combinando mapas de avaliação para diferentes tipos de riscos naturais (SKILODIMOU, *et al.*, 2019).

Assim, os modelos hidrológicos buscam uma representação matemática dos processos que envolvem o ciclo da água na superfície e subsuperfície, tendo normalmente como objeto de estudo a bacia hidrográfica. Os modelos matemáticos têm a vantagem de permitir a geração de resultados para diferentes situações com alta velocidade de resposta (TUCCI, 1998). Isso tem motivado amplamente o uso de modelos de simulação do escoamento também para sistemas de alerta e previsão de inundações em tempo real (MOORE *et al.*, 2005).

Juntamente com os modelos matemáticos, quantificar e qualificar as condições de vulnerabilidade da população se torna imprescindível para a tomada de decisão em gerenciamento do risco de inundações graduais.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi propor uma metodologia de zoneamento de risco a inundações graduais para áreas urbanas localizadas em grandes bacias hidrográficas. A metodologia foi aplicada na área urbana do município de Uruguaiana - RS.

Para isso, foi aplicado o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB-IPH) para previsão de vazão, e, posteriormente gerado manchas de inundação para diferentes períodos de retorno, definindo níveis de perigo. Para verificar o grau de vulnerabilidade da população do meio urbano foram analisados as variáveis socioeconômicas, infraestrutura, número de casos registrados de doenças com veiculação hídrica e o impacto emocional desses fenômenos. A partir dessas informações, foi possível estabelecer uma relação entre o perigo ambiental e a vulnerabilidade social, gerando os mapeamentos de risco.

## Metodologia

### Previsão de Vazão

Para determinar os graus de perigo foi necessário analisar primeiramente a vazão do rio Uruguai. Para isso, foi utilizado o modelo distribuído MGB-IPH, que precisou de dados de toda a bacia acima do município em estudo.

O modelo distribuído MGB-IPH utilizou uma grande quantidade de dados, que foram obtidos de fontes como imagens de satélites, mapas de tipos de solos e modelos numéricos do terreno. Além desses, o modelo hidrológico utiliza como dados de entrada as séries históricas de variáveis hidroclimáticas como precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica. A rotina do modelo MGB-IPH foi obtida em Collischonn (2001) ou através dos manuais disponíveis em <http://www.ufrgs.br/hge/mgb-iph/>.

## Determinação das Áreas de Perigo Conforme Tempos de Retorno (TR)

A determinação dos níveis de TR foi feita após a calibração do programa HEC-RAS. As vazões calculadas pelo modelo distribuído MGB-IPH foram imprescindíveis. A rotina de trabalho foi obtida diretamente no site da USACE <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

A base de dados de entrada foi adquirida junto ao banco de dados da Resultados da pesquisa Agência Nacional de Águas (ANA) do sistema Hidroweb (batimetrias), imagens SRTM reamostradas e cotas topográficas coletadas em campo com o auxílio de um Global Positioning System (GPS) de alta precisão.

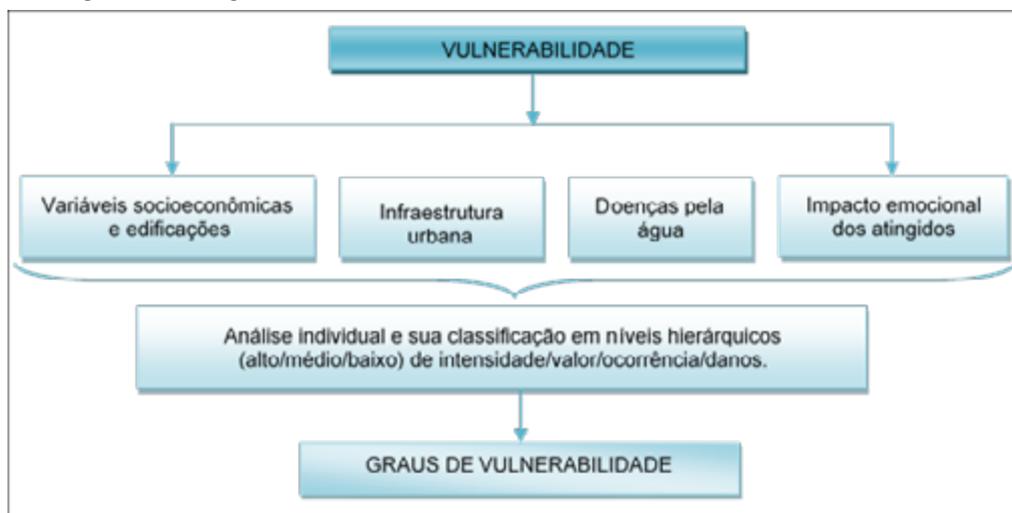
Para comprovar as informações obtidas no *software* foram realizados trabalhos de campo, levantando informações específicas sobre as inundações ocorridas, verificando as cotas altimétricas atingidas; realizaram-se entrevistas com moradores locais buscando informações sobre os eventos; analisou-se a paisagem para identificar possíveis fatores de influência sobre as inundações.

Assim, foram definidos os níveis de perigo em Alto, Médio e Baixo conforme os TRs encontrados. O grau de perigo alto possuiu TR de até 10 anos, sendo representado pelo maior número de eventos ocorridos. A faixa de perigo médio possuiu faixa de TR entre 11 e 20 anos, e, a faixa de perigo baixo representou os eventos excepcionais, acima de 21 anos de TR.

## Vulnerabilidade a Inundações

Para o mapeamento e análise da vulnerabilidade foram adquiridas e organizadas as variáveis socioeconômicas, infraestrutura urbana, doenças de veiculação hídrica e o impacto emocional. Primeiramente elas foram analisadas individualmente e posteriormente foi feita a combinação para verificar o grau de vulnerabilidade (alto, médio e baixo) em cada setor censitário da área urbana localizados dentro dos tempos de retorno. Na figura 1, pode ser visualizado o fluxograma da vulnerabilidade.

Figura 1. Fluxograma da vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O zoneamento da vulnerabilidade levou em consideração todas as variáveis contidas no quadro 1, sendo que, para caracterizar em grau baixo, médio ou alto, foram considerados todos os aspectos.

**Quadro 1.** Parâmetros para calcular a vulnerabilidade.

<i>Grau de Importância / Grau de Vulnerabilidade</i>	<b>Vulnerabilidade Baixa</b>	<b>Vulnerabilidade Média</b>	<b>Vulnerabilidade Alta</b>
1 (maior grau) - Edificações (padrão)	Alvenaria.	Madeira com uma base de alvenaria.	Apresentam variados materiais em sua estrutura.
2 - Número de pessoas	Menos de 100.	Entre 101 e 200.	Mais de 201.
3 - Rendimento nominal médio mensal	Maior de R\$ 601,00.	Entre R\$ 600,00 a R\$ 401,00.	Menor de R\$ 400,00.
4 - Rede de água	Rede geral.	Poço.	Inexistente.
5 - Rede de esgoto	Rede geral.	Fossa.	Inexistente.
6 - Rede de drenagem pluvial	Bom.	Regular.	Inexistente.
7 - Sistema viário	Com pavimentação.	Pavimentação danificada.	Sem pavimentação.
8 - Impacto emocional - sentimento em pré-evento	Aceitação.	Pesar (sofrimento, dor).	Insegurança/Ansiedade/Agitação.
9 - Impacto emocional - sentimento em pós-evento	Aceitação.	Desconfiança/Estresse.	Trauma/Depressão/Angústia.
10 - Doença - Leptospirose	Menos de 4 casos.	Entre 5 e 9 casos.	Mais de 10 casos.
11 (menor grau) - Doença - Hepatite A	Menos de 19 casos.	Entre 20 e 49 casos.	Mais de 50 casos.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

## Risco de Inundações

Nesta etapa da pesquisa, realizou-se o zoneamento do risco a inundações em Uruguaiana a partir da análise integrada dos graus de perigo e vulnerabilidade (Quadro 2).

**Quadro 2.** Matriz para o cálculo do zoneamento de risco.

<i>Perigo x Vulnerabilidade</i> 1 - Alto		<b>Perigo</b>		
		2 - Médio	3 - Baixo	
<b>Vulnerabilidade</b>	1 - Alta	1	2	3
	2 - Média	2	4	6
	3 - Baixa	3	6	9

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Assim, vermelha indica compartimentos sujeitos a processos de inundações com alto potencial de causar danos, alta frequência de ocorrência, envolvendo setores de alta vulnerabilidade. A cor laranja aponta compartimentos sujeitos a processos de inundações com médio potencial de causar danos com média frequência de ocorrência, e, a cor bege um baixo risco do sistema social frente ao processo de inundação.

## Gestão e Gerenciamento

A gestão e o gerenciamento de risco de inundação urbana requerem o desenvolvimento de estratégias integradas de longo prazo abrangente, que pode estar ligada ao planejamento urbano existente e as políticas e práticas de gestão. Assim, foram sugeridas diretrizes para um plano de gerenciamento e gestão de risco a inundações graduais.

## Resultados e Discussões

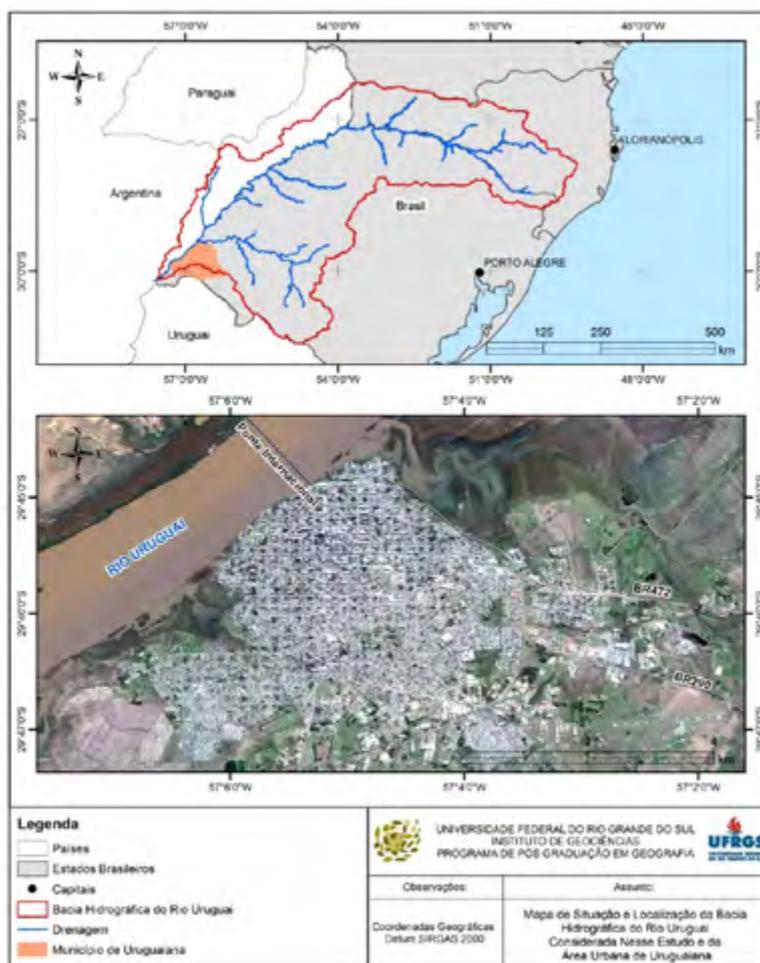
### O rio Uruguai e Uruguiana

O município de Uruguiana está inserido na bacia hidrográfica do rio Uruguai, tornando seu estudo fundamental para entender os processos de inundações graduais ocorridas neste município.

A bacia hidrográfica do rio Uruguai considerada neste estudo (Figura 2) ocupa uma área aproximada de 191.823 km<sup>2</sup>. A área pertencente à bacia dentro do território brasileiro chega a 164.991 km<sup>2</sup>, sendo que 70% estão no Rio Grande do Sul e 30% em Santa Catarina. O rio Uruguai é o segundo sistema fluvial da bacia do rio da Prata em importância.

A área urbanizada do município de Uruguiana, correspondente a menos de 1% (aproximadamente 13 km<sup>2</sup>) do território do município (5.715,8 km<sup>2</sup>) e está diretamente relacionada à proximidade com a fronteira com a Argentina e à presença das infraestruturas de transporte regional e internacional (ferrovia e rodovia). Destas, a rodovia é a que possibilita maiores alterações na paisagem, devido, principalmente, à indução de ocupação antrópica, mesmo que notadamente pouco dispersa.

Figura 2. Mapa de situação e localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O crescimento da área urbana em direção leste resultou também das frequentes inundações que aconteciam e acontecem até hoje no município na parte oeste (Figura 3). A falta de investimentos em aterros ou outros mecanismos para evitar as inundações contribuiu para que a população mais empobrecida fosse se estabelecendo ao longo da margem do rio Uruguai a partir de construções irregulares em área considerada desvalorizada em função da situação de risco.

**Figura 3.** Ilustrações das inundações graduais ocorridas em Uruguaiana.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Uma impactante inundação gradual a decretar situação de emergência foi a de julho de 2014. Nela, ficaram desabrigadas 236 pessoas e mais de cinco mil desalojadas. Os dois bairros mais atingidos de Uruguaiana foram o Santana e o Santo Antônio (Figura 4). Em todo o estado decretaram emergência 58 municípios, e, conforme a Defesa Civil, 20 mil moradores ficaram fora de suas casas em função das chuvas, que provocaram duas mortes.

Figura 4. Inundação de julho/2014.



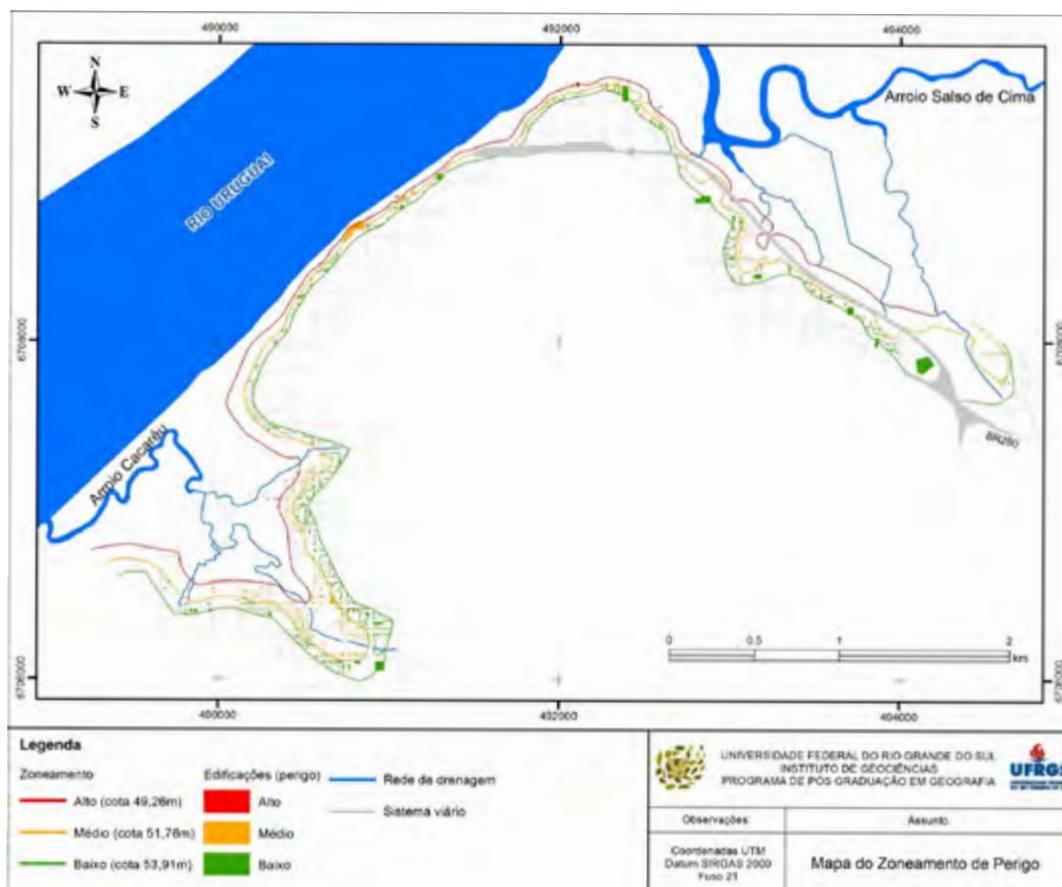
Fonte: Imagens disponibilizadas pela Defesa Civil de Uruguaiana.

### O risco de inundações graduais

A combinação que se estabelece entre os graus de perigo a inundações e as potenciais consequências para os habitantes, a sua saúde, o patrimônio construído e as atividades econômicas (vulnerabilidade), permite a construção de “Mapas de Risco”. Este instrumento cartográfico é de extrema importância para os planos de gestão e gerenciamento contra inundações graduais.

O mapa com a espacialização das classes de perigo a inundações da área urbana de Uruguaiana levou em consideração os TRs delimitados. Sua elaboração definiu três níveis de perigo: alto, médio e baixo (Figura 5).

Figura 5. Zoneamento do perigo da área urbana do município de Uruguaiiana.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A faixa de alto perigo possui tempo de retorno até 10 anos e, nela, encontram-se 50 edificações. Observando o mapa, nota-se que os usos urbanos se concentram predominantemente a partir desta faixa.

As áreas caracterizadas de médio perigo (maior de 11 anos de TR e menor de 20 anos) possuem um total de 652 edificações, com usos predominantes residenciais. Caso venham a ser atingidas por algum evento, os danos nessas estruturas deverão ser grandes, em virtude dos seus constituintes serem frágeis (madeira e chapas).

A faixa de baixo perigo possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, pois se situa em cota superior a 53,9 m. Essa área, somente é atingida em anos excepcionais (igual ou maior a 21 anos de TR). A sua definição é útil para informar à população sobre a grandeza do risco à que está sujeita, pois nela há um número expressivo de edificações com boas estruturas (alvenaria), um total de 962.

Se a planície de inundação na área urbana de Uruguaiiana fosse preservada ou conservada, de modo a garantir a permanência da água nesses locais, os episódios de inundações não teriam desfechos alarmantes e catastróficos como os já observados.

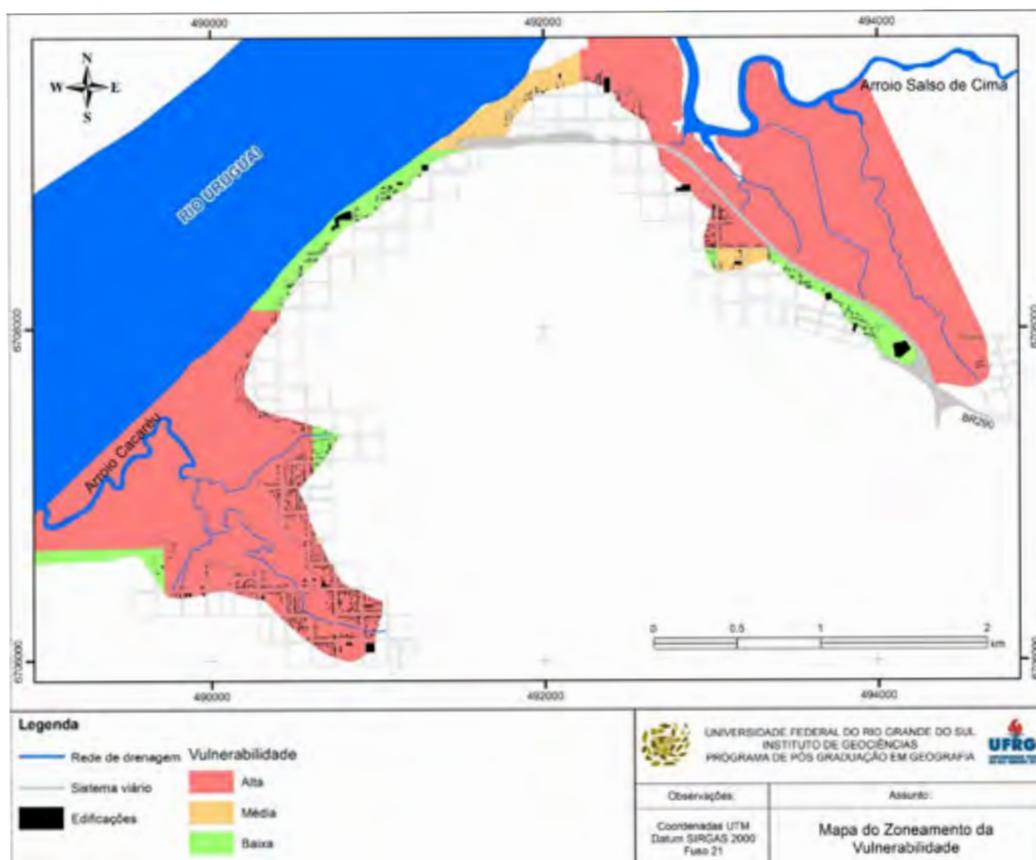
Mesmo com todas as dificuldades dos órgãos públicos o planejamento adequado das áreas de perigo de inundação, regulando a construção de empreendimentos, removendo gradualmente a ocupação e recuperando as áreas desocupadas, são as medidas que mais contribuem para a melhor convivência da sociedade com eventos extremos, uma vez que estes não podem ser controlados.

A análise da vulnerabilidade em Uruguaiiana incluiu parâmetros associados às características socioeconômicas, saúde psicológica e fisiológica da população, assim como aspectos ligados as edificações e a infraestrutura urbana. Dessa forma, o termo vulnerabilidade indica nesta pesquisa a fragilidade do sistema social em vista da dinâmica fluvial.

Assim, com todas essas informações analisadas, foi possível gerar o mapa de vulnerabilidade a inundações para a área urbana de Uruguaiana (Figura 6).

As áreas de alta vulnerabilidade são as predominantes, concentradas próximas aos arroios Cacaréu e Salso de Cima, envolvendo muitas residências de baixo padrão urbano, deficiência na infraestrutura urbana, muitas pessoas atingidas, aproximadamente 4300, e com uma baixa capacidade resiliente (baixa renda nominal). São os locais que mais impactam psicologicamente a população em pré-evento e pós-evento (Quadro 3).

Figura 6. Mapa do zoneamento da vulnerabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As áreas edificadas possuem irregularidade no perfil construído, ausência de coordenação entre infraestruturas, equipamentos e mobiliário urbano. As residências de baixo padrão urbano não recebem investimentos adequados de melhorias e como são constituídas de material de baixa qualidade, são estruturalmente muito frágeis. Por outro lado, as residências de médio e alto padrão possuem características que denotam melhorias significativas nas suas estruturas. O padrão dos lotes e as características tipológicas são variáveis em dimensões (entre 50m<sup>2</sup> a 400m<sup>2</sup>), com uma ocupação predominantemente residencial unifamiliar.

Quadro 3. Edificações e grau de vulnerabilidade.

Usos	Vul. Alta	Vul. Média	Vul. Baixa
Comércio / Serviços	3	1	2
Galpão	4		
Industrial		1	3
Institucional			4
Institucional Escola			1

Institucional Igreja			1
Multifamiliar			5
Misto		2	2
Unifamiliar	1228	91	316

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As autoconstruções de baixo padrão estrutural, localizadas em locais inadequados, associam-se a uma população de baixa renda, com salários que não permitem condições favoráveis e dignas a sobrevivência (Figura 7). É bastante perceptível o descaso das autoridades públicas nos bairros mais atingidos pelas inundações.

**Figura 7.** Padrão baixo das edificações.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A população mais privilegiada economicamente que ocupa as áreas de melhor padrão, reside próximo do centro da cidade. A porção norte e sul da área urbana (mais próxima ao rio Uruguai e arroios) é composta por bairros com forte homogeneidade social, representados por uma população mais pobre.

Os arruamentos interbairros atingidos por inundações graduais constituem-se de revestimentos muitas vezes degradados ou inexistentes, onde, em alguns trechos, os veículos trafegam diretamente sobre o que se pode considerar como revestimento primário e solo compactado (Figura 8). Os passeios observados não possuem geometria definida e são formados por materiais diversos, predominando o solo compactado.

**Figura 8.** Condições dos arruamentos nos bairros de Uruguaiana atingidos por inundações.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As condições físicas das vias apresentam grandes variações devido ao regime de chuvas, pois a maioria delas não apresenta transposição para os recursos hídricos, aumentando assim as péssimas condições que já possuem. Constata-se que os arruamentos sem pavimentação são os predominantes, com aproximadamente 14,6 km, os arruamentos com pavimentação danificada somam aproximadamente 1,38 km e, os arruamentos pavimentados têm 0,7 km, dentro da área estudada.

Em relação aos resíduos sólidos, eles são em sua totalidade coletados pela empresa prestadora de serviços do município, observam-se quantidades enormes espalhadas pelas áreas de perigo a inundações, demonstrando o extremo descaso com essas áreas (Figura 9).

**Figura 9.** Resíduos no Bairro Cabo Luís Quevedo.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Em relação ao esgotamento sanitário, de acordo com registros da Prefeitura, as primeiras obras de implementação da rede de esgoto sanitário foram iniciadas em 1928. Apenas 10% do volume de esgotos da cidade recebem tratamento primário em uma estação operada pela Foz do Brasil. Uruguaiana conta, atualmente, com duas estações de bombeamento de esgoto (EBE) e uma estação de tratamento de esgoto (ETE). Nesse sentido, todo o esgoto das áreas impactadas por inundações não possuem ainda um tratamento de esgoto adequado (Figura 10).

**Figura 10.** Esgoto lançado diretamente em drenagem superficial de água. Bairro Mascarenhas de Moraes.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A zona de média vulnerabilidade é pequena e concentra-se na parte Centro/Norte da área urbana. A população é de aproximadamente 400 pessoas por setor, com uma renda média de R\$ 600,00 por indivíduo, fato que permite uma recuperação mais rápida após uma inundação.

A zona de baixa vulnerabilidade ocupa uma pequena área e está distribuída por toda a zona de perigo. Nela, encontram-se setores com uma renda média nominal superior a R\$

600,00, ultrapassando muitas vezes os R\$ 2000,00. Apesar de possuir um número significativo de pessoas afetadas (aproximadamente 1000) as condições das edificações e a renda permitem uma total recuperação, mesmo em curto prazo.

Nesse sentido, pode-se aferir que a população residencial urbana das áreas mais impactadas por inundações de Uruguaiana, possuem técnicas inadequadas de construção civil e infraestrutura básica, um baixo nível de organização, dificultando sua capacidade de prevenir, mitigar ou responder a situações de catástrofe, ausência em programas de educação, de elementos que instruem adequadamente sobre o ambiente ou os moradores, seu equilíbrio ou desequilíbrio, e assim por diante.

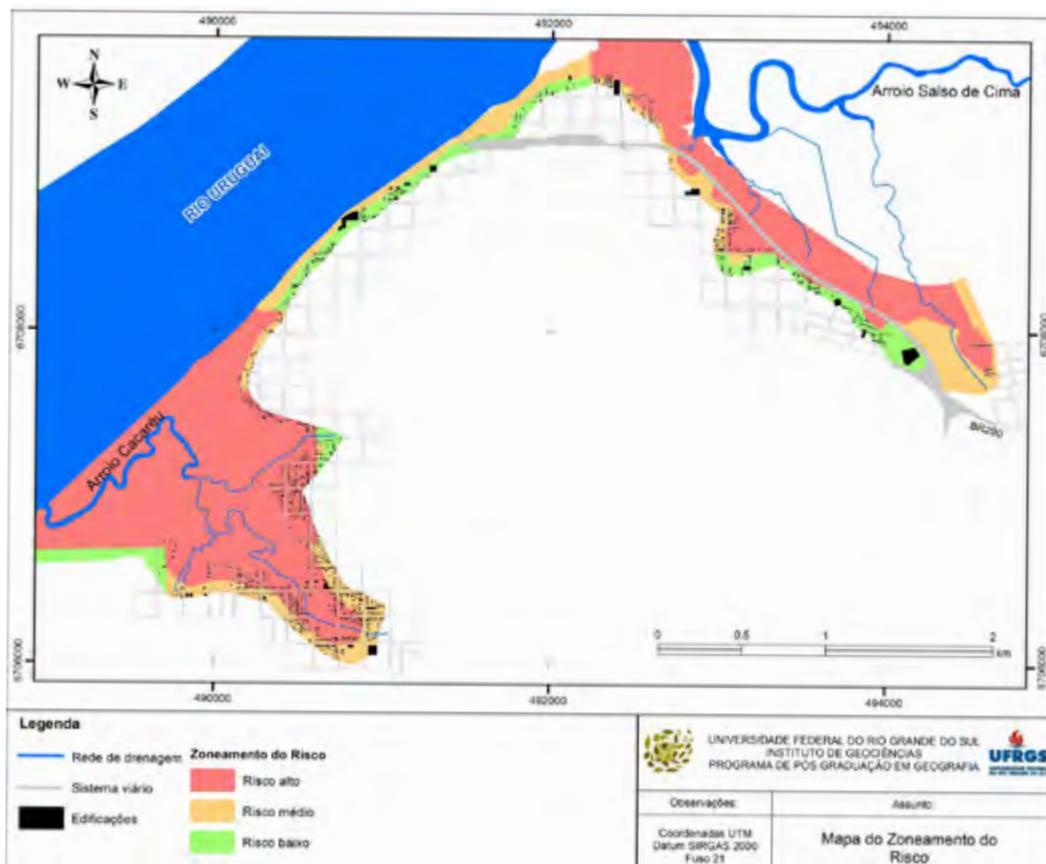
A partir da integração dos resultados de perigo e vulnerabilidade foi possível gerar o mapa de risco de inundação para a área urbana de Uruguaiana, sendo organizado em três classes: Risco Baixo, Risco Médio e Risco Alto (Figura 11).

Na faixa de Alto Risco, encontra-se um total de 832 edificações (Quadro 4), que correspondem majoritariamente a residências de baixo padrão estrutural e com sistema de esgoto e drenagem pluvial inexistente e viário deficitário. Se todas essas residências fossem atingidas em um único evento, teriam que ser removidas aproximadamente 2900 pessoas.

Para as edificações de baixo padrão estrutural, as inundações são extremamente destrutivas, e se a sua duração for prolongada, ou seja, superior a cinco dias, os danos podem ser irreparáveis. São afetados pelo contato direto com as águas, as calçadas, os pisos e esquadrias, em especial as de madeira, as fundações, portas, janelas e as instalações elétricas.

Os impactos são também significativos no comércio, mesmo atingindo somente quatro estabelecimentos, pois como a faixa é de alto perigo e os proprietários não possuem um capital alto, muitas vezes perdem toda a mercadoria não sendo mais possível se recuperar das perdas.

**Figura 11.** Mapa de risco a inundações.



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

No setor norte e sul o tráfego de veículos é diretamente afetado pelas péssimas condições do sistema viário. Lâminas de água relativamente pequenas são suficientes para dificultar

e até interromper o trânsito ou aumentar o risco de perda de aderência nas rodas dos automóveis (aquaplanagem), podendo provocar acidentes.

**Quadro 4.** Grau de risco à inundação.

Usos Urbanos	Risco Alto	Risco Médio	Risco Baixo
Comércio / Serviços	4	2	
Galpão	4		
Industrial			4
Institucional	1	3	
Institucional Escola			1
Institucional Igreja			1
Multifamiliar		3	2
Misto		4	
Unifamiliar	823	478	334

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para toda a área inundada ocorre aumento do potencial de transmissão de doenças de veiculação hídrica ou transmitidas por vetores, principalmente por não possuírem um sistema de canalização interna à rede geral de esgotamento sanitário.

Vale ressaltar a grande presença de lixo e poluição difusa após a inundação nessa região mais carente, são encontrados desde eletrodomésticos, armários, sofás, camas, colchões, roupas, madeiras e sedimentos provenientes dos processos construtivos. Todo esse material fica jogado nas ruas e no meio da vegetação existente, demorando muito tempo para ser recolhido. Tornando-se um descaso tanto para a comunidade tanto para o poder público.

Nessas áreas, o trabalho de envolvimento da comunidade nos assuntos relacionados as inundações são dificultadas pela urgência de outras carências sociais, como moradia (ocupações irregulares e de baixo padrão estrutural), saúde, segurança, transporte, alimentação e trabalho. E como consequência o abalo emocional pré e pós-evento é mais uma das perturbações geradas.

A faixa de Risco Médio possui 490 edificações, onde apenas duas correspondem ao uso comercial e três são institucionais. Essa zona possui uma densidade habitacional de três pessoas por domicílio. Em caso de ocorrer novos eventos de inundações e atingir as residências teriam que ser removidas em torno de 1500 pessoas.

A faixa de risco médio, localizada na parte central e perto do rio Uruguai, possui uma população resiliente, ou seja, capacidade de se equilibrar economicamente em pouco tempo após a ocorrência da inundação. A densidade populacional é baixa, são os que possuem maior renda, acima de R\$ 1000,00 por pessoa, e praticamente todas as edificações são de alto padrão estrutural.

Nas áreas caracterizadas de Baixo Risco, predominam edificações com médio e alto padrão construtivo. Se acontecer alguma inundação que alcance todas as 334 residências, poderão ficar desabrigadas cerca de 800 pessoas e, somando-se os moradores de faixas anteriores, seriam mais de 5000 indivíduos desabrigados.

Os desabrigados nos eventos de inundação são deslocados e alojados em locais tais como acampamentos, escolas, igrejas, clubes, onde recebem assistência do poder público, da associação de moradores e de voluntários. Essa assistência compreende o fornecimento de abrigos, colchões, roupas, alimentos etc.

Nessa faixa, foram identificadas quatro edificações para fins industriais. Caso sejam atingidas por algum episódio extremo os prejuízos internos serão enormes.

Nesse sentido, a cartografia que foi elaborada e que detalha o zoneamento de risco possui grande importância para a adoção de medidas que reduzam ou coíbam a ocupação das áreas inseridas em faixas com maior perigo as inundações.

O zoneamento é a base para a implantação de um sistema de alerta. Este, por sua vez, constitui-se em uma das principais medidas para minimizar os efeitos negativos das inundações sobre a sociedade. É ingenuidade pensar que poderemos controlar totalmente as inundações, as medidas sempre visam minimizar as suas consequências.

Nesse sentido, verificamos o quanto as inundações são destrutivas, principalmente para as classes sociais menos favorecidas, com salários que não permitem condições para a sobrevivência. Ocorre a perda de moradias, interrupções nos transportes, problemas com saneamento básico, maior violência e agitação social, perda de bens e empregos, o que pode ter um grave efeito psicológico nas pessoas, levando, as vezes, a depressão.

### **Diretrizes para planos de gestão e gerenciamento**

Ações de prevenção por meio de uma gestão e de um gerenciamento eficiente devem estar presentes nas políticas públicas, principalmente no âmbito do município. Estratégias de gestão devem conter ações no sentido de incrementar a capacidade da comunidade para transformar as condições perigosas e reduzir a vulnerabilidade, englobando táticas mais amplas do que a mera assistência e a recuperação pós-desastre (OLIVEIRA, 2014).

A concepção de gerenciamento e gestão de áreas de risco adotada no presente trabalho é a mesma de Nogueira (2002) e Oliveira (2014). O gerenciamento envolve um conjunto de medidas de organização e operação institucional para o tratamento de situações de risco existentes, no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa. Por outro lado, a gestão dos riscos urbanos, mais abrangente, é parte da gestão do ambiente urbano e compreende, além do gerenciamento de riscos, políticas públicas de habitação e desenvolvimento urbano e de inclusão social, além de mecanismos de regulação e aplicação dessas políticas.

### **Gerenciamento**

Os mapas e os resultados apresentados constituem uma importante ferramenta de gerenciamento para a área urbana de Uruguaiana, pois o gerenciamento de risco envolve atividades de diagnóstico, mapeamento e hierarquização de problemas, com o intuito de estruturar atividades de redução de risco e prevenção, que minimizam as perdas provocadas pelos processos da dinâmica superficial, principalmente, aqueles associados à dinâmica fluvial (OLIVEIRA, 2014).

Assim, o principal aspecto necessário à redução das perdas nas áreas de risco já definidas, consiste primeiramente que o poder público municipal impeça novas ocupações nessas áreas, sob o risco de agravar ainda mais a situação dos habitantes que ali vivem. É fundamental destacar a extrema importância que adquire a conscientização dos moradores quanto a necessidade de evitar novas ocupações. Sabe-se da dificuldade em convencê-los a abandonar tais áreas. Os motivos para isso são os mais variados: o valor sentimental do lugar de residência até a proximidade do local de trabalho, passando pelas restrições financeiras para a aquisição da casa em outro ponto do município.

Nesse sentido, a educação ambiental é uma estratégia interessante e que pode influenciar positivamente na compreensão de todo esse processo.

Outra medida importante é a implantação imediata de áreas de recreação e lazer, com instalação de campos de futebol, ciclovias, quiosques etc., nas áreas de risco que ainda não foram ocupadas, cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo.

A remoção das famílias com casas de baixo padrão estrutural das áreas de alto risco deveria ser prioridade das políticas públicas do município. Caso não seja possível remover todas as famílias das áreas de alto risco com edificações de baixo padrão estrutural, o recomendável seria construir habitações com mais de um piso (medidas individuais de proteção), onde a parte superior deverá ficar situada, no mínimo, no nível do limite da inundação e estruturalmente protegida.

Algumas perdas podem ser minimizadas por meio da adoção de medidas de proteção, tais como: impermeabilização temporária (somente em edificações de alto padrão estrutural), evacuação e realocação de bens móveis para áreas livres de inundações. Essas medidas podem

reduzir substancialmente as perdas se forem empreendidas no grau adequado e em tempo hábil.

O impacto emocional da população atingida é muito significativo. A perda da habitação, do ambiente seguro, a interação com vizinhos escolas e espaços públicos pode levar a condições de estresse e, até mesmo, a casos de depressão. Portanto, é importante oportunizar as famílias realocadas com tratamento psicoterapêutico como forma de ajuda emocional. É conveniente que o futuro desses indivíduos seja uma construção saudável no novo local de moradia. O acompanhamento psicológico durante a reconstrução beneficia o paciente a encontrar uma nova fonte saudável de segurança e a se adaptar à nova realidade.

Em relação às doenças de veiculação hídrica, sugere-se uma melhor organização das notificações no centro de vigilância sanitária, ambiental e epidemiológica do município, pois não é possível fazer qualquer análise com os dados obtidos até então.

Outro ponto a destacar é a implantação de medidas hidráulicas estruturais junto à BR 290 (norte da área urbana). Deveria ser ali construída comportas, tal providência evitaria a entrada da água devido à subida do rio Uruguai nas galerias. Para a retirada da água da chuva e dos pequenos canais do outro lado do dique, deveriam ser instaladas bombas com motores movidos a gasolina (construção de duas ou três Casas de Bombas).

Já no setor sul, mais especificamente, no arroio Cacaréu devem-se eliminar os estrangulamentos e dimensionar o alargamento e aprofundamento da calha, assim como preservar as APPs.

Também, é necessário implantar um sistema de alerta diretamente conectado com a unidade da Defesa Civil, Exército e do Corpo de Bombeiros, que são os órgãos capacitados para promover a remoção, resgate e socorro da população atingida.

Em Uruguaiana não se encontram traços de medidas de gerenciamento proativas e preventivas. Ao contrário, a abordagem é totalmente negligente pela incapacidade e falta de ações específicas para o tratamento das áreas de risco. As poucas ações tomadas são pontuais, ou seja, ocorrem somente no momento das cheias, sem continuidade no tempo.

## **Gestão**

O planejamento e uso do solo com restrição nas planícies de inundação em todos os municípios ribeirinhos do rio Uruguai é um importante projeto de gestão. São vários os municípios que margeiam esse grande rio que sofrem processos de inundações. Segundo Righi e Robaina (2010) são mais de 30 municípios atingidos por inundações somente no Rio Grande do Sul, por precipitações ocorridas em toda a extensão da bacia hidrográfica, principalmente no alto curso do rio.

O grande problema da gestão de uso do solo desses municípios decorre de os órgãos públicos não levarem em consideração à totalidade da bacia hidrográfica do rio Uruguai, incluindo o estado de Santa Catarina e o país vizinho, a Argentina.

A importância que assume a esfera municipal, na gestão e no gerenciamento de áreas de risco deve-se ao fato, dessa ser a primeira instância a efetuar uma resposta frente ao evento adverso. Infelizmente, o que se observa é que a maioria dos municípios não possui capacidade técnica, financeira e operacional para lidar com essas circunstâncias. Quando existe uma tomada de consciência dos órgãos públicos gestores responsáveis por essas situações, esses atuam, mais especificamente, no durante e no pós-desastre, e não em estratégias de prevenção e de redução de riscos.

## **Considerações Finais**

Com essa análise, pretende-se contribuir como uma fonte teórico-metodológica, bem como um trabalho técnico para o município, pois fornece subsídios e serve de base para estudos de maior detalhamento que venham a desenvolver, como um cadastramento do risco.

Tendo em vista os resultados obtidos no zoneamento de risco, sugerem-se ações contando com a articulação de diversos agentes como órgãos de Defesa Civil, Prefeitura, instituições de pesquisa e ensino, as comunidades afetadas etc.

Como perspectiva para trabalhos futuros vislumbra-se a aplicação da metodologia proposta a outros estudos de caso. Longe de esgotar o assunto, são necessárias contribuições de outras investigações no sentido de possibilitar a incorporação de informações mais detalhadas dos aspectos abordados, de modo a refinar a formulação dos indicadores de vulnerabilidade.

## Referências

CRED - CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGI OF DISASTERS. **The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015**. Disponível em: <http://www.cred.be/HCWRD>. Acesso em: 22 jul. 2020.

COLLISCHONN, W. **Simulação Hidrológica de Grandes Bacias**. 270 p. Tese (doutorado) Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

DARABI, H.; CHOUBIN, B.; RAHMATI, O.; TORABI HAGHIGHI, A.; PRADHAN, B.; KLØVE, B. Urban flood risk mapping using the GARP and QUEST models: A comparative study of machine learning techniques, **Journal of Hydrology**. 569. 142-154. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418309302>. Acesso em: 15 jun. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.002>.

KHOSRAVI, H. S. K., *et al.* **A comparative assessment of flood susceptibility modeling using Multi-Criteria Decision-Making Analysis and Machine Learning Methods**. *Journal of Hydrology*. v 573, 311–323, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419303026>. Acesso em: 20 jun. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.073>.

MOORE, R. J.; BELL, V. A.; JONES, D. A. Forecasting for flood warning. **Computes Rendus Geoscience - External Geophysics, Climate and Environment**, v. 337, p. 203-217. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071304003098?via%3Dihub>. Acesso em: 01 jul. 2020.

NOGUEIRA, Fernando Rocha. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escoamentos**: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. 260 f. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002.

OLIVEIRA, E. L. DE A. **Análise do gerenciamento de riscos geomorfológicos em cidades do Rio Grande do Sul**: situação atual e contribuição para elaboração de estratégias de prevenção. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia. 2014.

RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 35-54, abr. 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132010000100004&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132010000100004&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 05 jul. 2020.

SKILODIMOU, Hariklia. *et al.* Multi-hazard assessment modeling via multi-criteria analysis and GIS: a case study. **Environmental Earth Sciences**. 78/49. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-018-8003-4>. Acesso em: 01 maio 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8003-4>.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Editora da UFRGS, 2ª edição, Porto Alegre (RS), 678 p. 1998.

Recebido em 28 de abril de 2021.  
Aceito em 25 de maio de 2021.