

## MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÃO DE UMA ÁREA URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ÁGUAS VERMELHAS COM ÊNFASE DO SISTEMA VIÁRIO LOCAL

*Caroline Malheiros<sup>1</sup>; Simone Malutta<sup>2</sup>, Leonardo Romero Monteiro<sup>3</sup> & Renata Cavion<sup>4</sup>*

**Palavras-Chave** – Inundações, Mapeamento, Sistema Viário

### INTRODUÇÃO

Inundações são fenômenos naturais, mas com a expansão das cidades seus efeitos sobre as áreas urbanas têm causado fortes impactos sociais, físicos e econômicos em diversas cidades do mundo. Dentre as medidas não estruturais que podem mitigar seus efeitos destaca-se o mapeamento de áreas de risco. Este mapeamento pode ser uma ação inicial porque permite uma melhor compreensão do desenvolvimento do fenômeno e apoia o gerenciamento de investimentos de infraestrutura, a reorganização espacial e a análise de parâmetros urbanísticos adequados aos locais afetados pelas inundações.

De acordo com o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), em 2018, 67,7% dos municípios vinculados ao sistema não possuem mapeamento de área de risco de inundação. Cabe ressaltar que esta porcentagem não reflete a situação real do Brasil, visto que a amostra (municípios que forneceram informação ao sistema) é de apenas 64,7% dos municípios.

No município de Joinville já há o mapeamento das áreas de inundação, disponibilizado no site do Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMgeo, 2020). Entretanto muito pouco tem sido feito para compreender o impacto das inundações na região. A obra de drenagem urbana no Rio Mathias teve início em 2014 com previsão de finalização em 2016, entretanto no dia de hoje ainda não se sabe quando efetivamente a obra será finalizada (Saavedra, 2020). Ainda, para fazer-se estudos mais precisos em regiões localizadas, mapas mais apurados devem ser produzidos para que as particularidades da localidade sejam adequadamente representadas.

Por exemplo, na Bacia hidrográfica Piraí (BHRP) as planícies de inundação foram ocupadas pela rizicultura. Os “arrozais” estão sendo rapidamente transformados em loteamentos e geminados (DUARTE e CARELLI, 2013). A impermeabilização da região pode intensificar as inundações urbanas e tornar as inundações cada vez mais frequentes, agregando-se, ainda, ao fato de que as inundações na sub-bacia Águas Vermelhas já são frequentes desde 1852 (SILVEIRA, 2008). Logo esta região deve ser estudada localmente para avaliar os cenários futuros.

Este artigo tem o objetivo de apresentar uma área de inundação mais detalhada de uma importante área da Bacia Hidrográfica do Rio Águas Vermelhas (BHRV), que é uma das bacias mais importantes da BHRP, em Joinville. Para isso utilizou-se os programas HEC-HMS (USACE, 2000) e HEC-RAS 2D (USACE, 2016).

### METODOLOGIA

A BHRP (451,67 km<sup>2</sup>) é de grande importância para o município, pois além de contribuir para a manutenção da rizicultura, é responsável por 30% do abastecimento de água da cidade de Joinville. A BHRP é dividida em vinte e três sub-bacias, sendo um dos seus principais afluentes o rio Águas Vermelhas (MAIA et al., 2014). O presente estudo refere-se à BHRV (88,64 km<sup>2</sup>), inserida na BHRP, que divide-se em sete microbacias: rio Arataca, rio Jativoca, rio Lagoa Bonita, rio Lagoinha, rio Motucas, rio Piraí Novo e rio Águas Vermelhas, conforme ilustrado na Figura 1.

1) Caroline Malheiros, Engenheira Civil de Infraestrutura, carol.malheiros@hotmail.com

2) Simone Malutta, Professora da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Joinville, [simone.malutta@ufsc.br](mailto:simone.malutta@ufsc.br)

3) Leonardo Romero Monteiro, Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina, [leonardo.monterio@udesc.br](mailto:leonardo.monterio@udesc.br)

4) Renata Cavion, Professora da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Joinville, [r.cavion@ufsc.br](mailto:r.cavion@ufsc.br)

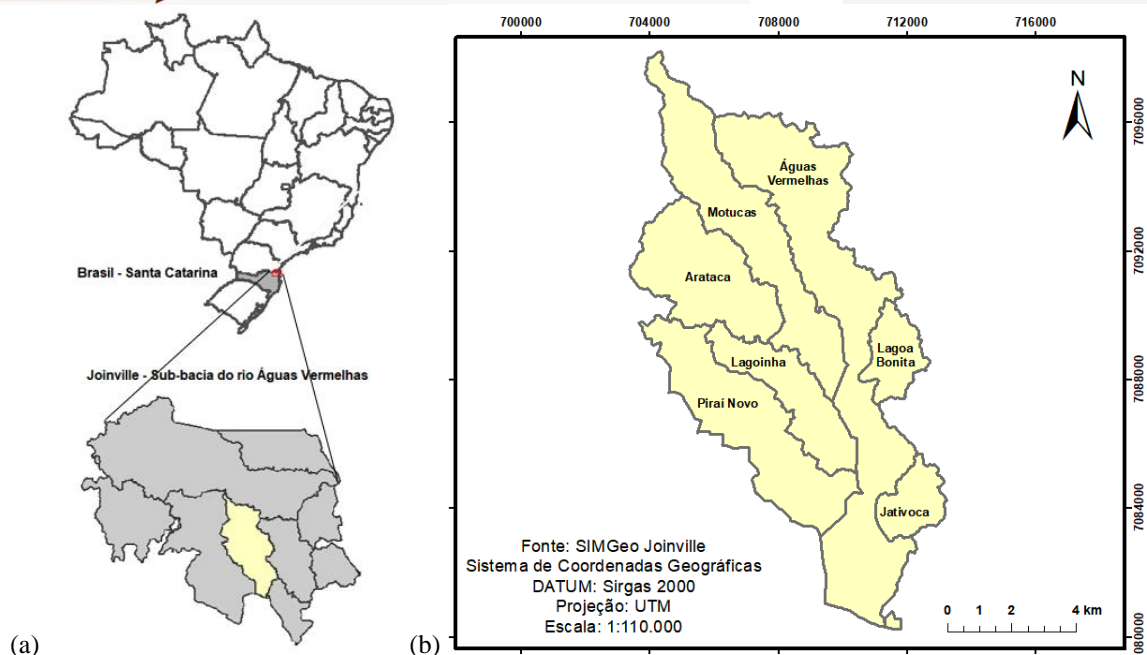
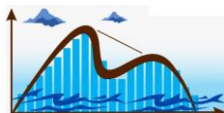


Figura 1 – (a) Localização de Joinville e sub-bacias BHRAV (b) sub-bacia BHRAV (Fonte: Malheiros et al., 2019)

De forma geral, além da vegetação (43,76% da área da bacia), o uso do solo da região, para o desenvolvimento deste estudo, foi dividido em mais três categorias: vegetação solo exposto ou pastagem (24,53%), área urbana (17,96%) e água ou rizicultura (13,75%). Estas categorias foram mapeadas com base em imagens observadas pelo satélite Landsat 8. Para a modelagem hidrológica foi utilizado o programa HEC-HMS em que são necessárias informações referentes a topografia, a geometria e as características hidrológicas da área de estudo. Os dados de precipitação foram extraídos dos registros de três estações operadas pela Defesa Civil de Joinville: Cachoeira Área Central, Cubatão e Rodovia do Arroz disponível no site da instituição.

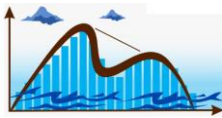
Para determinar os dados relacionados à geometria da sub-bacia do rio Águas Vermelhas e dos canais principais que a compõem foram utilizados os dados disponíveis no SIMGeo, por meio do software geoprocessamento. Entre os principais dados de entrada utilizados para o HEC-HMS estão o curve number (CN), tempo de concentração e escoamento de base. Os valores de CN foram calculados para todas as sub-bacias da BHRV. A escolha do grupo para o tipo e o uso e ocupação do solo está descrita em Malheiros (2018) e Malheiros et al. (2019).

Desta forma, com base no estudo realizado por Michels (2015), observou-se os dados de vazões medidos em campo para o rio Águas Vermelhas, e através de uma relação entre vazão e área, calculou-se a vazão de base para cada microbacia que compõem a área de estudo. Para validar o modelo hidrológico, utilizou-se os níveis d'água registrados pela estação hidrometeorológica do Jativoca operada pela Defesa Civil, que foram utilizados para calcular as vazões através da fórmula de Manning (como apresentado em Michels (2015), Malheiros (2018) e Malheiros et al. (2019)).

Os hidrogramas de projeto foram obtidos a partir das curvas IDF de Joinville (Junior, 2017) para o tempo de retorno ( $T_r$ ) de 2, 5, 10, 50 e 100 anos aplicadas para cada sub-bacia que compõem a região de estudo.

A modelagem no HEC-RAS 2D consiste na criação de um modelo hidráulico capaz de representar o escoamento em rios e planícies de inundação a partir de vazão de entrada a partir de uma abordagem bidimensional. No presente trabalho, as vazões de entrada foram calculadas com o HEC-HMS, para então simular a mancha de inundação de uma região que está em constante desenvolvimento dentro da BHRV.

Para o desenvolvimento dos resultados foi selecionado uma região da BHRV, com alta concentração populacional, e foi mapeada a mancha de inundação.



### RESULTADOS

A partir da simulação hidrológica realizada no HEC-HMS, obtiveram-se as vazões de pico para cada microbacia que compõe a sub-bacia do rio Águas Vermelhas, e para o exutório. As vazões calculadas para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos foram de 73,0 m<sup>3</sup>/s, 89,0 m<sup>3</sup>/s, 103,2 m<sup>3</sup>/s, 143,7 m<sup>3</sup>/s e 164,9 m<sup>3</sup>/s.

O mapa de inundação (Figura 2 e 3) representa a mancha gerada para o período de retorno de 2 anos, podendo-se visualizar tanto a distribuição urbana quanto as principais vias da localidade. A área de estudo do mapeamento da mancha de inundação pertence parte ao bairro Morro do Meio e parte se encontra em área rural e possui 12,5 km<sup>2</sup>. A maior parte da inundação encontra-se em regiões de plantação, mostrando que estas servem como reservatórios, protegendo a localidade.

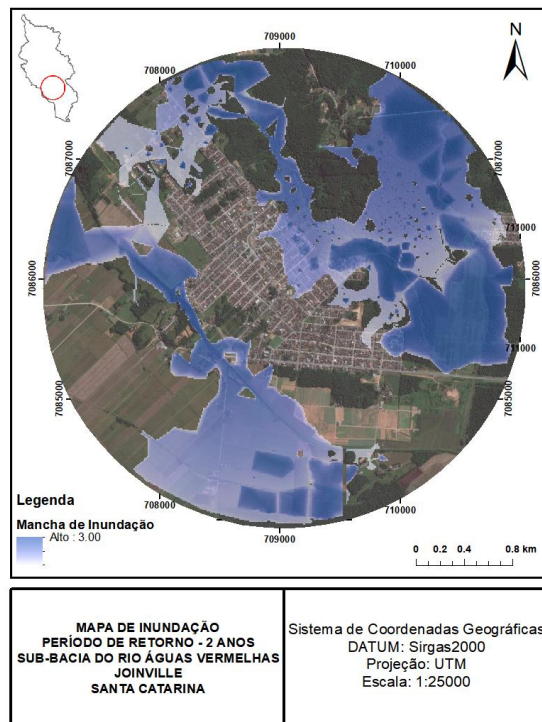
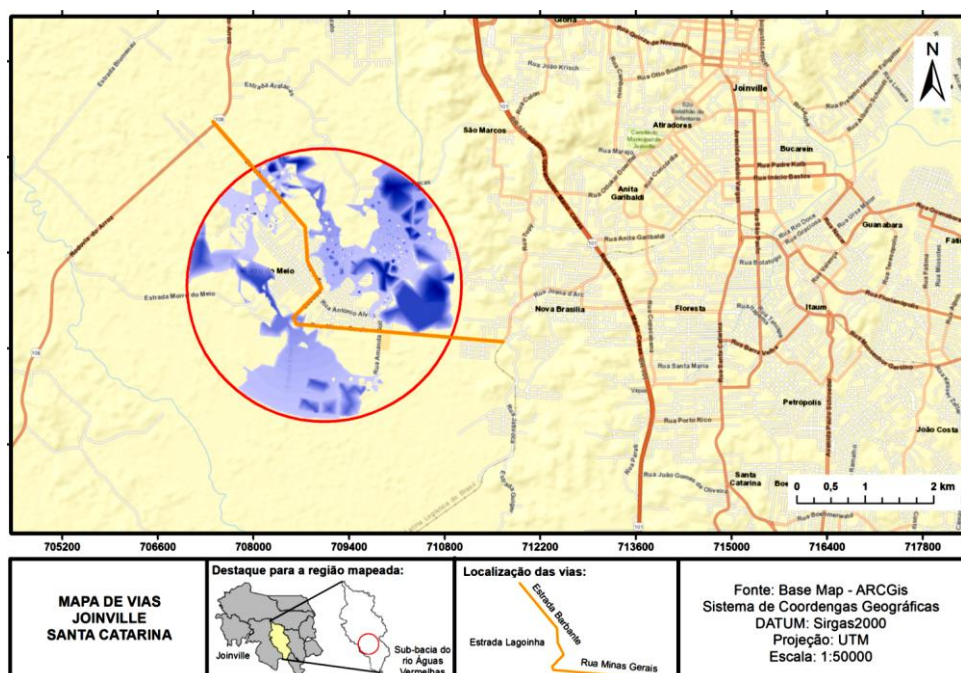


Figura 2 – Mapa mancha de inundação - Período de Retorno 2 anos (Fonte: Malheiros et al., 2019).



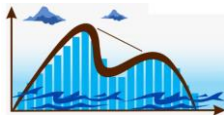


Figura 3 – Mapa de vias: destaque para a mancha de inundação. Via principal destacada em laranja (Fonte: Malheiros et al.,2019).

Nota-se que as rotas primordiais para que a população saia da mancha de inundação e consiga se deslocar à região central do município estão sobre a influência de inundações, o que configura locais de isolamento aos moradores, impedindo que estes possam se locomover para locais seguros.

### CONCLUSÕES

A partir dos bancos de dados disponíveis e da simulação hidrológica e hidrodinâmica foram obtidos mapas de inundação e observado como estes se distribuem em torno da localidade. Observou-se que as áreas de plantação são essenciais para ter uma mancha de inundação reduzida. Ainda, constatou-se que as vias de transporte, mesmo as principais, ficam interditadas mesmo para uma inundação com período de retorno de apenas 2 anos.

### REFERÊNCIAS

Malheiros, C. *Mapeamento das áreas de inundação na sub-bacia do rio Águas Vermelhas na cidade de Joinville*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina.

Malheiros, C.; Malutta, S.; Monteiro, L. R.; Cavion, R. et al. (2019) *Mapeamento das áreas de inundação na sub-bacia do rio Águas Vermelhas na cidade de Joinville*. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. Brasil.

JUNIOR, R. S. (2017) *Desenvolvimento de equações de chuvas intensas a partir de dados pluviográficos no município de Joinville*. 2017.76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro e Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville.

MAIA, B. G. de O. et al. (2014). *Bacias hidrográficas da região de Joinville*. Disponível em: <[http://www.cubataojoinville.org.br/\\_publicacoes/bacias-hidrograficasda-regiao-de-joinville.pdf](http://www.cubataojoinville.org.br/_publicacoes/bacias-hidrograficasda-regiao-de-joinville.pdf)>.

MICHELS, B. (2015) *Caracterização de níveis hidrométricos de alerta e emergência de inundações dentro do contexto da política nacional de proteção da Defesa Civil - Aplicação da bacia hidrográfica do rio Águas Vermelhas, Joinville, SC*. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville.

SAAVERA, J. (2020) *Com novos impasses, obras do rio Mathias têm paralisação parcial em Joinville*. NSC Total, Joinville, 19 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/colunistas/saavedra/com-novos-impasses-obras-do-rio-mathias-tem-paralisacao-parcial-em-joinville>. Acesso: 08 de setembro de 2020.

SILVEIRA, W. N. (2008) *Análise histórica de inundação no município de Joinville–SC, com enfoque na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte*. 165 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) *Drenagem e Manejo de Águas pluviais de 2018*. Disponível em <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-aguas-pluviais> Acesso em: 06 de out. de 2020.

USACE. **Hydrologic Modeling System HEC-HMS**: technical reference manual. p. 1–145, 2000. Disponível em: <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation.aspx>>.

USACE. **River Analysis System HEC-RAS**: hydraulic reference manual. p. 1–538, 2016. Disponível em: <<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>>.