A interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas

GIS/BIM Overlapping to mitigate flood risks in urban areas

Pedro Luís Soethe Cursino
Autodesk | São Paulo | Brasil | pedro.soethe@autodesk.com
Fernanda Almeida Machado
Autodesk | São Paulo | Brasil | fernanda.machado@autodesk.com
Sergio Scheer
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | scheer@ufpr.br

Resumo

No Brasil, há recorrência de municípios atingidos por enxurradas ou inundações bruscas, com prejuízos físico e socioeconômico, e demanda por medidas estruturais visando mitigação de riscos. O arcabouço tecnológico GIS/BIM pode subsidiar o planejamento urbano e medidas de prevenção, contemplando simulações e análises. O objetivo deste estudo é analisar o potencial da interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas. Adotou-se o estudo de caso explanatório seguido de experimento, inerente ao fenômeno ocorrido no município de Iconha-ES. Observou-se a capacidade de tomada de decisão orientada pelo entendimento de condições existentes, medidas de controle e materialização das soluções.

Palavras-chave: GIS. BIM. Enchentes. Mitigação de Riscos. Planejamento Urbano.

Abstract

In Brazil, there is a recurrence of municipalities affected by floods, with physical and socioeconomic damage, and demand for structural measures aimed at mitigating risks. The GIS/BIM set of technologies can support urban planning and prevention measures, including simulations and analysis. The aim of this study is to analyze the potential of GIS/BIM overlapping to mitigate flood risks in urban areas. The authors adopted an explanatory case study followed by an experiment, inherent to the phenomenon that occurred in the municipality of Iconha-ES. The authors observed the decision-making ability guided by the understanding of existing conditions, control measures and design.

Keywords: GIS. BIM. Flood. Risk Mitigation. Urban Planning.

INTRODUÇÃO

As relações entre o homem, suas cidades e os rios ao longo do tempo compreendem diversas formas de interação – diante da dinâmica e sazonalidade naturais dos corpos d'água e, sobretudo, das necessidades e expectativas humanas [1]. Devido à intensidade de ações antrópicas, a exemplo da impermeabilização de áreas adjacentes a córregos, e a ocupação de regiões tanto altas, como alagáveis, houve crescimento de problemas críticos e impactos inerentes às enchentes [2].

Como citar:
CURSINO, P. L. S. .; MACHADO, F. A. .; SCHEER, S. . A interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-15. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/602. Acesso em: 3 ago. 2021.

No Brasil, conforme pesquisa do IBGE [3], 28,5% de 5570 municípios da amostra são atingidos por enxurradas ou inundações bruscas, com ocorrências de edificações atingidas, pessoas desalojadas ou desabrigadas, e óbitos. Ainda, 1729 destes 5570 municípios declararam ter sido atingidos por alagamentos nos quatro anos anteriores ao levantamento. Logo, há prejuízos físico e socioeconômico; e demanda significativa por medidas estruturais e não estruturais para mitigação de riscos de enchentes.

As medidas estruturais consistem em projetos que promovem mudanças no sistema fluvial, como diques, sistemas de armazenamento e retardo de vazão. As medidas não estruturais, que visam minimizar os impactos das precipitações, compreendem a regulamentação de áreas alagáveis, proteção em edificações existentes, ou seguro-enchente. Em ambos os casos, as soluções podem tornar-se complexas, diante de múltiplas variáveis inerentes às características climatológicas e físicas de bacias hidrográficas; condições climatológicas, como distribuições temporal e espacial de precipitações; afora o manejo de áreas ocupadas; e custo elevado das obras [2].

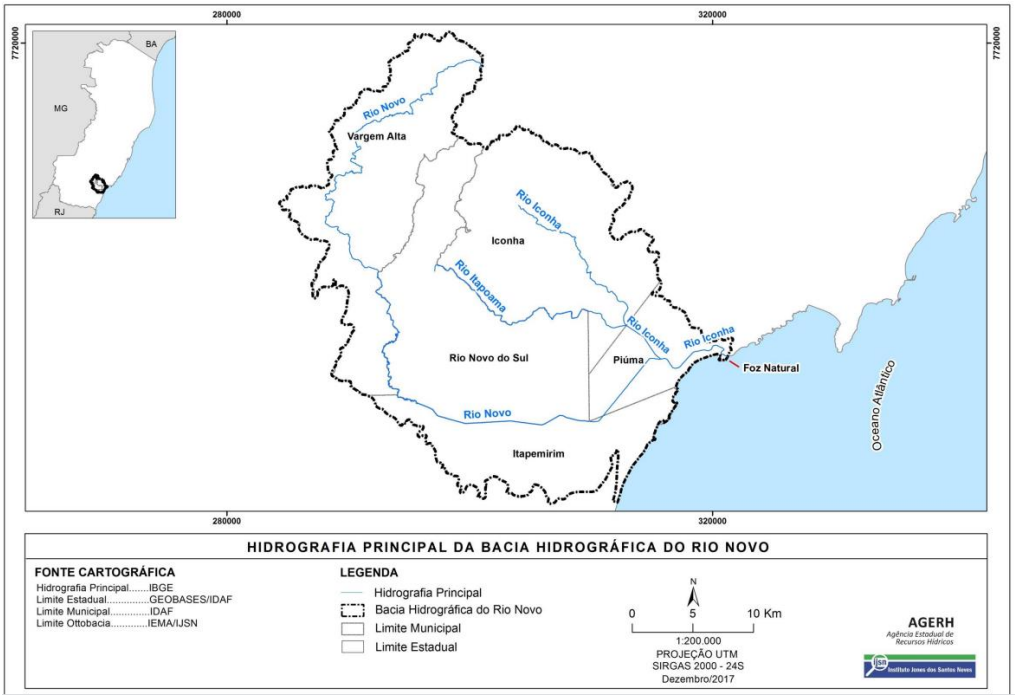
No âmbito das medidas estruturais de intervenção urbana e mitigação de riscos, a interface de tecnologias de Modelagem da Informação da Construção (BIM) e Sistemas de Informação Geográfica (GIS) permite a gestão eficaz da informação nas diversas fases do ciclo de vida de um projeto. O sistema oriundo desta interface pode disponibilizar a informação em qualquer escala geoespacial e temporal para diferentes aplicações: cadastro 3D, serviços baseados em localização e navegação, gestão de ativos, gestão do patrimônio, planejamento urbano, análise de eventos urbanos e segurança. Ademais, há potencial na gestão eficaz de dados heterogêneos de diferentes fontes, que pode fornecer o suporte essencial para tomadas de decisão [4].

Logo, o objetivo deste artigo é analisar o potencial da interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas. Considerando o cenário crítico das ocorrências de enchentes no Brasil e a consolidação de um arcabouço tecnológico para facilitar a análise de causas e ações de mitigação de risco, definiu-se os procedimentos metodológicos do estudo de caso explanatório seguido de experimento [5]. Este arcabouço tecnológico será apresentado no decorrer da seção Resultados e Discussão.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objeto de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Novo (Figura 1), que contempla o Rio Iconha, curso d'água localizado na região sul do Espírito Santo. A motivação do estudo de mitigação de riscos relacionada a este objeto decorreu de uma parceria de cooperação técnica entre a Autodesk e a Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo (Amunes) [6] consolidado após uma ocorrência crítica de enchente no início de 2020 – quando o município de Iconha sofreu uma devastação em sua zona urbana devido às precipitações [7]. Este episódio foi o mais recente de uma série repetitiva de eventos de cheias que geraram impactos significativos na região – similar aos anos 1942, 1984 e 1994 [8].

Figura 1 - Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Novo



Fonte: AGERH-ES.

Considerando o contexto hidrográfico apresentado, e enfatizando o evento crítico de enchente mais recente, foram definidos dois cenários de simulação para compreender o fenômeno e analisar medidas mitigadoras: (1) as condições atuais da bacia, sem intervenções para controle de vazão, tendo em vista identificar as causas da enchente; (2) dois ensaios de opções de controle de vazão para mitigação de riscos; sendo o primeiro com a proposição de instalação de dois reservatórios de detenção a montante do centro da cidade de Iconha; e o segundo com a instalação de pequenas bacias de detenção, ou barragens, nas linhas de talvegues da bacia.

As condições atuais da bacia e do entorno foram levantadas por meio de escaneamento a laser, utilizando o equipamento FARO Focus S 350, e a agregação de informações geográficas de fontes públicas diversas – tendo em vista a construção de um modelo analítico da região (Quadro 1).

Quadro 1: Informações geográficas oriundas de fontes públicas

Elementos de Contexto	Fonte
Rodovias e Construções	Conjuntos de dados do OpenStreetMap para criação de recursos no modelo
Imagens	Imagens de satélite do Microsoft Bing Maps são modeladas sobre o terreno
Elevação	Dados globais de terreno estão disponíveis em DEMs de 10 e 30 metros.
Corpos d'Água	Conjuntos de dados do OpenStreetMap para criação de recursos no modelo

Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

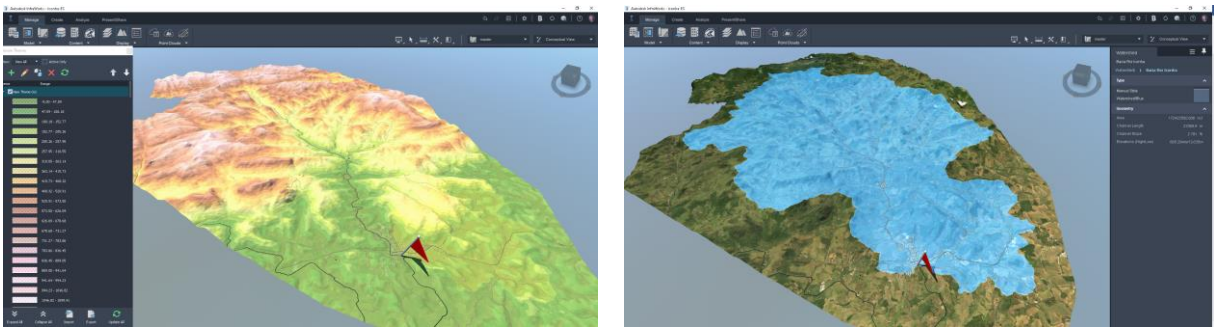
CONDIÇÕES EXISTENTES DA BACIA

Este cenário de simulação compreendeu os problemas de enchentes ocorridos no Rio Iconha, que corta o município homônimo; considerando o exutório da bacia estudada

após o encontro com o córrego Jaracatiá [9]. Caracterizou-se a bacia de influência neste ponto, assim como suas propriedades morfométricas, fazendo-se uso de soluções BIM de modelagem e análise de infraestrutura urbana.

A partir da construção do modelo BIM, foram realizados estudos de elevação, linhas de talvegues e, finalmente, a delimitação da área da bacia. No Autodesk Infraworks, gerou-se um mapa, com sinalização da diferença de elevação entre a parte alta da bacia e a parte baixa do planalto – onde se localiza o ponto de estudo. No âmbito das linhas de talvegues, identificou-se córregos, como no caso do córrego Jaracatiá, e os principais veios efêmeros de água, ou seja, aqueles originados somente na ocasião de precipitações. Então, delimitou-se a área da bacia do Rio Iconha que impacta no ponto de estudo e análise da ocorrência crítica supracitada – e calculou-se os valores base de elevação dos talvegues para subsidiar a análise morfométrica (Figura 2). Na própria solução BIM, extraiu-se diretamente da bacia dados como área (174km²), extensão (25.70km) e declividade (2.57%) do canal principal, e suas elevações máxima (665.283m) e mínima (5.206m).

Figura 2- Caracterização da Bacia do Rio Iconha no Autodesk Infraworks



Nota: Mapa de Elevação (à esquerda) e Área da Bacia (à direita). Fonte: os autores.

Além dos dados extraídos do modelo, calculou-se, por meio do Autodesk Infraworks, as características morfométricas da bacia (Quadro 2). Estas características físicas e bióticas influenciam o comportamento da bacia [10], são essenciais ao ciclo hidrológico e agem sobre a infiltração de água no solo, quantidade de água no deflúvio, evapotranspiração, escoamento superficial, dentre outros fatores [11].

Observa-se como resultado que a bacia apresenta densidade de drenagem classificada como ruim, e esta varia inversamente à extensão do escoamento superficial – indicador que sinaliza a eficiência de drenagem. O índice denota que a bacia tem uma drenagem própria ineficiente [12]. Outros coeficientes avaliados, como no caso do valor do Coeficiente de Compacidade (Kc) maior que 1 e seu extremo em relação ao valor de Fator de Forma (Kf), indicam menor suscetibilidade da bacia a enchentes. Logo, apesar da bacia do Rio Iconha não ser naturalmente sujeita a enchentes, sua densidade de drenagem desfavorável desdobra-se em um ponto exutório que apresenta potencial efeito de cheias – a exemplo do recorte deste estudo.

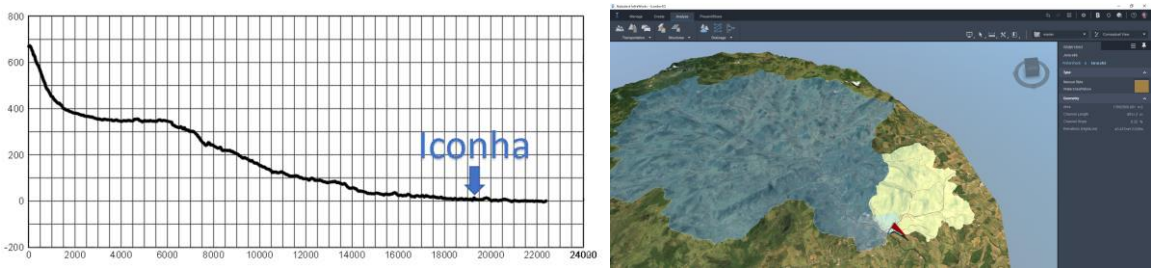
Quadro 2: Características morfométricas do Rio Iconha

Características Físicas	Resultados (km)
Área da Bacia (A)	174,402
Perímetro	81,23
Extensão Média do Escoamento Superficial (l)	25,70
Declividade da Bacia (m/m)	0,0257
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,722
Fator de Forma (Kf)	0,264
Somatório dos Rios (It)	169,46
Densidade de Drenagem (Dd) (m/m²)	0,971671
Índice de Circularidade (Ic)	0,332
Forma	Alongada

Fonte: os autores.

Ainda, o ponto de estudo sofre influência do córrego Jacaratiá, visto que o encontro deste com o Rio Iconha está no trecho cuja declividade é reduzida de forma drástica. O córrego apresenta baixa declividade no veio principal (0,32%), e esta é inferior à declividade média do Rio Iconha (2,78%). Esse encontro causa um efeito nocivo significativo, resultando em zonas de enchentes tanto no córrego como no rio [13]. A cidade de Iconha está localizada exatamente neste trecho crítico (Figura 3).

Figura 3 – Perfil do Talvegue Principal e Bacias de Influência

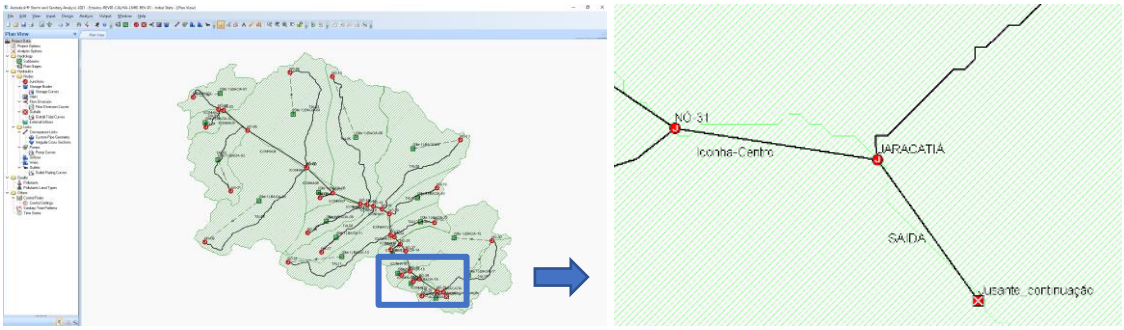


Nota: Perfil (à esquerda) e Bacia do Rio Iconha (Azul) e do Córrego Jacaratiá (Amarelo) (à direita). Fonte: os autores.

Além da caracterização da bacia, fez-se necessária a análise de dados climatológicos e hidrológicos; como a influência das chuvas que ocasionaram as enchentes, especialmente em 2020. Através do pluviômetro de Alfredo Chaves/ES [14], foram coletados dados das chuvas no intervalo do mês de janeiro/2020, período do episódio crítico na cidade de Iconha.

Para finalizar a simulação das condições existentes da bacia, sem intervenções para controle de vazão, os dados levantados e extraídos do Autodesk Infraworks, em conjunto com os dados climatológicos e hidrológicos inerentes ao pluviômetro, foram inseridos no Autodesk Civil 3D – para operacionalização do módulo *Storm and Sanitary Analysis* (SSA), que possui uma série de modelos de simulação. Adotou-se o modelo *Storm Water Management Model* (SWMM) para simulação do estado atual. O SWMM é um modelo dinâmico chuva-vazão, que permite a simulação da quantidade e qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas [15]. A partir destes dados, foram configuradas as bacias e talvegues, conforme Figura 4.

Figura 4 – Bacia do Rio Iconha no SSA e trecho de estudo

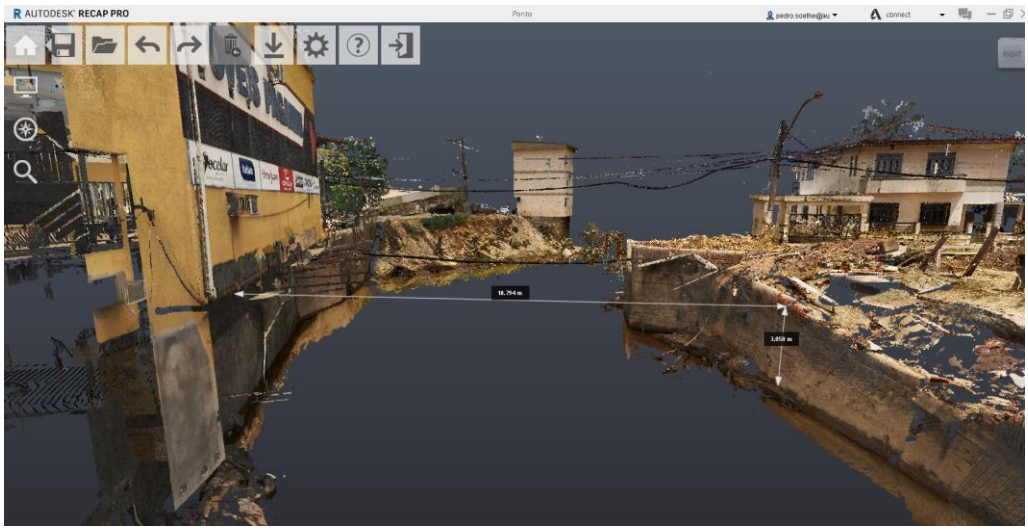


Fonte: os autores.

CENÁRIO 01: CONDIÇÃO EXISTENTE COM SEÇÕES DEFINIDAS

Considerou-se no cenário de simulação pontos a montante os quais são marcados pela existência de pontes e vilas, que foram atingidas pelas cheias. Por meio do escaneamento a laser da região devastada na zona urbana do município, foi possível fazer uso do Autodesk Recap para identificar na nuvem de pontos resultante a largura do rio (18.794m) e sua altura livre estimada (3,05m) (Figura 5). Esses dados subsidiaram a modelagem da calha no trecho da cidade, evidenciando a problemática a jusante da bacia, na cidade de Iconha.

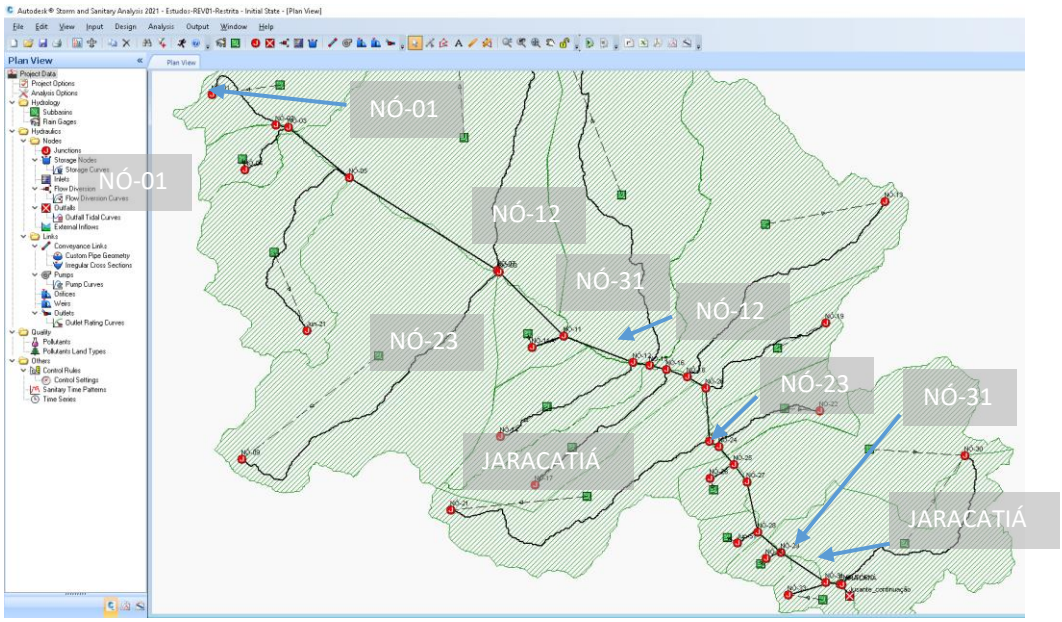
Figura 5 - Trecho escaneado da calha do Rio Iconha



Fonte: os autores.

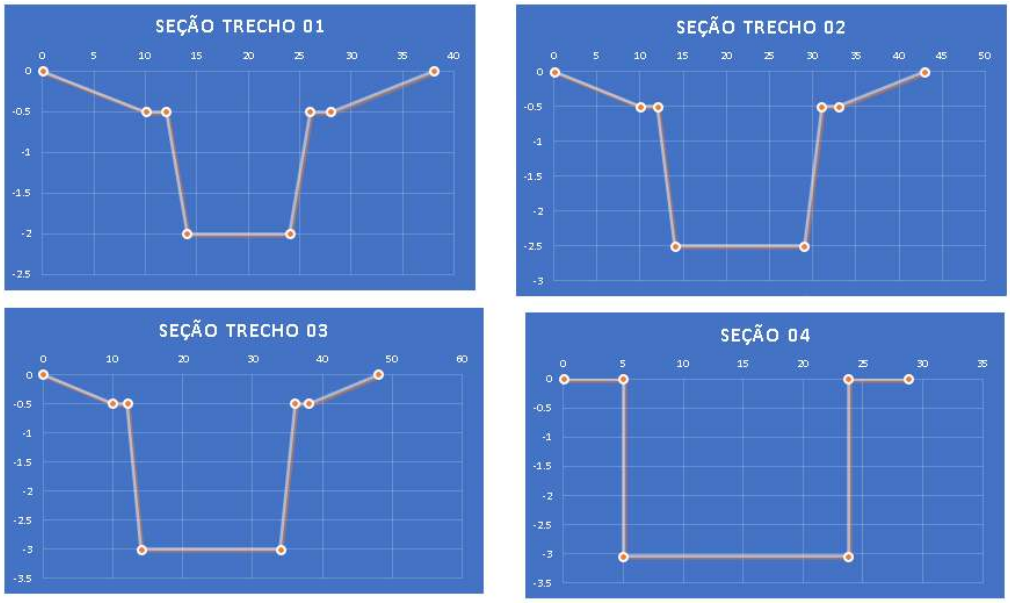
Além disso, foram contemplados locais que possuem a calha restrita, característica que retarda a chegada das águas no ponto analisado. Restringiu-se a calha nos NÓS 01, 12, 23, 31 e JARACATIÁ, sinalizados na Figura 6. Foram atribuídas seções decorrentes de cada trecho: (i) Seção 01 no trecho NÓ-01 a NÓ-12; (ii) Seção 02 no trecho NÓ-12 a NÓ-23; (iii) Seção 03 no trecho NÓ-23 a NÓ-31; e, por fim, (vi) Seção 04 no trecho NÓ-31 a JACARATIÁ, que corresponde ao centro da cidade (Figura 7).

Figura 6 – Posicionamento de nós para definição dos trechos de estudo



Fonte: os autores.

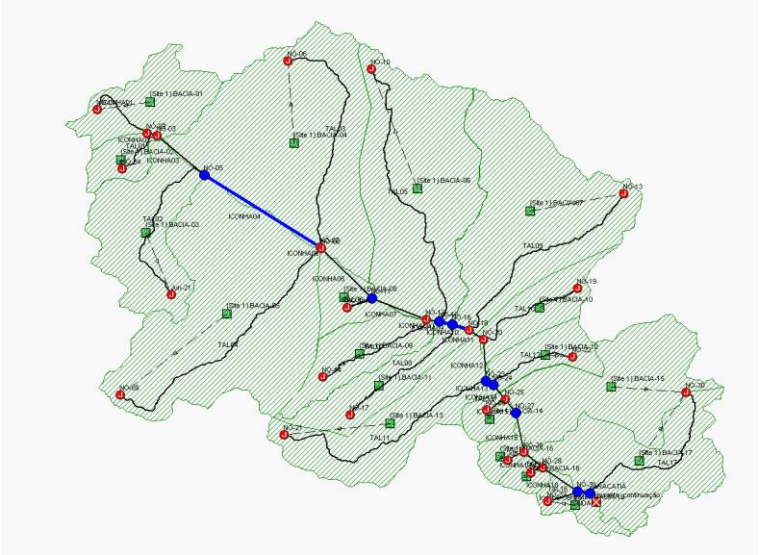
Figura 7 – Seções das calhas adotadas na modelagem do sistema no SSA



Fonte: os autores.

O modelo analítico resultante da simulação apresentou diversos pontos de extravasamento da calha designada, destacados em azul na Figura 8.

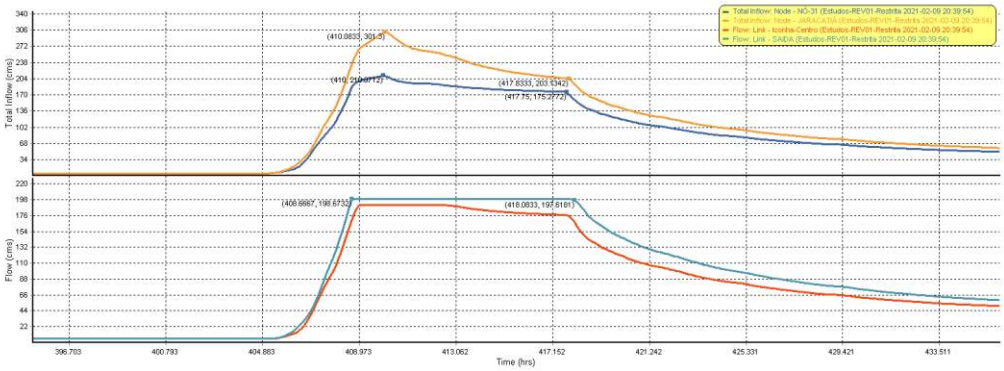
Figura 8 – Identificação dos pontos de enchente no sistema



Fonte: os autores.

De acordo com esta análise e os resultados do hidrograma para o trecho NÓ-31 (azul) a NÓ-JARACATIÁ (laranja), em 18/01/2020, o Rio Iconha atingiu pico de 410.08m³/s de vazão (Figura 9); sendo que a capacidade máxima de sua calha no trecho Iconha-Centro (vermelho) na cidade é de 198.67m³/s. No trecho SAÍDA (azul claro), sinaliza-se que sua capacidade máxima atingida corresponde ao intervalo em que a linha está reta no gráfico. Observa-se que o NÓ-JARACATIÁ teve um aumento de vazão significativo, já que apesar de o trecho da cidade ter estado em estricção plena durante 3,5 horas, e esperado um período de 5 horas para retornar à sua capacidade normal; a chegada do Córrego Jacaratiá no NÓ-JACARATIÁ aumenta a vazão, ocasionando lentidão em todo o sistema. Este cenário mostrou-se fidedigno ao fenômeno ocorrido *in loco*.

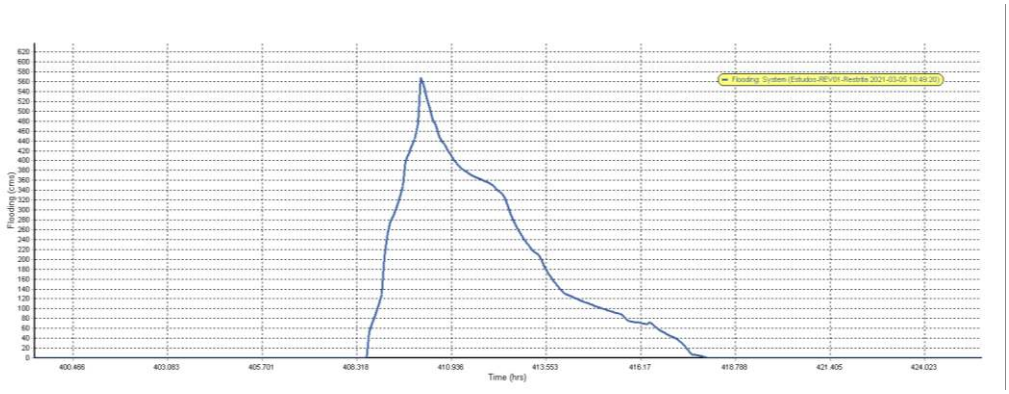
Figura 9 – Dados do Hidrograma para inundação dos trechos do estudo



Nota: Eixo Y corresponde a valores em horas/mês e Eixo X a valores de vazão. Fonte: os autores.

Além disso, todo o sistema do Rio Iconha e suas sub-bacias geraram um volume total de sobrecarga no sistema de 7.148.265,55m³ (Figura 10).

Figura 10 – Dados do Hidrograma para soma total de inundação no sistema



Nota: Eixo Y corresponde a valores em horas/mês e Eixo X a valores de vazão. Fonte: os autores.

CENÁRIO 02: CONTROLE DE VAZÃO A MONTANTE COM PISCINÃO

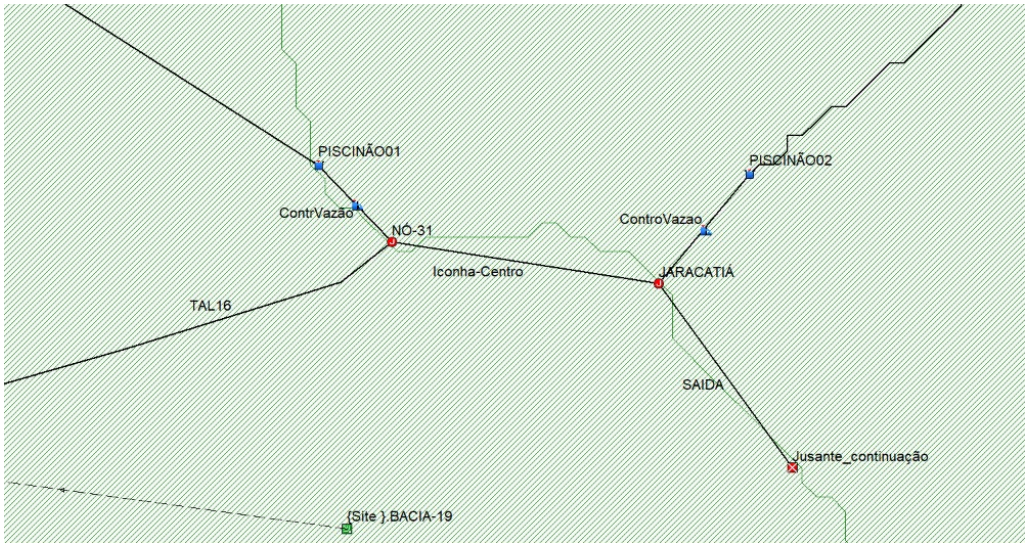
Diante da análise da condição existente, foi adotado o primeiro ensaio de controle de vazão com o uso de piscinões – reservatórios para retenção de água usualmente empregados no Brasil para redução de efeitos de enchentes e inundações em áreas urbanas [16]. O primeiro desafio de adotar essa alternativa é dimensionar a capacidade necessária e simular se o sistema atende à ação de mitigação do risco.

No controle de vazão a montante, considerou-se a implementação de dois piscinões. Logo, no SSA, traçou-se a curvas de enchente e seus respectivos volumes, correspondentes a 106,876.29m³ (NÓ-31) e 1,537,849.73m³ (NÓ-JARACATIÁ). O volume total de inundação resultante é 1.644.726,02m³ no exutório correspondente ao centro da cidade de Iconha.

Tendo em vista essa referência de volumes por NÓS e as simulações realizadas no SSA, criou-se um ponto de reservação de 1.200.000,00m³ a montante do NÓ-31 (Piscinão 01) e outro de 600.000,00 m³ a montante do NÓ-JARACATIÁ (Piscinão 02) (Figura 11). Assim, elimina-se a estricção do sistema na cidade de Iconha e o ponto crítico do córrego Jaracatiá nos trechos ICONHA-CENTRO e SAÍDA; por meio de uma vazão total de 186.44m³/s adequada à sua capacidade máxima de 198.67m³/s.

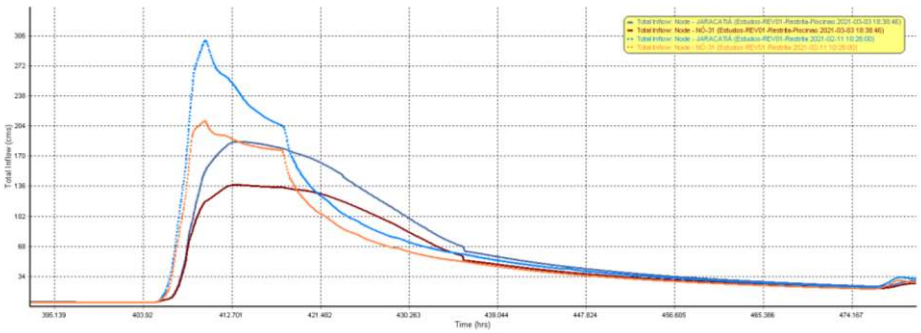
Estes resultados indicam a resolução do problema e a mitigação do risco de estricção do sistema. Na Figura 12, as linhas azul claro e laranja correspondem ao total de vazão que incide no centro da cidade sem a implementação dos piscinões. As linhas azul escuro e vermelho correspondem ao comportamento do sistema após a medida de controle de vazão; observando-se que a vazão máxima (186.44m³/s) torna-se menor que a capacidade da calha (198.67m³/s).

Figura 11 – Modelagem do Sistema: localização dos Piscinões 01 e 02 no SSA



Fonte: os autores.

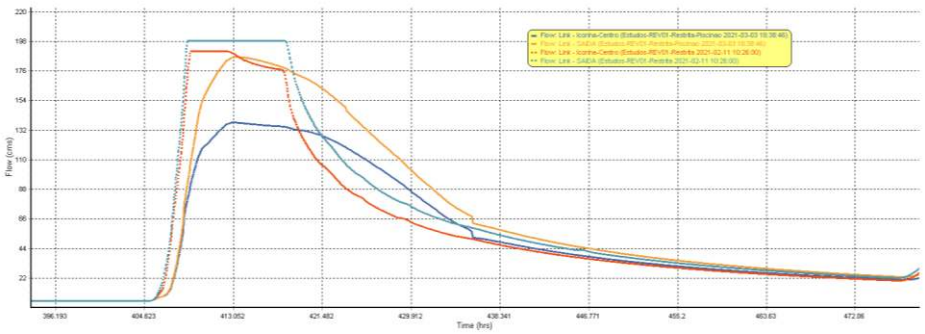
Figura 12 – Modelagem do Sistema: comparativo com medidas de controle de vazão 01



Fonte: os autores.

Na Figura 13, que apresenta os trechos da calha no centro da cidade antes das medidas de controle (linhas azul claro e Vermelho) e após (linhas azul escuro e laranja). Observa-se que após a adoção da medida de controle, eliminou-se a linha reta ou estricção do sistema.

Figura 13 – Trechos da Calha em Iconha: comparativo com medidas de controle de vazão 01



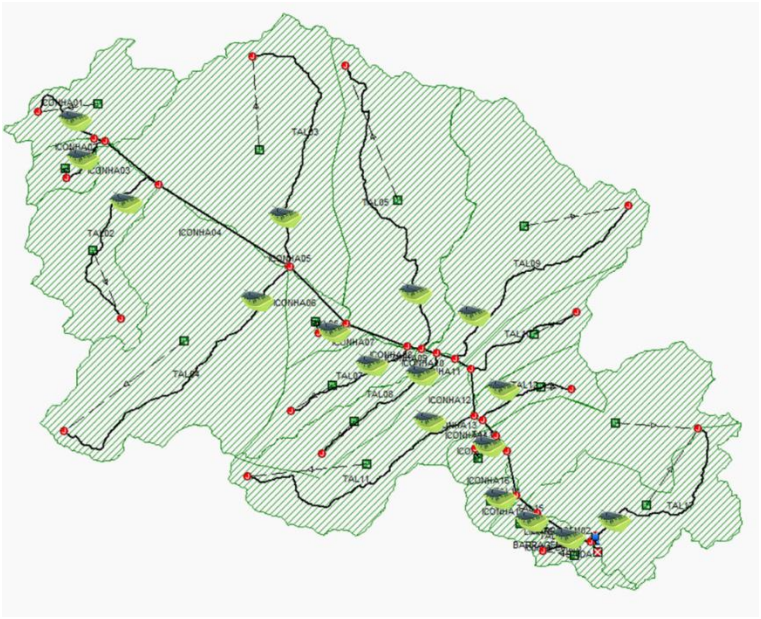
Fonte: os autores.

Embora o centro da cidade de Iconha esteja preservado com esta solução, o sistema completo ainda demanda 6.402.411,28m³ de reservação. Essa demanda orientou o segundo ensaio de controle de vazão.

CENÁRIO 02: CONTROLE DE VAZÃO A MONTANTE COM BARRAGENS NOS TALVEGUES

No segundo ensaio, adotou-se a distribuição de mini barragens, similar ao conceito de barraginhas, ao longo dos talvegues que alimentam o veio principal do Rio Iconha. Além da mitigação de risco, esta solução pode proporcionar água para a lavoura em períodos de seca [17]. Já que na bacia constam 19 linhas de talvegues que alimentam o rio, o ensaio contemplou o posicionamento de uma barragem associada a cada linha de talvegue, com a sua capacidade de reservação própria conforme a influência da bacia (Figura 14).

Figura 44 – Localização das barragens nas linhas de talvegue

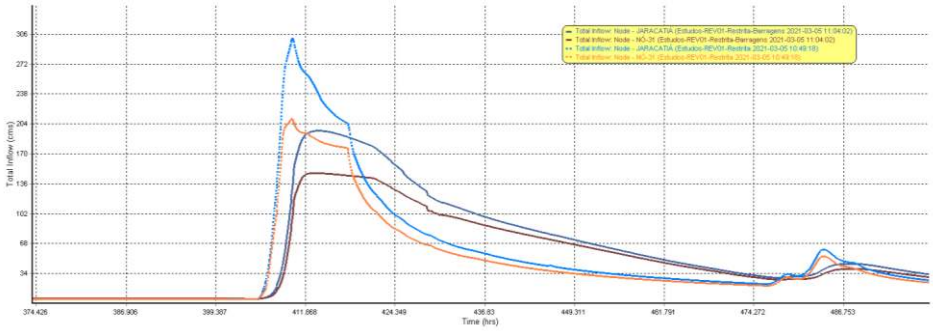


Fonte: os autores.

Esta solução visou a redução de eventos de enchente em todo o sistema e a garantia de preservação da cidade.

Conforme dados do SSA, eliminou-se a estricção do sistema na cidade de Iconha e o ponto crítico do córrego Jacaratiá em ambos os trechos ICONHA-CENTRO e SAÍDA. Na Figura 15, as linhas azul claro e laranja correspondem ao total de vazão que incide no centro da cidade sem a implementação das barragens. As linhas azul escuro e vermelho correspondem ao comportamento do sistema após a medida de controle de vazão; observando-se que a vazão máxima (196.19m³/s) torna-se menor que a capacidade da calha (198.67m³/s).

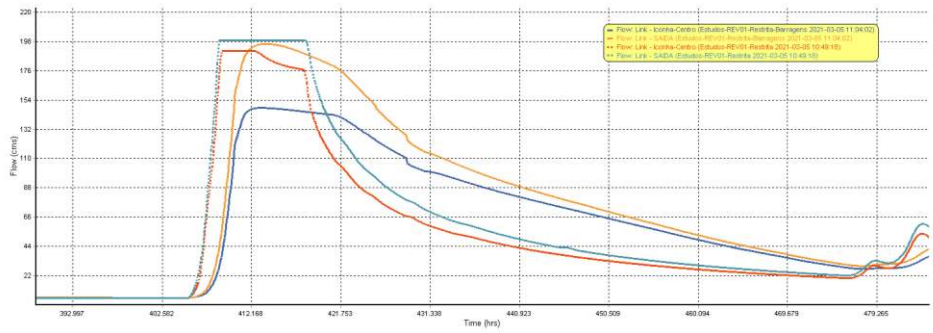
Figura 15 – Modelagem do Sistema: comparativo com medidas de controle de vazão 02



Fonte: os autores.

Na Figura 16, que apresenta os trechos da calha no centro da cidade antes das medidas de controle (linhas azul claro e Vermelho) e após (linhas azul escuro e laranja). Observa-se que após a adoção da medida de controle, similar ao ensaio com piscinões, eliminou-se a linha reta ou estricção do sistema.

Figura 16 – Trechos da Calha em Iconha: comparativo com medidas de controle de vazão 02

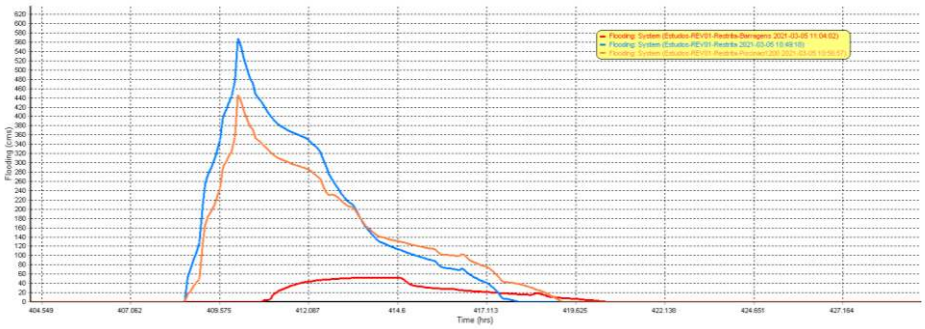


Fonte: os autores.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CENÁRIOS E MEDIDAS DE CONTROLE DE VAZÃO

Realizando-se uma análise comparativa dos Cenários 01 e 02, e seus respectivos ensaios de controle de vazão, a linha azul representa o total de inundação sem medidas de controle de vazão, ou seja, a condição existente (7.148.265,55m³). A linha laranja explicita o resultado do ensaio de controle de vazão com a adoção de piscinões (6.402.411,28m³) e a linha vermelha com a adoção do sistema de barragens (1.004.287,90m³) – este último apresentando o alívio geral do sistema (Figura 17).

Figura 17 – Comparação entre cenários e medidas de controle de vazão



Fonte: os autores.

Uma vez que a fase de análise das condições existentes e ensaios de controle de vazão para mitigação de riscos é concluída, as soluções BIM podem ser empregadas na materialização da medida a ser adotada. Neste caso, optou-se pelo sistema de barragens nas linhas de talvegues. As tecnologias de interface GIS/BIM subsidiaram a geolocalização e implantação do projeto preliminar das barragens, e a extração de quantitativos – como volume de aterro, áreas 2D/3D – para orientar avaliações de custo e prazo (Figura 18). É relevante observar que, além das barragens apresentarem melhor resultado para mitigação de enchentes em todo o sistema, também se tornam uma opção escalonável. Ou seja, as barragens podem ser executadas pela administração pública com graus de priorização em pontos mais suscetíveis às enchentes, trazendo alívio rápido ao sistema.

Figura 18 – Exemplo de implantação e estudo preliminar de barragem da sub-bacia 08



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo visou analisar o potencial da interface GIS/BIM na mitigação de riscos de enchentes em áreas urbanas, considerando o estudo de caso do município de Iconha/ES. O arcabouço tecnológico apresentado neste estudo explicita o potencial de realizar-se múltiplas simulações, análises e alternativas de projeto visando planejamento urbano e mitigação de riscos em áreas suscetíveis a ocorrências de

enchentes. Foi possível compreender o fenômeno ocorrido em 2020 em Iconha e a condição existente do sistema; ensaiar medidas de controle de vazão; e materializá-las em estudos preliminares. Ademais, amplia-se as possibilidades de avaliação de soluções considerando opções de projeto – a exemplo de *ponds* laterais, parques inundáveis, entre outros – e indicadores de custo e prazo.

O modelo da informação analítico adotado pode ser enriquecido com dados oriundos de diversas fontes, além das bases públicas utilizadas. Como limitação deste estudo, não se considerou reservatórios subterrâneos nas simulações – que pode influenciar nos resultados. Os próximos passos consistem na ampliação de opções de intervenção e análises subsidiadas por soluções de simulação hidráulica (HEC-RAS 2D/3D).

REFERÊNCIAS

[1] BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124–153, 2016. DOI: https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2693

[2] TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, Universidade/UFRGS: ABRH. 2 ed., p.41, 2001.

[3] IGBE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros 2017**. 2018. Disponível: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101595.pdf . Acesso em: 12 janeiro 2021.

[4] LIU, X.; WANG, X.; WRIGHT, G.; CHENG, J. C.; LI, X.; LIU, R. A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 2, 53, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6020053

[5] YIN, R. K. **Estudo de Caso-: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.

[6] DOM/ES. **Diário Oficial do Municípios do Espírito Santo** – DOM/ES, Edição N° 1446. Disponível: https://www.diariomunicipales.org.br/arquivos/edicoes/2020/02/1580740648_Edicao_1446_assinado.pdf . Acesso em: 02 fevereiro 2020.

[7] G1 ES. FOTOS: **confira o cenário de destruição em Iconha após a forte chuva no ES**. 2020. Disponível: https://g1.globo.com/es/espirito-santo/noticia/2020/01/18/fotos-confira-o-cenario-de-destruicao-em-iconha-apos-a-forte-chuva-no-es.ghtml . Acesso em: 20 janeiro 2020.

[8] RIBEIRO, I. **Chuva em Iconha: a história de destruição na cidade em grandes enchentes**. 2020. Disponível: https://www.agazeta.com.br/es/sul/chuva-em-iconha-a-historia-de-destruicao-na-cidade-em-grandes-enchentes-0120 . Acesso em: 01 de fevereiro 2020.

[9] PORTAL SNIRH. **Corpos Hídricos Superficiais e Dominialidade**. Disponível: http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ef7d29c2ac754e9890d7cdbb78cbaf2c . Acesso em: 01 de fevereiro 2020.

[10] LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2008.

[11] TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p. 137-156, 2007. DOI: https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236

[12] VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill do Brasil, 245p, 1975.

[13] CAIADO, M. A. C**.. Plano Diretor de Águas Pluviais e Fluviais do Município de Iconha**. Volume I: diagnóstico e prognóstico de inundações. 2013. Disponível: https://sedurb.es.gov.br/Media/sedurb/Importacao/Redu%C3%A7%C3%A3o%20de%20risco/Iconha/Volume%20I%20Diagn%C3%B3stico%20e%20Progn%C3%B3stico%20de%20Inunda%C3%A7%C3%B5es.pdf . Acesso em: 01 de fevereiro 2020.

[14] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tabela de Dados das Estações de Alfredo Chaves**. 2020. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A615. Acesso em: 01 de fevereiro 2020.

[15] BASTOS, G. A. P. **SWMM para avaliação do escoamento em duas bacias periurbanas em Santa Maria-Rs**. 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

[16] NAKAMURA, J. **Piscinões são alternativa eficaz para controle de enchentes urbanas**. 2020. Disponível: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/piscinoes-sao-alternativa-eficaz-para-controle-de-enchentes-urbanas/15464. Acesso em: 02 de fevereiro 2020.

[17] EMBRAPA. **Barraginhas: água de chuva para todos**. 2009. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485248/barraginhas-agua-de-chuva-para-todos. Acesso em 05 de fevereiro 2020.