

MODELAGEM UTILIZANDO HEC HMS: ESTUDO HIDROLÓGICO DA BACIA DO IGARAPÉ SÃO FRANCISCO - RIO BRANCO-AC

FERNANDA LIMA ROCHA¹, ANIELY ARAUJO PORTO², DANIELA DA SILVA TAMWING AGUILAR³
e RODRIGO OTÁVIO PERÉA SERRANO⁴

¹Bel. em Engenharia Civil, Rio Branco-AC, nandalimar.eng@gmail.com;

²Bel. e mestranda em Geografia, UFAC, Rio Branco-AC, anielypuerto98@gmail.com;

³Me. em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Engenheira Civil, Rio Branco-AC, eng.danitamwing@gmail.com;

⁴Dr. em Mecânica, Prof. PGCITA/PPGGEO, UFAC, Rio Branco-AC, rodrigo.serrano@ufac.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
07 a 10 de outubro de 2024

RESUMO: Este trabalho objetivou apresentar uma modelagem hidrológica com base em um estudo realizado na bacia do Igarapé São Francisco, localizada em Rio Branco – AC, utilizando o software HEC-HMS. Este programa permite a transformação do processo de chuva-vazão de uma bacia hidrográfica permitindo a definição de cenários hidrológicos. A bacia hidrográfica é um elemento de gestão que consiste na captação natural da água, tornando-se fundamental o seu estudo. Para o desenvolvimento do estudo, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre bacias hidrográficas, ciclo hidrológico, riscos hidrológicos, geoprocessamento e modelagem hidrológica. Além disso, foram realizadas pesquisas com profissionais da área a fim de levantar dados relacionados a utilização do software. A modelagem hidrológica indicou que a bacia apresenta comportamento diferente ao longo de sua extensão, decorrentes de fatores externos, como variação da precipitação, pois, não ocorre de forma constante em todo o seu perímetro. Para uma melhor análise da bacia optou-se por dividir a bacia do igarapé em nove sub-bacias menores, permitindo um estudo mais preciso da região de cada sub-bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica. Modelagem hidrológica. Chuva-vazão.

MODELING USING HEC HMS: HYDROLOGICAL STUDY OF THE IGARAPÉ SÃO FRANCISCO BASIN IN RIO BRANCO-AC

ABSTRACT: This work aims to model the hydrology of the Igarapé São Francisco basin, located in Rio Branco – AC, using the HEC-HMS software. HEC-HMS is a tool that facilitates the transformation of the rainfall-runoff process of a watershed and the definition of hydrological scenarios. The watershed plays a crucial role in water resource management by capturing water naturally, making its detailed study essential. For this study, bibliographic research was conducted on watersheds, the hydrological cycle, hydrological risks, geoprocessing, and hydrological modeling. Additionally, interviews with professionals in the field were carried out to gather information on the practical application of HEC-HMS software. The hydrological modeling indicated that the basin exhibits different behavior along its extent due to external factors, such as precipitation variation, which is not uniform across the entire perimeter. To facilitate a more detailed analysis, the Igarapé basin was divided into nine smaller sub-basins. This subdivision allowed for a more precise and localized study of the hydrological characteristics of each sub-basin, providing a deeper understanding of the region's hydrological dynamics.

KEYWORDS: Hydrographic basin. Hydrological modeling. Rain-flow.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a vida humana e para os ecossistemas naturais. Embora o Brasil seja um dos países mais ricos em água doce, várias cidades ainda enfrentam crises de abastecimento. Na Região Norte, mesmo sendo rica em recursos hídricos, cerca de 80% da água dos rios do país está em risco de abastecimento (REBOUÇAS, 2003). Essa disparidade evidencia a

complexidade da gestão dos recursos hídricos e a necessidade de estudos aprofundados para garantir a sustentabilidade do abastecimento.

A hidrologia, ciência que estuda o ciclo da água e seus fenômenos associados, está intrinsecamente ligada à compreensão e prevenção de desastres naturais, como inundações e secas (VESTENA, 2008). Com a frequência crescente de eventos extremos, torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento de medidas de controle e monitoramento de cheias, visando minimizar os impactos socioambientais por meio de ações preventivas.

Nesse contexto, as bacias hidrográficas emergem como unidades fundamentais para a análise hidrológica. A Agência Nacional das Águas (ANA), por meio da Lei nº 9.433/97, estabeleceu a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Portanto, o estudo detalhado das bacias hidrográficas é essencial para a elaboração e execução de projetos voltados à gestão ambiental e à preservação dos recursos naturais.

A bacia do Igarapé São Francisco, principal afluente do Rio Acre, desempenha um papel crucial na drenagem natural da capital Rio Branco, que atravessa o primeiro distrito da cidade no sentido noroeste - sudeste. A aplicação de modelagens hidrológicas, como a realizada neste estudo, permite simular e compreender o comportamento dos fluxos hídricos em resposta às precipitações.

O avanço tecnológico, especialmente através do uso de sistemas de modelagem como o Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) desenvolvido pelo Centro de Engenharia Hidrológica do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE – U.S. Army Corps of Engineers), possibilita análises mais detalhadas e precisas das bacias hidrográficas. Esse software, constantemente atualizado com novos algoritmos, oferece ferramentas avançadas para a criação de modelos hidrológicos baseados em dados de chuva e vazão. Nesse sentido, o presente estudo busca identificar e analisar o comportamento do Igarapé São Francisco, através de uma modelagem hidrológica com a utilização do software HEC HMS.

O presente estudo tem como objetivo principal aplicar o modelo hidrológico HEC-HMS para simular o comportamento hidrológico da bacia do Igarapé São Francisco, visando compreender a dinâmica dos fluxos hídricos e a resposta da bacia a diferentes eventos de precipitação. Ao analisar o comportamento hidrológico da bacia, este estudo busca fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de inundações e melhorias na gestão dos recursos hídricos na região.

Além disso, o artigo pretende contribuir para a discussão sobre o uso de ferramentas de modelagem hidrológica em bacias de pequeno porte, destacando as potencialidades e limitações do HEC-HMS. Espera-se que os resultados obtidos possam orientar futuras pesquisas e projetos de gestão hídrica, não só na bacia do Igarapé São Francisco, mas também em outras regiões com características semelhantes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Estado do Acre, sendo identificada como a Bacia do Igarapé São Francisco. Ao norte, a bacia é limitada pela Bacia do Igarapé Mapinguari, que se estende predominantemente na direção sul-norte, e ao sul, pela Bacia do Riozinho do Rola, que segue uma direção oeste-leste. A Bacia do Igarapé São Francisco contribui para a margem esquerda do Rio Acre e inclui a Área de Proteção Ambiental (APA) do Igarapé São Francisco, estabelecida para preservar os recursos naturais e ecossistemas locais.

O principal canal de drenagem da Bacia é o Igarapé São Francisco que ao longo de seu curso recebe descarga de vários igarapés de menor tamanho, compondo uma rede fluvial de cursos d'água perenes e intermitentes, com três igarapés principais: Saituba, Dias Martins e Batista, afluentes de sua margem direita.

Para a elaboração deste estudo, foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica abrangente, com o objetivo de construir o referencial teórico necessário. Essa revisão incluiu conceitos fundamentais sobre bacias hidrográficas, ciclo hidrológico, riscos hidrológicos, geoprocessamento e modelagem hidrológica. A partir dessa base teórica, foi possível contextualizar e fundamentar os métodos aplicados na pesquisa.

Figura 1: Limite da Bacia do Igarapé São Francisco



Fonte: Da própria autora (2022)

A etapa subsequente envolveu o estudo e a implementação do programa Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), que foi utilizado para a modelagem hidrológica da bacia. Os métodos empregados no HEC-HMS incluíram o cálculo das perdas iniciais e contínuas, a composição do escoamento de base, a propagação do fluxo nos rios e a transformação chuva-vazão. Cada um desses métodos foi selecionado com base nas características específicas da bacia e nas diretrizes estabelecidas pela literatura especializada.

Em paralelo à aplicação do HEC-HMS, foi elaborado um Modelo Digital de Terreno (MDT) utilizando o software QGIS, em conjunto com dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM30). Este MDT foi essencial para a caracterização morfológica da bacia e para a divisão da mesma em nove sub-bacias distintas. A subdivisão permitiu uma análise mais detalhada e precisa das diferentes regiões da bacia, possibilitando a identificação de variáveis hidrológicas específicas para cada sub-bacia.

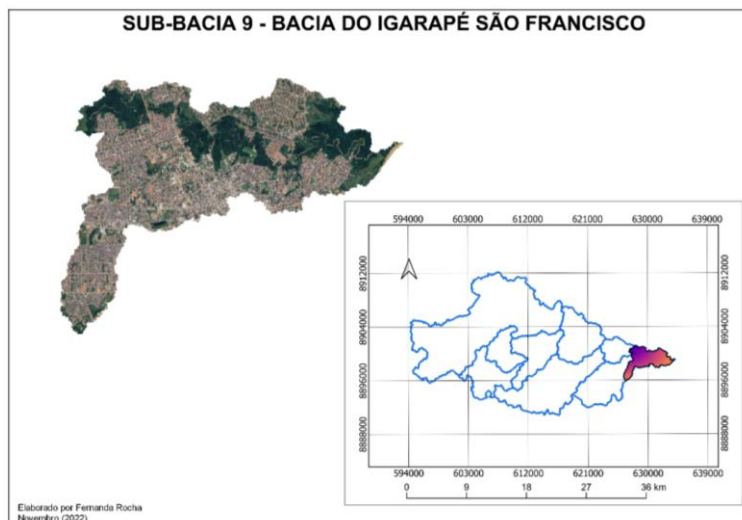
O processo de divisão da bacia em sub-bacias foi realizado com o objetivo de capturar as variações hidrológicas internas e melhorar a precisão dos resultados da modelagem. Essa abordagem segmentada facilita a interpretação dos dados e a aplicação de estratégias de gestão hídrica mais direcionadas, adaptadas às características individuais de cada sub-bacia.

Considerando a limitação deste trabalho optou-se pela apresentação do resultado apenas da sub-bacia 9, por possuir maior concentração de ocupação urbana, logo, sendo a área mais vulnerável a eventos hidrológicos extremos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da modelagem hidrológica indicaram que a Sub-bacia 9 (Figura 2) desempenha um papel crucial no comportamento hidrológico da Bacia do Igarapé São Francisco. Localizada a jusante, essa sub-bacia abriga o ponto de exutório, onde se concentra a descarga final das águas provenientes de toda a bacia. Isso significa que a Sub-bacia 9 recebe não apenas as vazões do trecho de rio que a atravessa, mas também as contribuições das demais sub-bacias através dos rios e junções associadas. Predominantemente composta por áreas urbanizadas, a Sub-bacia 9 sofre com a pressão antropogênica, que inclui a retirada das matas ciliares.

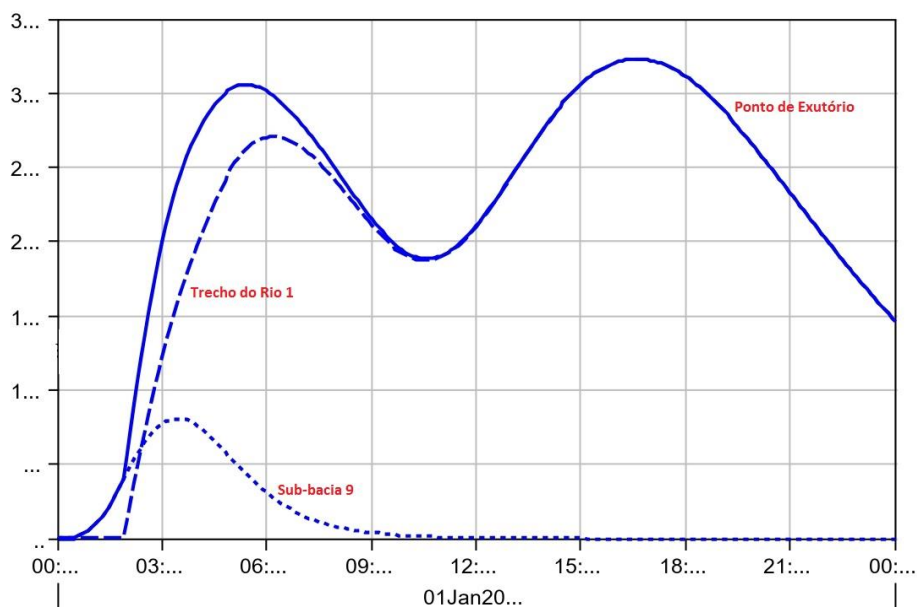
Figura 2: Sub-bacia 9 da Bacia do Igarapé São Francisco



Esse processo de desmatamento é particularmente preocupante, pois as matas ciliares desempenham um papel fundamental na manutenção do ciclo hidrológico, como destacam Durlo & Suliti (2005). Elas aumentam a evapotranspiração, interceptam parte da água da chuva, controlam a erosão e protegem o solo ao longo dos leitos dos rios. A perda dessas funções naturais agrava a vulnerabilidade da bacia, comprometendo a qualidade e a quantidade das águas superficiais.

Os resultados hidrológicos confirmam esses impactos: a Sub-bacia 9 apresentou um escoamento superficial de 69,71 mm e uma perda de 35,75 mm. Esses números refletem o efeito direto da urbanização na dinâmica hídrica da bacia, uma vez que a impermeabilização do solo, típica das áreas urbanas, reduz a infiltração de água, aumentando significativamente o escoamento superficial. Esse fenômeno contribui para o risco de inundações, especialmente durante períodos de chuvas intensas.

Figura 3 – Hidrograma do Ponto de Exutório “Break Point”



Fonte: Da própria autora (2022)

O hidrograma no ponto de exutório (Figura 3) fornece uma visão integrada do comportamento hidrológico da bacia. Ele ilustra como a Sub-bacia 9, representada pela linha pontilhada, interage com o trecho de Rio 1 (linha tracejada), que é o resultado das vazões dos rios que compõem as sub-bacias

adjacentes. A linha contínua, que resulta da soma desses dois hidrogramas, revela a dinâmica conjunta no ponto de exutório. O ponto de exutório descarrega suas vazões no Rio Acre, fator importante pois promove um elevado índice de lâmina d'água quando em tempos de elevadas precipitações.

A análise do hidrograma destaca que, em eventos de precipitação elevada, o escoamento superficial acumulado na Sub-bacia 9 exerce uma influência significativa sobre os níveis de água no Rio Acre, no qual o Igarapé São Francisco deságua. Esse aumento da lâmina d'água, quando exacerbado por condições de impermeabilização e perda de cobertura vegetal, eleva o risco de inundações na região, especialmente em áreas urbanas já vulneráveis.

A discussão desses resultados sublinha a importância de políticas de gestão hídrica integradas, que considerem tanto a preservação das matas ciliares quanto a mitigação dos efeitos da urbanização. Estratégias como a recuperação de áreas degradadas e a implementação de soluções baseadas na natureza (SbN), como parques lineares e jardins de chuva, poderiam ser eficazes em reduzir o escoamento superficial e melhorar a resiliência da bacia.

Em suma, a modelagem hidrológica da Sub-bacia 9 da Bacia do Igarapé São Francisco não só quantifica o impacto da urbanização na hidrologia local, como também aponta para a necessidade urgente de intervenções que preservem e recuperem o equilíbrio ecológico da região.

CONCLUSÃO

O uso do programa HEC-HMS mostrou-se eficaz na geração de hietogramas e hidrogramas sintéticos, ajustados de forma satisfatória com base nos dados e métodos aplicados, como o Curve Number – SCS, o Método de Huff e o Método Muskingum-Cunge. Esses resultados demonstram a utilidade do software na modelagem hidrológica, especialmente quando considerados os tempos de retorno adotados, que proporcionam uma compreensão robusta do comportamento hidrológico da bacia.

A integração do HEC-HMS com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do QGIS permitiu uma caracterização morfométrica detalhada, possibilitando a previsão da capacidade de produção de água para cada sub-bacia delineada. Essa análise fornece uma base sólida para futuras intervenções e para o planejamento de recursos hídricos na região.

Embora os resultados da simulação tenham atendido ao tempo de retorno de 100 anos, é importante salientar que há limitações inerentes ao estudo. A precisão dos modelos poderia ser significativamente melhorada com a coleta contínua de dados em campo, especialmente através de estações hidrometeorológicas locais, que forneceriam dados mais precisos e atualizados para futuras simulações.

O estudo da Bacia do Igarapé São Francisco destacou sua relevância para a região de Rio Branco, evidenciando os impactos que essa bacia tem sobre a sociedade local. A pesquisa reforça a importância de um monitoramento contínuo e sistemático, que não apenas enriqueça o banco de dados existente, mas também suporte a elaboração e implementação de projetos hídricos mais eficientes e resilientes. A adoção de estratégias de monitoramento e gestão integradas será crucial para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a segurança das populações locais frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e urbanização crescente.

REFERÊNCIAS

- Bernardi, E. C. S. et al. Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. *Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas*, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.
- Durlo, M. & Sutili, F. J. *Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água*. Porto Alegre: Est Edições, 2005. 189p.
- Rebouças, A. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia análise & dados*, v. 13, n. esp., p. 341-345, 2003.
- Tucci, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 1997.
- USACE-HEC Hydrologic Modeling System, HEC-HMS – Technical Reference Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, March 2000.