XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
23 a 28 de novembro de 2025 - Vitória - ES

ABRHidro
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

O PAPEL DAS VÁRZEAS NATURAIS NA REDUÇÃO DA CHEIA DE MAIO DE 2024 EM PORTO ALEGRE, NO SUL DO BRASIL

Matheus Sampaio Medeiros [1] ; Fernando Mainardi Fan [2]& Rodrigo Cauduro Dias de Paiva[3]

Abstract: This study investigates the role of the Jacuí River floodplains in mitigating extreme floods, with a focus on the May 2024 event, which caused unprecedented impacts in Rio Grande do Sul. Using a hydrodynamic model, scenarios with and without the lower Jacuí floodplains were simulated to assess their influence on flood propagation. Complementing previous studies, this work highlights the importance of these areas in attenuating floods downstream, including in the Metropolitan Region of Porto Alegre (RMPA). The results show that the model adequately represented water levels and flood propagation within the floodplains, accurately reproducing the rise, recession, and duration of water levels during the event. The simulations showed good agreement with the levels observed in the RMPA, including the peaks recorded on May 5 and 14. In the hypothetical scenario without floodplains, there was a significant increase in the rate of water level rise, anticipating the arrival of the flood at critical levels. It is estimated that, under this scenario, the water level could have reached around 7 meters on May 4 — approximately two meters higher than observed. The surge on May 14 would also have been intensified. The results reinforce the importance of floodplains as temporary storage areas and natural defenses against extreme flooding. The study contributes to flood management strategies and highlights the risks associated with the disconnection between rivers and their floodplains, such as through poorly planned levees and dredging interventions.

Resumo: Este estudo investiga o papel das várzeas do rio Jacuí na mitigação de cheias extremas, com foco na cheia de maio de 2024, que causou impactos sem precedentes no Rio Grande do Sul. Utilizando um modelo hidrodinâmico, foram simulados cenários com e sem as várzeas do baixo Jacuí para avaliar sua influência na propagação da inundação. Complementando estudos anteriores, o trabalho destaca a relevância dessas áreas para a atenuação de cheias a jusante, incluindo a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Os resultados mostram que o modelo representou adequadamente os níveis d'água e a propagação da cheia nas várzeas, reproduzindo com acurácia a elevação, recessão e duração dos níveis durante o evento. As simulações apresentaram boa concordância com os níveis observados na RMPA, incluindo os picos registrados em 5 e 14 de maio. No cenário hipotético sem várzeas, observou-se um aumento expressivo na taxa de elevação dos níveis d'água, antecipando a chegada da cheia a níveis críticos. Estima-se que, nesse cenário, o nível poderia ter alcançado cerca de 7 metros no dia 4 de maio — aproximadamente dois metros acima do observado. A elevação do dia 14 também seria intensificada. Os resultados reforçam a importância das várzeas como áreas de armazenamento temporário e defesa natural contra cheias extremas. O estudo contribui para estratégias de gestão de cheias e destaca os riscos associados à desconexão entre rios e suas várzeas, como por meio de diques e dragagens mal planejadas.

Palavras-Chave – várzeas de inundação; cheia extrema; modelagem hidrodinâmica.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), (UFRGS), Porto Alegre, Brasil. matheus.sampaio@ufrgs.br
2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), (UFRGS), Porto Alegre, Brasil. fernando.fan@ufrgs.br
3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), (UFRGS), Porto Alegre, Brasil. rodrigo.paiva@ufrgs.br

INTRODUÇÃO

No ponto de vista de fenômenos hidrodinâmicos, as planícies de inundação desempenham um papel crítico no controle e na atenuação das cheias, funcionando como áreas de dissipação de energia e armazenamento temporário de volumes de água (Wohl, 2021). Essa função é amplamente reconhecida por diversos autores, que destacam tanto o papel das várzeas naturais quanto os impactos de estruturas artificiais, como diques e barragens, na hidrodinâmica de rios (Fleischmann et al., 2019).

Estudos como os de Remo et al. (2012) e Remo & Pinter (2007) investigam como os diques podem aumentar ou mitigar os impactos das inundações par o rio Mississippi Médio, nos EUA. Remo et al. (2012) demonstraram que, embora os diques possam proteger áreas localizadas de cheias menores (até o nível de inundação de ~100 anos), eles frequentemente aumentam os níveis de água em eventos de cheias maiores, como a cheia de 500 anos. Isso ocorre porque os diques reduzem a área disponível para o armazenamento de água nas planícies de inundação, resultando em picos de vazão mais elevados.

A análise de diques em diferentes regiões também é abordada por autores como Guida et al. (2015), Klijn et al. (2018) e Knox et al. (2022), que discutem a reconexão estratégica das planícies de inundação como uma solução para reduzir os níveis de cheia e os benefícios de abrir mais espaço para os rios. Guida et al. (2015), ao analisar a bacia do Tisza na Hungria, sugerem que o recuo de diques e a reconexão de áreas úmidas podem ser estratégias eficazes para reduzir as alturas de inundação, restaurando funções hidrológicas perdidas ao longo do tempo.

Historicamente o sul do Brasil é impactado por cheias, que causam perdas econômicas e sociais irreparáveis. Estudos recentes que estudaram as vazões máximas na América do Sul, no contexto de projeções climáticas, indicam um sinal positivo e aumento nas vazões para o sul do Brasil (Brêda et al., 2020; Brêda et al., 2023). Em maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul enfrentou um evento extremo sem precedentes. Os acumulados de precipitação, ao longo da bacia dos afluentes ao Guaíba, foram superiores aos observados em 1941, último evento extremo registrado na região até o momento (Collischonn et al., 2024a). No dia 5 de maio, a cheia sem precedentes, chegou com força total no Guaíba atingindo uma cota nunca observada de 5,37 m (Possa et al., 2022; Germano et al., 2024).

Esse comportamento anômalo levanta hipóteses sobre os possíveis fatores naturais responsáveis. No estudo, recentemente publicado, de Laipelt et al. (2025), algumas questões foram abordadas por meio de simulações hidrodinâmicas em cenários variados, que avaliaram diferentes intervenções hidráulicas para mitigar a cheia na região. As quais, embora tenham reduzido o nível de água em 1% a 31%, apresentaram influência limitada nas regiões mais afetadas. Embora o estudo de Laipelt et al. (2025) traga avanços significativos no entendimento dos fenômenos associados a cheia, a atuação específica das planícies de inundação, do baixo Jacuí, na cheia de 2024 não foi abordada, deixando uma oportunidade de explorar essa dinâmica.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o papel das planícies de inundação, ao longo do baixo Jacuí, na propagação da cheia de 2024, utilizando modelagem hidrodinâmica para simular cenários com e sem a presença dessas várzeas. A principal hipótese deste estudo é que as planícies de inundação do rio Jacuí, afluente ao rio Guaíba, desempenharam um papel importante na redução dos picos de cheia no Guaíba. Ao absorver parte do volume de água que, de outra forma, teria chegado rapidamente à RMPA, as planícies de inundação atuaram como "heroínas anônimas", atenuando o pico da cheia. A análise preliminar entre os cenários ajudará a compreender melhor o papel dessas áreas durante um evento de cheia extrema.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Guaíba cobre uma área de cerca de 85 mil km² e é composta por cinco afluentes principais: os rios Jacuí, Taquari, Caí, Sinos e Gravataí (Figura 1). Dentro dessa bacia estão localizados alguns dos principais centros urbanos do Rio Grande do Sul, incluindo a região metropolitana de Porto Alegre, a capital do estado. Os rios que compõe a bacia hidrográfica do Guaíba possuem características variadas: com escoamento rápido devido a terrenos montanhosos e outros situados em planícies extensas de inundação e área planas, apresentam um escoamento lento e atenuado. Os rios Alto Jacuí, Taquari e Caí, localizados em regiões montanhosas de altas declividades e solos rasos, têm um tempo de concentração reduzido, resultando em cheias rápidas e intensas. Em contraste, os rios Vacacaí-Mirim, Baixo Jacuí, Sinos e Gravataí, que correm por áreas planas com vários meandros e amplas várzeas, têm um escoamento mais lento e cheias prolongadas. As chuvas nas regiões norte do estado, especialmente nas cabeceiras dos rios de escoamento rápido, chegam rapidamente às áreas mais baixas, elevando rapidamente os níveis dos rios a jusante.

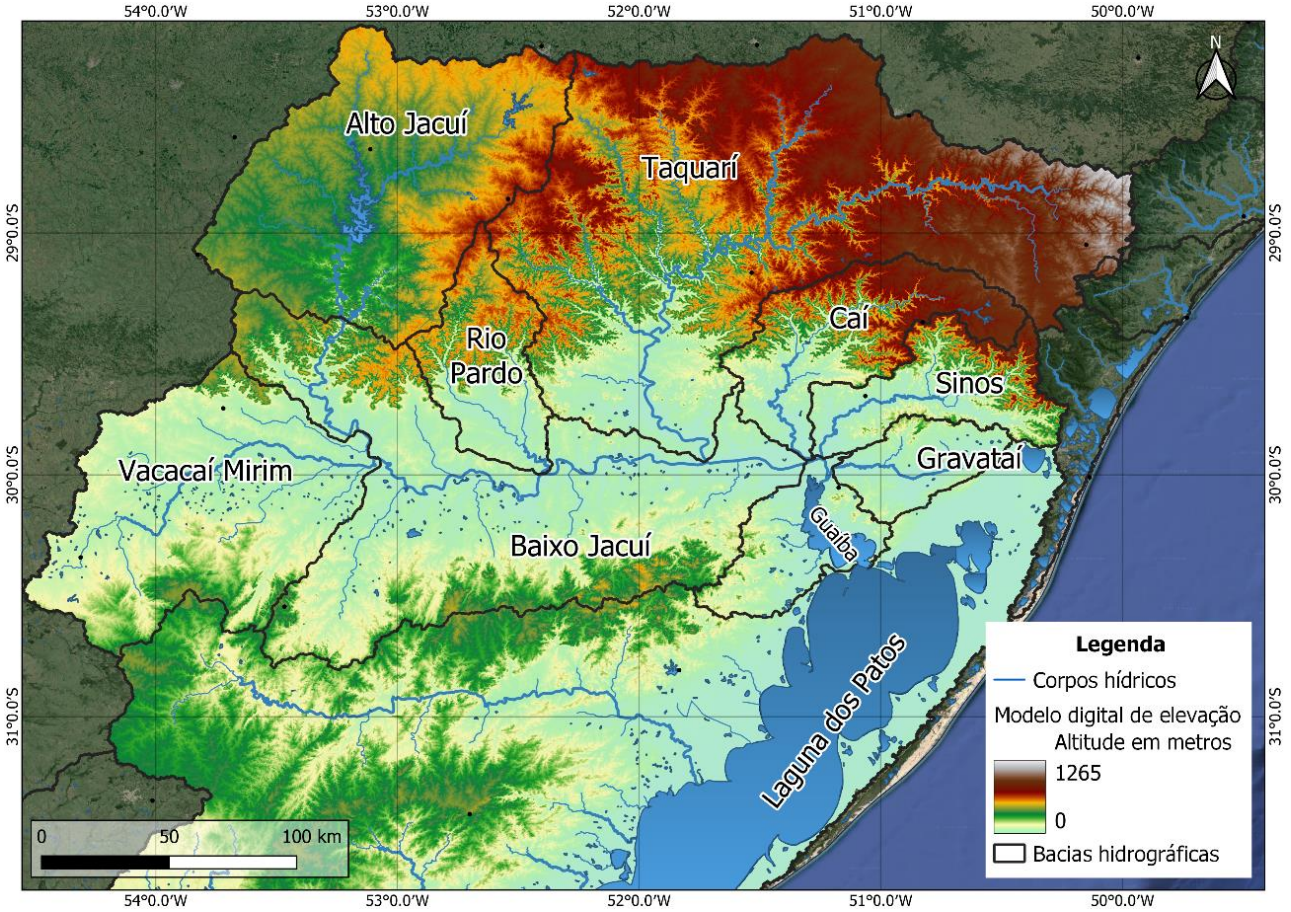


Figura 1 – Localização da bacia do rio Guaíba e seus principais afluentes junto com a altimetria expressa em metros.

As várzeas ao longo do rio Jacuí, ilustradas na Figura 2, são compostas por uma topografia plana e com baixa declividade. As várzeas do Jacuí são ainda amplamente utilizadas para atividades agrícolas, especialmente no cultivo de arroz, que mantêm conectividade entre o canal do rio e a planície (Tiecher et al., 2022), permitindo a troca de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes.

Essa conectividade também facilita a movimentação de peixes e outras espécies aquáticas entre o rio e as áreas alagáveis, promovendo a biodiversidade e a sustentabilidade ecológica da região. Além disso, as margens do rio Jacuí nesses trechos estão localizadas zonas urbanas, como as cidades

de Charqueadas, Triunfo e, principalmente, Eldorado do Sul, que foi severamente impactada pela cheia de 2024.

As áreas de influência dessas planícies de inundação, capturadas por imagens Sentinel em 06 de maio de 2024, próximo ao pico da cheia, revelam a extensão das zonas de planície ao longo do baixo Jacuí. A figura 2 apresenta uma comparação das imagens obtidas pelo Sentinel antes (Figura 2a e Figura 2b), e depois da cheia de 2024 (Figura 2a* e Figura 2b*), em que é possível visualizar várzeas inundadas com aproximadamente 15 km de largura. A largura do rio Jacuí, em condições normais, nesses trechos é algo em torno de 1 km apenas.

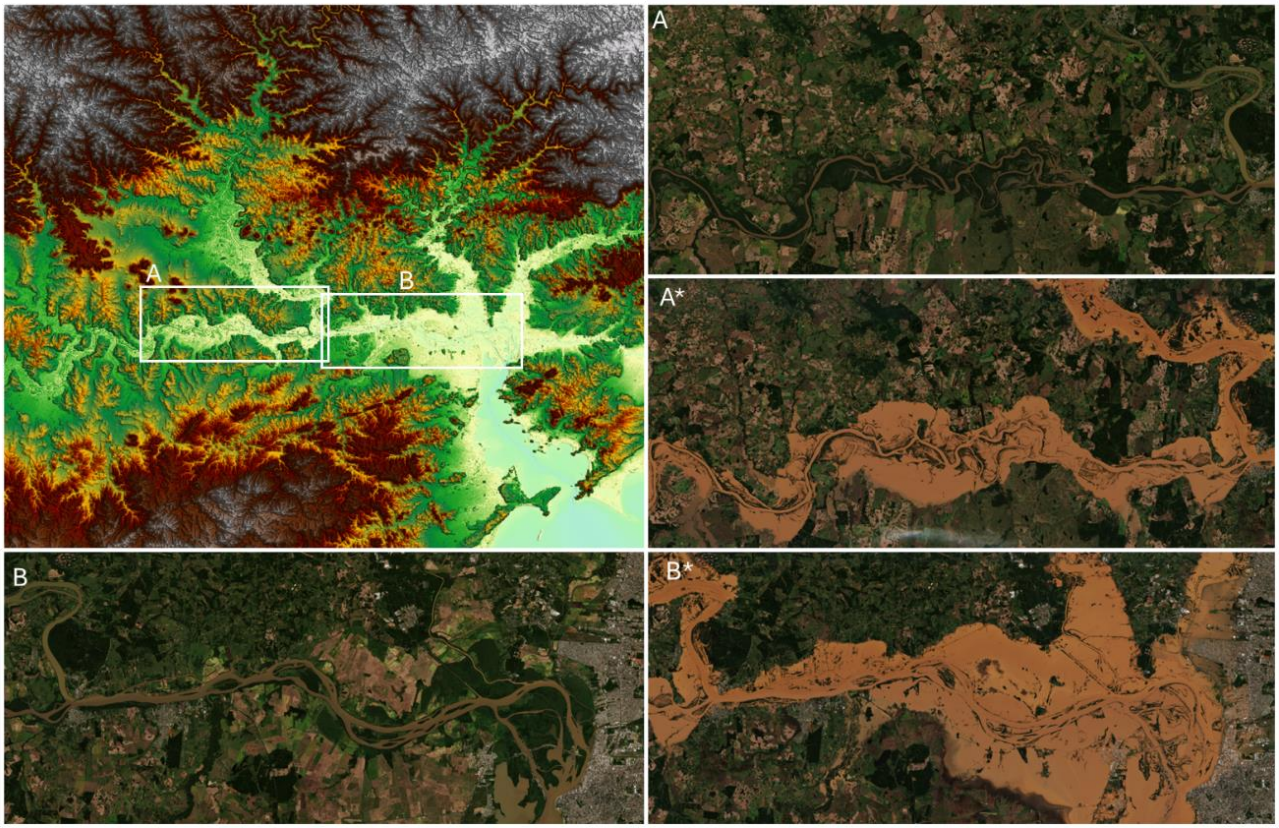


Figura 2 – Áreas de influência das planícies de inundação ao longo do rio Jacuí até sua confluência com o rio Guaíba. *Imagens Sentinel obtidas para o dia 06 de maio de 2024, próximo ao pico da cheia no RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados neste estudo. A seção está organizada entre a preparação e concepção do modelo, bem como a explicação de como o modelo foi configurado para representar o cenário atual. Por fim, são apresentadas as estratégias adotadas para representar o cenário hipotético com restrição das várzeas.

Hipóteses testadas

Este estudo testa a seguinte hipótese principal: as várzeas existentes ao longo do trecho inferior do rio Jacuí atuaram na atenuação da cheia de maio de 2024. Embora essa cheia tenha causado danos significativos, os cenários teriam sido ainda mais severos na ausência dessas áreas de várzea.

Cenário Atual

Neste cenário, a modelagem hidrodinâmica é utilizada para simular a cheia de 2024 tal como ocorreu, sem quaisquer modificações nas áreas de várzea. As interações naturais entre o rio e suas várzeas são representadas, com o objetivo de calibrar o modelo para reproduzir os níveis observados ao longo do evento.

Cenário Hipotético: Restrição das Várzeas

Neste cenário, as várzeas são completamente excluídas da simulação, restringindo o escoamento ao leito principal do rio. Isso permite avaliar o impacto da ausência das áreas de várzea na propagação da cheia, testando a hipótese de que essas regiões desempenham um papel crucial na hidrodinâmica local.

Concepção do Modelo Hidrodinâmico HEC-RAS

O modelo utilizado para a simulação hidrodinâmica foi o HEC-RAS (USACE, n.d). O domínio da simulação compreendeu a porção montante do Guaíba, iniciando no Jacuí, passando pela Lagoa dos Patos até a foz em Rio Grande, onde foi aplicada a condição de contorno a jusante. O modelo 1D incorporou as vazões dos rios Taquari, Caí, Sinos e Gravataí, além dos efeitos de represamento causados por ventos de sul. Apesar da presença de áreas lacustres e planícies de inundação no sistema Guaíba–Lagoa dos Patos, o comportamento observado durante a cheia de maio de 2024 foi tipicamente fluvial, com escoamento rápido e direcionado. Dados de Andrade et al. (2024), coletados próximos ao centro de Porto Alegre, registraram velocidades de até 4 m/s, confirmando esse padrão. Diante disso, adotou-se o modelo hidrodinâmico 1D por sua capacidade de representar adequadamente a dinâmica principal do escoamento. A condição de contorno foi estabelecida próximo à saída para o oceano, o que permitiu a dissipação de possíveis erros de simplificação antes de alcançarem a área de interesse. Assim, a abordagem 1D demonstrou-se apropriada para a previsão operacional dos níveis d'água durante o evento. Além disso, esse modelo foi utilizado para realizar as previsões operacionais de níveis no Guaíba desenvolvidas pelos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ao longo da cheia da cheia de 2024. As previsões estão disponíveis e podem ser acessadas em: https://www.ufrgs.br/iph/noticias/.

O período de simulação abrangeu diversos dias anteriores ao evento, com o objetivo de garantir a estabilidade numérica do modelo hidrodinâmico, iniciando-se em setembro de 2023. A simulação foi definida para ser executada até o final de julho, quando os níveis do rio Guaíba já se encontravam estabilizados e o evento de cheia praticamente encerrado.

O cenário hipotético foi projetado para avaliar o impacto da ausência das planícies de inundação do rio Jacuí na dinâmica das cheias. Para isso, o modelo HEC-RAS foi ajustado para simular uma situação em que as planícies de inundação são completamente excluídas do processo hidrodinâmico. Especificamente, diques de contenção hipotéticos foram criados para barrar o escoamento do rio Jacuí em direção às suas planícies de inundação. Os diques (*levees*) foram configurados com uma altura de 100 metros, um valor irrealista, para garantir que o fluxo do rio fosse totalmente restringido e para facilitar a análise das condições extremas. Esse bloqueio foi aplicado em um trecho específico de aproximadamente 150 km do rio Jacuí, que vai desde o município de Rio Pardo (condição de contorno de montante) até a sua confluência com o delta do Jacuí, região onde o rio se encontra com o Guaíba. Com os diques configurados, o modelo do cenário hipotético foi executado com as mesmas condições de contorno do cenário atual.

RESULTADOS

Para comparação dos resultados foram utilizadas duas estações de monitoramento fluviométrico do Guaíba, a estação Cais Mauá C6 (obtida através do portal hidro-telemetria fornecido pela Agência Nacional de Águas - ANA) e uma estação experimental localizada no mesmo local onde a estação Cais Mauá C6 estava instalada no início da cheia (https://www.tidesatglobal.com/, acessado em setembro de 2024). Por conta da rápida elevação do Guaíba, a estação Cais Mauá C6 teve que ser reinstalada em um ponto 2 km a jusante do ponto original (Germano et al., 2024). Essa realocação da régua gerou incerteza nas medições a partir das recessões da cheia, após o dia 6 de maio, devido ao referencial altimétrico. Por esse motivo, para garantir uma representação correta da inundação nesse local, em termos referenciais, a simulação foi comparada também com os dados da estação experimental TideSat – SPH4.

De modo geral, os níveis d'água simulados pelo modelo 1D mostraram uma boa concordância com as cotas observadas na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), evidenciando a capacidade do modelo de capturar as principais características do evento (Figura 3). Embora modelos 1D sejam considerados menos robustos na representação detalhada de inundações em grandes planícies, os resultados aqui apresentados demonstram que o modelo conseguiu representar de maneira adequada os dois picos da cheia, ocorridos nos dias 5 e 14 de maio de 2024. Esses picos foram bem representados em termos de timing e magnitude.

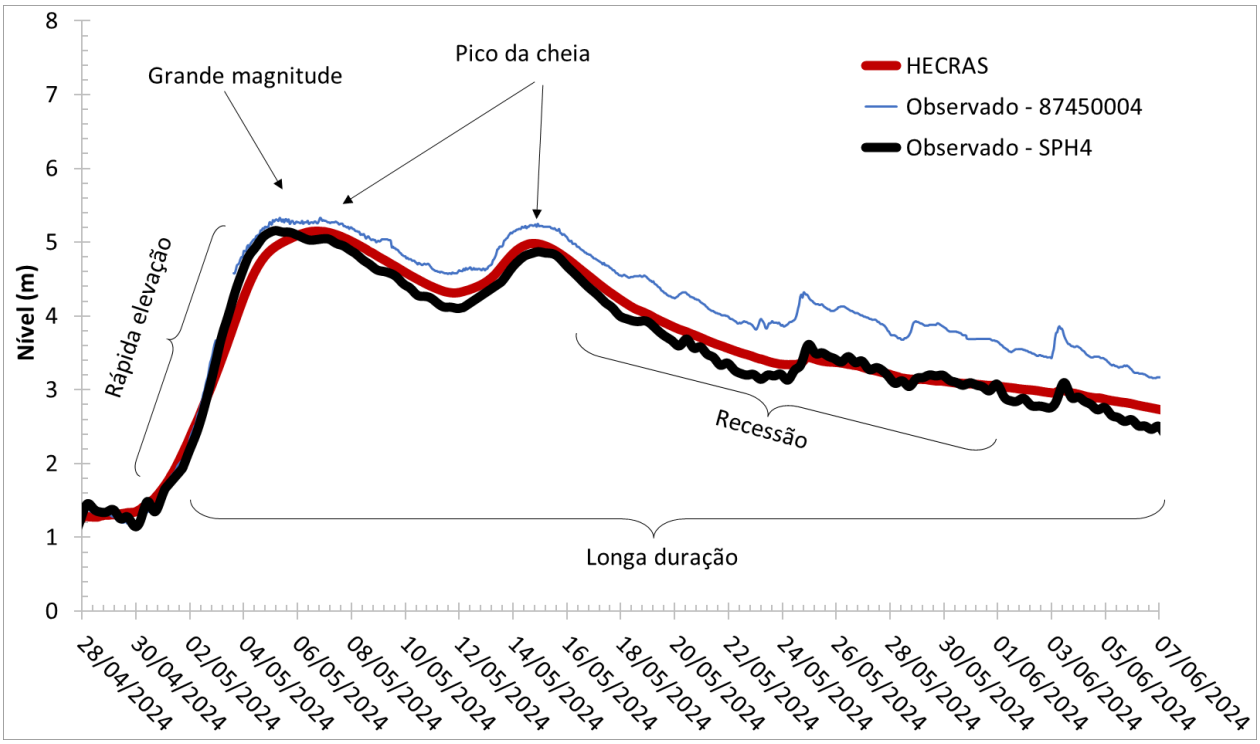


Figura 3 – Cotagrama simulado e observado na região proxima a Porto Alegre. Em Preto são as cotas observadas na estação SPH4 (ref), em azul claro é apresentada as cotas observadas na estação 87450004 Gasometro; Em Vermelho são apresentadas as cotas simuladas pelo modelo HEC-RAS considerando o cenário com efeito de planícies.

A simulação do cenário hipotético, desconsiderando o efeito das planícies de inundação, trouxe insights importantes sobre o papel dessas áreas na modulação das cheias. Conforme mostrado na Figura 4, a ausência das planícies resultou em taxas de subida dos níveis significativamente mais elevadas na RMPA, indicando que a cheia atingiria níveis críticos de inundação em um período mais

curto. Isso sugere que, sem as planícies para absorver e retardar o escoamento, a água escoaria diretamente pelo canal principal, acelerando a chegada da cheia aos seus patamares máximos.

No cenário hipotético, o pico da cheia foi agravado substancialmente. Enquanto no cenário real o nível da água alcançou aproximadamente 5 metros no dia 5 de maio, a simulação sem a influência das planícies mostra que esse valor teria atingido cerca de 7 metros no dia anterior. Esse aumento não só representa uma elevação mais rápida do nível da água, como também indica uma cheia mais intensa e perigosa, com maiores potenciais de danos. Da mesma forma, o repique observado no dia 14 de maio seria intensificado, alcançando cerca de 6 metros, em comparação com os valores observados no cenário atual.

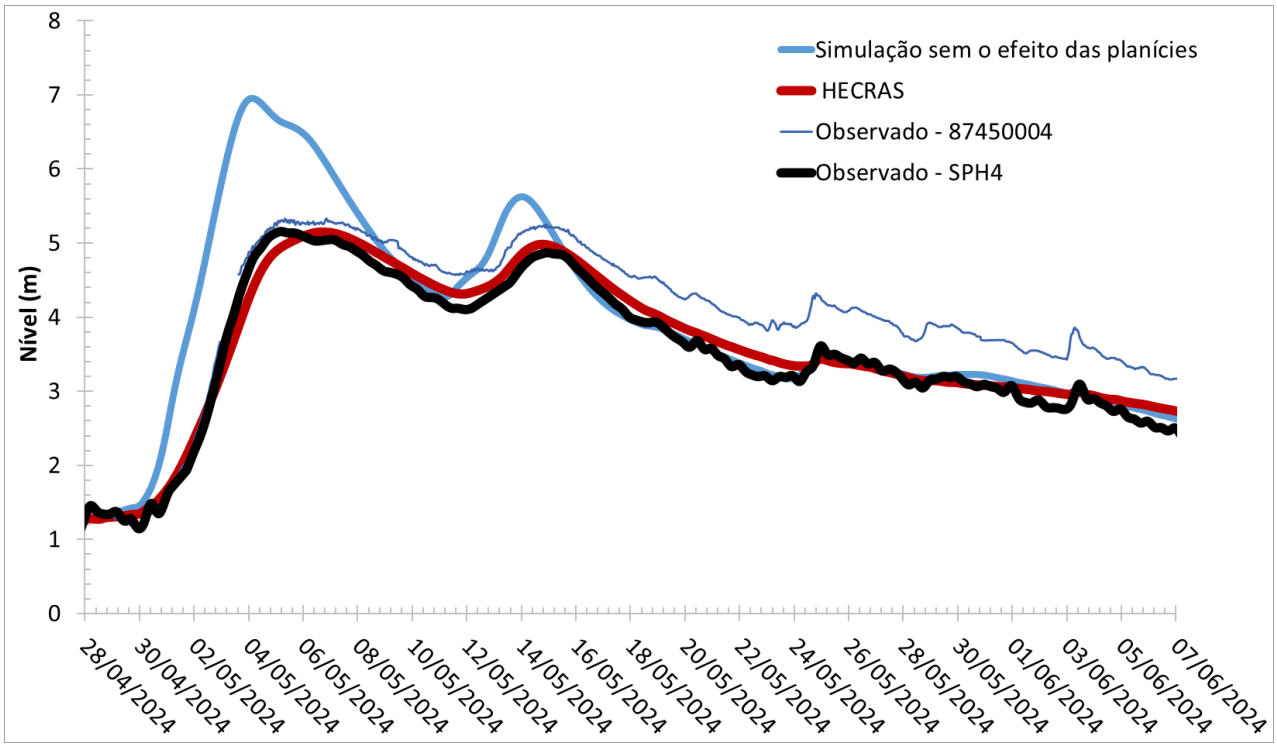


Figura 4 – Cotagrama simulado e observado na região proxima a Porto Alegre. Em Preto são as cotas observadas na estação SPH4 (ref), em azul claro é apresentada as cotas observadas na estação 87450004 Gasometro; Em Vermelho são apresentadas as cotas simuladas pelo modelo HEC-RAS considerando o cenário com efeito de planícies; e em azul escuro são apresentadas as simulações sem efeito das planícies de inundação.

DISCUSSÃO

Esses resultados evidenciam de forma clara a importância das planícies de inundação do baixo Jacuí na atenuação dos picos e na redução da intensidade das cheias na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). As planícies atuam como áreas de armazenamento temporário de grandes volumes de água, permitindo que o escoamento seja liberado de forma mais lenta e gradual. Esse efeito de amortecimento reduz os níveis máximos das cheias e retarda a chegada dos picos de inundação, desempenhando um papel crucial na prevenção de inundações mais severas.

Os resultados reforçam a relevância de manter essas áreas de planície como uma solução para o controle de cheias. Além disso, a intervenção descontrolada no leito do rio, como a dragagem excessiva, pode comprometer essa função natural. Caso o leito do rio seja dragado, ou sejam construídos diques ao longo do trecho, a ponto do rio se desconectar das planícies, a água que hoje é armazenada por essas áreas seria propagada rapidamente para jusante.

Portanto, intervenções como diques e dragagens devem ser cuidadosamente planejadas, uma vez que a eliminação da conectividade entre o rio e suas planícies pode agravar os eventos de cheia e aumentar os riscos de inundações. Os resultados sugerem que manter a integridade dessas planícies de inundação e a conexão com o leito do rio é essencial para atenuar eventos extremos nessa região.

CONCLUSÕES

A cheia extrema de 2024 na bacia do rio Guaíba trouxe questões importantes sobre a interação entre os rios e suas planícies de inundação, destacando a necessidade de entender os processos hidrodinâmicos do evento. Este estudo foi conduzido com o objetivo de testar a hipótese de que as grandes planícies de inundação do rio Jacuí desempenharam um papel central na atenuação da cheia. A modelagem hidrodinâmica permitiu avaliar o impacto das planícies em dois cenários distintos: um cenário atual, que considerou as interações naturais entre o rio e suas áreas adjacentes de inundação, e um cenário hipotético, que restringiu o escoamento apenas ao leito principal do rio

Os resultados obtidos para o cenário atual indicaram que o modelo representou bem os principais componentes da cheia, capturando os picos, as taxas de subida e descida, bem como a longa duração e magnitude do evento. No cenário hipotético, desconsiderando o efeito das planícies, verificou-se uma aceleração na subida dos níveis e uma intensificação dos picos de cheia, confirmando a hipótese inicial de que as planícies de inundação atuaram como "heroínas anônimas" atenuando o pico da cheia na RMPA.

Esses resultados reforçam a importância da conservação dessas áreas naturais, além de sugerirem que intervenções como a dragagem e diques podem agravar futuros eventos de inundação. Por esse motivo, concluímos que as várzeas foram “heroínas anônimas” na defesa contra inundações para as cidades de Porto Alegre, Canoas, Guaíba e outras cidades da região RMPA. Caso houvesse intervenções que desconectassem as várzeas do leito principal do rio, provavelmente os cenários observados na cheia de 2024 seriam piores. Esse fato ressalta a importância de preservar essas áreas e mantê-las para que quando necessário serem submersas por cheias extremas.

REFERÊNCIAS

Andrade, M. M., Piazera, M., da Luz, R., Nunes, J. C. R., Scottá, F., & Silva, T. (2024). Flow measurements with ADCP on the Guaíba River, during the highest water level recorded in history-May 2024 (floods in the State of Rio Grande do Sul, Brazil). *Revista Brasileira de Recursos Hidricos*, *29*. https://doi.org/10.1590/2318-0331.292420240052

Brêda, J. P. L. F., Cauduro Dias de Paiva, R., Siqueira, V. A., & Collischonn, W. (2023). Assessing climate change impact on flood discharge in South America and the influence of its main drivers. *Journal of Hydrology*, *619*. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129284

Brêda, J. P. L. F., de Paiva, R. C. D., Collischon, W., Bravo, J. M., Siqueira, V. A., & Steinke, E. B. (2020). Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. *Climatic Change*, *159*(4), 503–522. https://doi.org/10.1007/s10584-020-02667-9

Castellarin, A., Di Baldassarre, ; G, Bates, ; P D, & Brath, A. (2009). Optimal Cross-Sectional Spacing in Preissmann Scheme 1D Hydrodynamic Models. *Journal of Hydraulic Engineering*, *135*, 96–105. https://doi.org/10.1061/ASCE0733-94292009135:296

Chagas, V. B. P., Chaffe, P. L. B., & Blöschl, G. (2022). Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. *Nature Communications*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x

Collischonn, W., Fan, F., Possantti, I., Dornelles, F., Paiva, R., Sampaio. Matheus, Michel, G., Corrêa, M. F. F., Moraes, S., Marcuzzo, F., Michel, R., Beskow, T., Beskow, S., Fernandes, E., Laipelt, L., Ruhoff, A., Kobiyama, M., Collares, G., Buffon, F., … Allasia, D. (2025). *The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in southern Brazil*. https://mc04.manuscriptcentral.com/rbrh-scielo

Collischonn, W., Ruhoff, A., Cabeleira Filho, R., Paiva, R., Fan, F., Possa, T., & Pickbrenner, K. (2024). *Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de 1941 na bacia hidrográfica do Guaíba*.

Fan, F. M., Fleischmann, A. S., Siqueira, V. A., Nectoux, M., Giacomelli, L., & Collischonn, W. (2019). Development of a Flood Forecasting System for the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Geophysical Research Abstracts*, *21*, 10547–10547.

Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., & Alsdorf, D. E. (2007). The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*, *45*(2). https://doi.org/10.1029/2005RG000183

Fleischmann, A., Collischonn, W., Paiva, R., & Tucci, C. E. (2019). Modeling the role of reservoirs versus floodplains on large-scale river hydrodynamics. *Natural Hazards*, *99*(2), 1075–1104. https://doi.org/10.1007/s11069-019-03797-9

GERMANO, A. de O., LAMBERTY, D., SILVA, E. D., BUFFON, F. T., & PEDROLLO, M. C. R. (2024). *Avaliação indireta do nível máximo das águas do delta do Rio Jacuí na região central de Porto Alegre, entre as estações Cais Mauá C6 e Usina do Gasômetro, na grande cheia de maio de 2024*. https://doi.org/https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24911

Guida, R. J., Swanson, T. L., Remo, J. W. F., & Kiss, T. (2015). Strategic floodplain reconnection for the Lower Tisza River, Hungary: Opportunities for flood-height reduction and floodplain-wetland reconnection. *Journal of Hydrology*, *521*, 274–285. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.080

Johnson, K. A., Wing, O. E. J., Bates, P. D., Fargione, J., Kroeger, T., Larson, W. D., Sampson, C. C., & Smith, A. M. (2020). A benefit–cost analysis of floodplain land acquisition for US flood damage reduction. *Nature Sustainability*, *3*(1), 56–62. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0437-5

Klijn, F., Asselman, N., & Wagenaar, D. (2018). Room for rivers: Risk reduction by enhancing the flood conveyance capacity of The Netherlands' large rivers. *Geosciences (Switzerland)*, *8*(6). https://doi.org/10.3390/geosciences8060224

Knox, R. L., Wohl, E. E., & Morrison, R. R. (2022). Levees don't protect, they disconnect: A critical review of how artificial levees impact floodplain functions. In *Science of the Total Environment* (Vol. 837). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155773

Laipelt, L., Fan, F. M., Paiva, R. C. D. D., Sampaio, M., Collischonn, W., & Ruhoff, A. (2025). Mechanisms and scenarios of the unprecedent flooding event in South Brazil 2024. *EGUsphere*, *2025*, 1-25.

Lopes, V. A. R., Fan, F. M., Pontes, P. R. M., Siqueira, V. A., Collischonn, W., & Motta Marques, D. da. (2018). A first integrated modelling of a river-lagoon large-scale hydrological system for forecasting purposes. *Journal of Hydrology*, *565*, 177–196. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.08.011

Moraes, S. R., Collischonn, W., Turco, F., Rafael, B., Eckhardt, R., & Alegre, P. (2024). *Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023*. www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6.

Pinter, N. (2005). One Step Forward, Two Steps Back on U.S. Floodplains. *Science*. https://doi.org/10.1126/science.1

Possa, T. M., Collischonn, W., Jardim, P. F., & Fan, F. M. (2022). Hydrological-hydrodynamic simulation and analysis of the possible influence of the wind in the extraordinary flood of 1941 in Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hidricos*, *27*. https://doi.org/10.1590/2318-0331.272220220028

Remo, J. W. F., Carlson, M., & Pinter, N. (2012). Hydraulic and flood-loss modeling of levee, floodplain, and river management strategies, Middle Mississippi River, USA. *Natural Hazards*, *61*(2), 551–575. https://doi.org/10.1007/s11069-011-9938-x

Remo, J. W. F., & Pinter, N. (2007). Retro-modeling the Middle Mississippi River. *Journal of Hydrology*, *337*(3–4), 421–435. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.008

Tiecher, T., Ramon, R., de Andrade, L. C., Camargo, F. A. O., Evrard, O., Minella, J. P. G., Laceby, J. P., Bortoluzzi, E. C., Merten, G. H., Rheinheimer, D. S., Walling, D. E., & Barros, C. A. P. (2022). Tributary contributions to sediment deposited in the Jacuí Delta, Southern Brazil. *Journal of Great Lakes Research*, *48*(3), 669–685. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jglr.2022.02.006

USACE. (n.d.). *HEC-RAS User's Manual*. www.hec.usace.army.mil/confluence/display/RASUM/

Wohl, E. (2021). An Integrative Conceptualization of Floodplain Storage. *Reviews of Geophysics*, *59*(2), e2020RG000724. https://doi.org/10.1029/2020RG000724