

VAZÕES EXCEPCIONAIS DAS GRANDES CHEIAS DE 1941, 2023 E 2024 NO RIO GRANDE DO SUL

Stefany G Lima¹; Vinícius Kuchinski² & Rodrigo C D Paiva³

Palavras-Chave – Inundações, Recordes Globais, Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

As inundações representam um dos maiores riscos naturais, especialmente em termos de destruição e impactos significativos para a sociedade e a economia. Além disso, evidências sugerem que esses eventos estão ocorrendo com uma frequência cada vez maior do que no passado (Hersch, 2002).

Três eventos de cheias excepcionais deixaram marcas na história do estado do Rio Grande do Sul. Em 1941, entre os meses de abril e maio, ocorreu uma inundação devastadora na bacia do Guaíba, com cerca de 700 milímetros em 15 dias (Collischonn, et al., 2024), afetando especialmente a cidade metropolitana Porto Alegre, onde aproximadamente 26% da população da época ficou desabrigada (Silveira, 2020).

Oito décadas após o desastre de 1941, em setembro de 2023, fortes chuvas atingiram a região norte do estado, causando inundações significativas na bacia do rio Taquari-Antas. Onde, mais de 40 pessoas perderam a vida, diversas permanecem desaparecidas e milhares foram afetadas, resultando em sérias perdas humanas, econômicas e ambientais.

Dois meses depois, em novembro de 2023, outra cheia assolou o estado, impactando cerca de 700 mil pessoas. A cidade de Lajeado, por exemplo, enfrentou suas duas piores enchentes em 150 anos (Moraes et al., 2024), e o rio Guaíba ultrapassou sua cota de inundação pela primeira vez desde a cheia de 1941. Chuvas intensas provocaram também deslizamentos e novamente foi evidenciado perdas humanas, econômicas e ambientais.

A inundação mais recente, que ocorreu em maio de 2024, atingiu cerca de 96% dos municípios gaúchos, consolidando-se como o maior desastre climático da história do estado. Com início em 29 de abril, as chuvas intensas atingiram primeiramente a região dos Vales, seguido pelo Vale do Taquari, região metropolitana de Porto Alegre e Sul do estado. Análises de medições apontam que a precipitação que desencadeou a cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa do que a chuva responsável pela inundação de 1941 em Porto Alegre. A bacia hidrográfica do Guaíba teve uma precipitação acumulada acima de 800 milímetros em apenas 15 dias (Collischonn, et al., 2024), resultando em uma cheia que apresentou volume igual ou superior ao volume registrado em 1941. Com aproximadamente 2,3 milhões de pessoas impactadas e mais de 170 registros de óbitos e desaparecimentos, esta catástrofe se configura como um dos momentos mais desafiadores já enfrentados pelo estado do Rio Grande do Sul.

Diante dos impactos significativos causados por essas cheias, este estudo se propôs a apresentar uma comparação da magnitude das vazões, ao longo dos períodos em que ocorreram as cheias de 1941, 2023 e 2024 no estado do Rio Grande do Sul, comparando-os com recordes globais, buscando compreender a excepcionalidade dessas ocorrências no contexto global.

METODOLOGIA

A região de estudo compreende o estado do Rio Grande do Sul, que ocupa uma área de 281.730 km², representando cerca de 3% do território nacional. O estado é dividido em três grandes regiões hidrográficas: a região do Uruguai, que coincide com a bacia do rio Uruguai (Figura 1, em

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), stefglima@gmail.com

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), kuchinski@outlook.com

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), rodrigo.paiva@ufrgs.br

amarelo); a região do Guaíba (Figura 1, em verde), que tem como seu curso d'água principal o rio Jacuí; e a região Litorânea (Figura 1, em bege), inserida na bacia hidrográfica nacional do Atlântico – Trecho Sudeste (SEPLAG/RS, 2020).

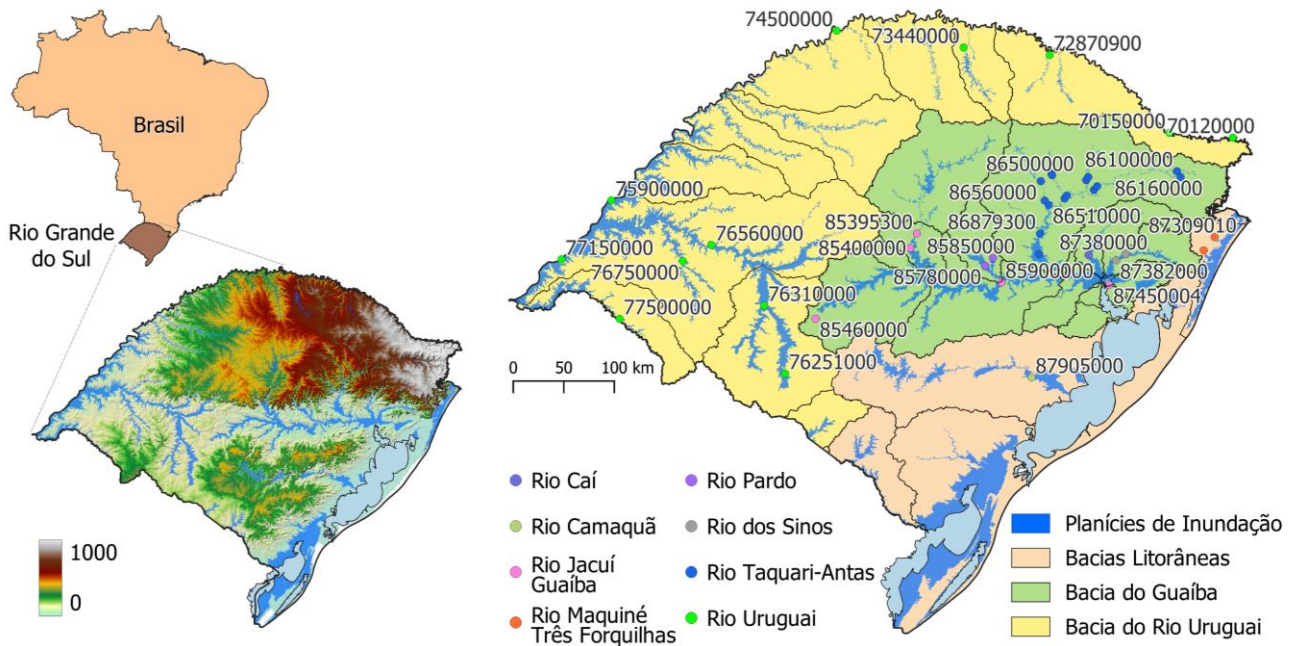


Figura 1. Localização da área de estudo, identificando relevo e planícies de inundação da região (FARR et al., 2007 e NARDI et al., 2019, respectivamente), além das principais bacias hidrográficas: do Uruguai, do Guaíba e da faixa Litorânea. Nas representações maiores da região estão identificados os 41 postos fluviométricos que foram utilizados, seus rios e suas bacias. Fonte: Autores, 2024.

Para a análise das vazões das cheias ocorridas em maio de 1941, setembro e novembro de 2023, e maio de 2024 no Rio Grande do Sul, foram utilizados dados observados de vazão fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) através dos portais Hidroweb e Hidro-Telemetria. Nesse estudo foram considerados 41 postos fluviométricos, distribuídos conforme a Figura 1.

Além disso, foram consultadas notas técnicas emitidas por órgãos federais, estaduais e municipais, bem como informações obtidas em reuniões de salas de crise realizadas pela ANA durante a ocorrência da cheia de maio de 2024. Esses dados foram comparados com envoltórias de vazões extremas mundiais da clássica expressão de Creager et al., 1945. Essa expressão se trata de uma equação empírica desenvolvida para analisar a relação existente entre a área de drenagem e a vazão específica. Para isso, foram utilizadas cheias consideradas excepcionais em rios dos Estados Unidos e de alguns outros países. A equação de Creager é parametrizada pelo coeficiente (C), que pode variar na faixa de 30 a 100. Nesse trabalho, foram utilizadas as curvas correspondentes a 60 e 100.

$$q = 46CA_d^{(0.894 A_d^{-0.048} - 1)} \quad (1)$$

Onde:

q : vazão por unidade de área ($m^3/s/km^2$);

A_d : área de drenagem (km^2);

C : coeficiente de Creager (valores na faixa de 30 a 100).

Ainda, os dados observados tiveram sua magnitude comparada às vazões máximas já registradas em séries temporais hidrometeorológicas disponíveis para bacias hidrográficas nacionais e globais. Foram utilizadas duas bases de dados distintas: CAMELS-BR (Chagas et al., 2020) e Caravan (Kratzert et al., 2023). Os dados do CAMELS-BR fornecem séries temporais de vazão observadas diariamente para 3679 bacias hidrográficas, enquanto para 897 bacias hidrográficas selecionadas, dados hidrometeorológicos diários e outros 65 atributos (Chagas et al., 2020). O outro conjunto de dados utilizado, o Caravan (Kratzert et al., 2023), compreende diferentes conjuntos de dados diários de vazão e outros atributos hidrológicos, disponíveis para Estados Unidos, América do

Norte, Austrália, Brasil, Chile, Grã-Bretanha e Europa Central, totalizando 6830 bacias, com áreas de drenagem variando de 100 km² a 2000 km², sendo, 376 dessas bacias localizadas no Brasil.

As curvas envoltórias incluídas neste estudo consideram tempos de retorno de 5 e 10.000 anos. Essas curvas foram calculadas com base no estudo de Crespo (1982), que estabeleceu equações de regionalização para estimar a frequência das vazões de cheia para a região do Rio Grande do Sul e parte do estado de Santa Catarina.

RESULTADOS

Na cheia de maio de 1941 (Figura 2a), a estação Cais Mauá C6 (87450004) destacou-se por ser a única a registrar uma vazão específica correspondente a 75% das máximas globais. No evento de setembro de 2023 (Figura 2b), as estações Linha José Júlio (86472000) e UHE 14 de Julho (86470800) também apresentaram vazões específicas equivalentes 75% das máximas globais. A cheia de novembro de 2023 (Figura 2c) mostrou um número ainda maior de estações acima da curva de Creager 60, com destaque novamente para as estações Linha José Júlio (86472000) e UHE 14 de Julho (86470800), na bacia do rio Taquari-Antas, que registraram vazões específicas, respectivamente, de 64% e 69% das máximas globais, e a estação Alto Uruguai (74500000), que registrou vazões específicas acima de 66% das máximas globais.

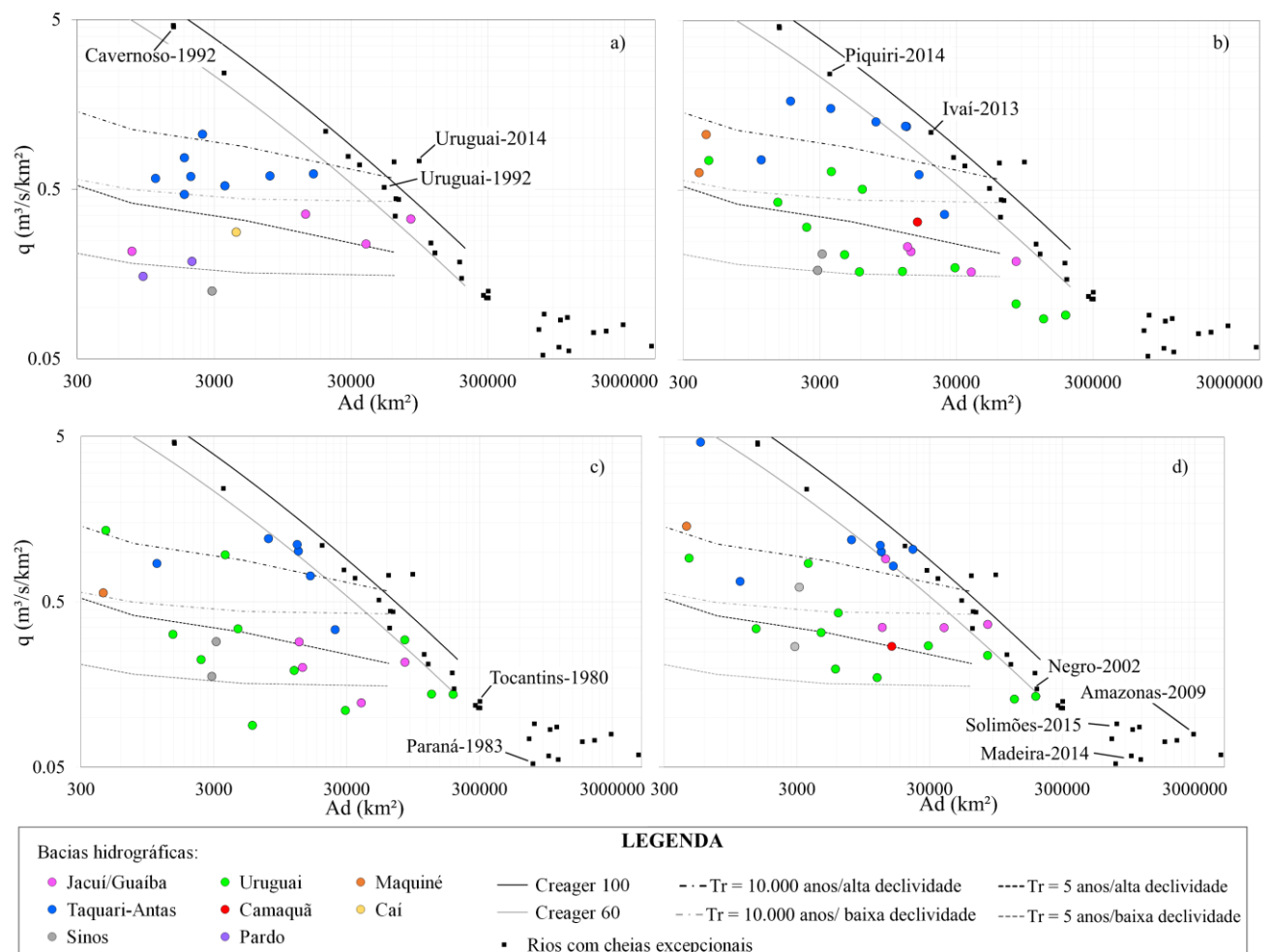


Figura 2. Comparação das vazões máximas por unidade de área (q) de cheias naturais ocorridas no estado do Rio Grande do Sul (círculos coloridos) com vazões naturais extraordinárias (quadrados pretos), recordes globais das curvas de Creager para C60 (linha contínua cinza) e C100 (linha contínua preta) e envoltórias de TR 10.000 anos (linhas pontilhadas pretas) e TR 5 anos (linhas pontilhadas cinza) para diferentes áreas de drenagem (Ad). a) Cheia ocorrida em maio de 1941. b) Cheia ocorrida em setembro de 2023. c) Cheia ocorrida em novembro de 2023. d) Cheia ocorrida em maio de 2024. Fonte: Autores, 2024.

Na cheia de maio de 2024 (Figura 2d), o número de estações que superaram os recordes globais aumentou para seis, igualando ou superando os recordes anteriores vivenciados no estado.

Entre essas estações estão, novamente, as estações Linha José Júlio (86472000) e UHE 14 de Julho (86470800), registrando vazões específicas correspondentes a 64% e 69% das máximas globais, além das estações Muçum (86510000) e Estrela (86879300), localizadas na bacia do rio Taquari-Antas, que registraram, respectivamente, 60% e 95% das máximas globais. Adicionalmente, as estações Cais Mauá C6 (87450004) e Dona Francisca (85400000), situadas nas bacias dos rios Jacuí e Guaíba, mostraram vazões específicas de 83% e 62% das máximas globais, respectivamente.

A bacia do rio Taquari-Antas é caracterizada por escoamentos rápidos e variações bruscas de vazão, devido à sua densa rede de drenagem, altas e médias declividades (2,96 m/km nos vales encaixados e 0,5 m/km na planície de inundação) e solos de baixa profundidade e permeabilidade (Siqueira et al., 2015). Essas características tornam a bacia altamente suscetível a eventos de inundação, com vazões específicas que, em situações de cheias, aproximam-se ou ultrapassam os recordes globais. Por exemplo, no evento ocorrido em maio de 2024, o trecho mais crítico, entre as cidades de Encantado e Bom Retiro do Sul, registrou vazões específicas superiores a 1 m³/s/km², observadas na estação de Estrela (86879300), equivalentes a 95% das máximas globais.

Além disso, os estados do Paraná e de Santa Catarina, que possuem combinações de climas e paisagens semelhantes às do Rio Grande do Sul, vivenciaram eventos históricos excepcionais. Exemplos notáveis incluem as cheias dos rios Cavernoso em 1992, Piquiri em 2014 e Ivaí em 2013 (Figura 2a e Figura 2b) no Paraná, e a cheia de 1992 na bacia do rio Uruguai em Santa Catarina. Esses eventos demonstram que as regiões do sul do Brasil podem apresentar alta susceptibilidade a novas ocorrências de cheias extremas, semelhantes ou superiores às vivenciadas no passado.

CONCLUSÕES

As vazões máximas da cheia de maio de 2024 foram extremamente elevadas, com várias estações atingindo valores comparáveis a recordes globais. As curvas de Creager, que apresentam as envoltórias dos recordes globais para diferentes tamanhos de bacias, indicaram que as bacias dos rios Taquari-Antas, Jacuí e Guaíba alcançaram, respectivamente, 95%, 62% e 83%, dos máximos excepcionais globais.

Além disso, as cheias excepcionais ocorridas no passado na região sul do Brasil indicam a susceptibilidade da região a novos eventos extremos, que podem se igualar ou até superar os eventos históricos. Sendo assim, é de extrema importância que as análises hidrológicas realizadas nessa região considerem avaliações regionais, fundamentais para o planejamento de resposta a emergências.

REFERÊNCIAS

- COLLISCHONN, W., RUHOFF, A., FILHO CABELEIRA, R., PAIVA, R., FAN, F., & POSSA, T. (2024). Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de 1941 na bacia hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/nota-tecnica-chuva-da-cheia-de-2024-foi-mais-volumosa-e-intensa-que-a-da-cheia-de-1941-na-bacia-hidrografica-do-guaiba/>.
- CHAGAS, V. B., CHAFFE, P. L., ADDOR, N., FAN, F. M., FLEISCHMANN, A. S., PAIVA, R. C., & SIQUEIRA, V. A. (2020). CAMELS-BR: hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil. *Earth System Science Data*, 12(3), 2075-2096.
- CREAGER, W. P., J. D. JUSTIN, AND J. HINDS. (1945). *Engineering for Dams*. Vol. 1, General Design. New York: John Wiley.
- FARR, T. G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of geophysics* (Washington, D.C.: 1985), v. 45, n. 2, 2007.
- HERSCHY, R. W. (2002). The world's maximum observed floods. *Flow Measurement and instrumentation*, 13(5-6), 231-235.
- KRATZERT, F., NEARING, G., ADDOR, N. ET AL. CARAVAN - A global community dataset for large-sample hydrology. *Sci Data* 10, 61 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-01975-w>.
- MORAES, S. R, COLLISCHONN, W., BUFFON, F. T., ECKHARDT, R.R. Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6>.
- NARDI, F. et al. GFPLAIN250m, a global high-resolution dataset of Earth's floodplains. *Scientific data*, v. 6, n. 1, p. 1–6, 2019.
- SEPLAG/RS. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO/RS. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em: 06 de julho de 2024.
- SIQUEIRA, V. A., FLEISCHMANN, A. S., COLLISCHONN, W., & FAN, F. M. (2015). Desenvolvimento de um sistema operacional de previsão de cheias na bacia do Taquari-Antas/RS. *Brasília: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- SILVEIRA, A. L. L. (2020). Chuvas e vazões da grande enchente de 1941 em Porto Alegre/RS. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, (35), 69-90.