LIMITAÇÕES DE DADOS HIDROLÓGICOS EM ANÁLISE DE CHEIAS: O CASO DO DESASTRE SOCIOAMBIENTAL NA ZONA DA MATA MINEIRA

Eduarda Trindade Filgueiras[1] Sumáya Karla Faria Neves[2] & Celso Bandeira de Melo Ribeiro[3]

Palavras-Chave – Eventos extremos, dados hidrológicos, monitoramento hidrometeorológico.

INTRODUÇÃO

Eventos extremos de precipitação representam uma preocupação central para o planejamento urbano e a gestão de riscos, podendo desencadear inundações, enxurradas e movimentos de massa em curtos intervalos de tempo (Seneviratne et al., 2021). O sexto Relatório do IPCC reforça que mudanças na frequência e intensidade desses eventos ampliam a exposição de populações e infraestruturas vulneráveis (IPCC, 2022), cenário especialmente crítico no Sudeste do Brasil, onde chuvas intensas no verão provocam inundações severas em áreas de relevo acidentado e elevada impermeabilização do solo (Marengo et al., 2023).

A análise hidrológica desses eventos requer dados em alta resolução temporal, já que chuvas de curta duração geram respostas rápidas em pequenas e médias bacias. Dados diários são insuficientes para caracterizar o escoamento superficial e o tempo de resposta do sistema, tornando necessários registros horários ou sub-horários obtidos por redes automáticas (Zhou et al., 2021; Zheng et al., 2018; Moriasi et al., 2007; Newman et al., 2019).

Na prática, porém, a disponibilidade desses dados ainda é limitada. Embora muitas bacias possuam estações cadastradas em bases oficiais, parte significativa é convencional, apresenta falhas na série, registros vazios ou não opera nos períodos críticos (ANA, 2026). Isso cria uma falsa percepção de cobertura adequada: a rede parece suficiente pelo número de estações, mas se revela insuficiente quando avaliada pela qualidade, continuidade e resolução temporal dos dados (Beven e Freer, 2001; Moriasi et al., 2007).

Diante disso, este trabalho discute as limitações da disponibilidade de dados hidrológicos para eventos extremos, tomando como referência a rede de monitoramento associada à bacia do rio Xopotó, em Minas Gerais. O argumento central é que, para eventos de curta duração, o problema não está na quantidade de estações existentes, mas na quantidade de estações com dados efetivamente úteis, consistentes e temporalmente compatíveis com os processos hidrológicos analisados.

METODOLOGIA

A área de análise compreende a bacia do rio Xopotó, localizada na Zona da Mata mineira, com área aproximada de 1.277,9 km². A região apresenta relevância hidrológica por abranger sistemas fluviais associados a municípios sujeitos a inundações recorrentes, como as áreas urbanas ligadas ao ribeirão Ubá e ao rio Xopotó.

O procedimento metodológico constituiu no levantamento e avaliação da disponibilidade de dados pluviométricos e fluviométricos para o evento extremo de fevereiro de 2026, que provocou um grande desastre socioambiental na cidade de Ubá (MG). Foram consideradas estações pluviométricas e fluviométricas cadastradas na base do HidroWeb (ANA, 2026). A análise considerou como úteis para a avaliação de eventos extremos as estações com dados horários disponíveis, acumulados de chuva

1) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. Email: eduardafilgueiras000@gmail.com
2) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. Email: sumaya.faria@estudante.ufjf.br
3) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. Email: celso.ribeiro@ufjf.br

coerentes em relação as estações próximas e a disponibilidade de dados válidos no período de 31/01/2026 a 01/03/2026. A Figura 1 apresenta o mapa com as estações consideradas neste estudo.

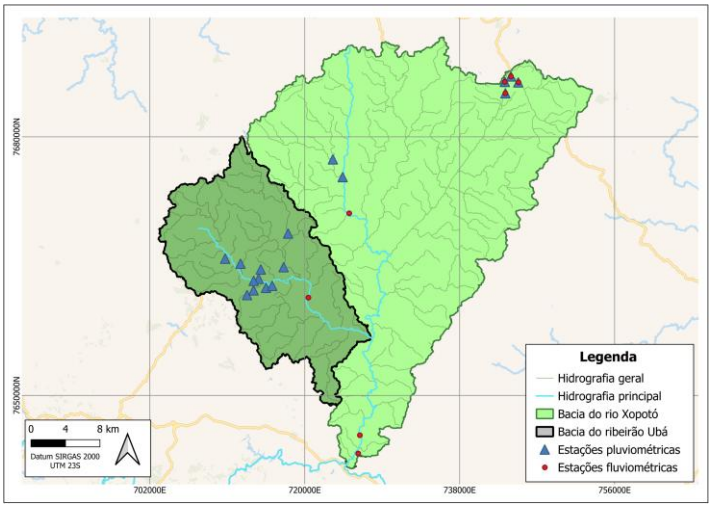


Figura 1. Mapa das estações pluviométricas e fluviométricas avaliadas na bacia do rio Xopotó.

RESULTADOS

Foram identificadas 17 estações pluviométricas na região de estudo, porém a avaliação da disponibilidade real de dados revelou que a maioria não apresentou condições adequadas para caracterizar o evento extremo de 2026 em escala horária. Das estações identificadas, quatro telemétricas cadastradas no HidroWeb não disponibilizaram dados, e outras quatro convencionais mostraram-se inadequadas para análise de chuvas intensas de curta duração.

Entre as estações automáticas do CEMADEN com registros horários, o desempenho foi contrastante. As estações 2142139, 2142140 e 2142144 registraram acumulados de 364,8 mm, 369,7 mm e 400,5 mm entre 31/01/2026 e 01/03/2026, sendo consideradas representativas do evento. Estações vizinhas, porém, registraram acumulados muito inferiores no mesmo período — 55,6 mm (2142137), 119,4 mm (2142138), 109,4 mm (2142142) e 117,4 mm (2142143) —, enquanto as estações 2142141 e 2142136 apresentaram falhas expressivas e registros quase sem precipitação.

Esse resultado evidencia que a existência de estações horárias não garante dados confiáveis: falhas de registro, subestimativas e interrupções de transmissão podem comprometer justamente os momentos de maior interesse hidrológico (Beven e Freer, 2001; Moriasi et al., 2007). Das 17 estações identificadas, apenas três forneceram dados consistentes, resultando em uma densidade útil de aproximadamente uma estação por 426 km² — insuficiente para representar chuvas extremas associadas a células convectivas de forte variabilidade espacial (Zeng et al., 2018; Zhou et al., 2021).

Limitação semelhante foi observada na rede fluviométrica. Das oito estações identificadas, três convencionais (58736100, 58735600 e 58735900) são inadequadas para cheias rápidas, pois não capturam com resolução suficiente a ascensão, o pico e a recessão do hidrograma (Moriasi et al., 2007; Newman et al., 2019). Das cinco telemétricas, apenas duas possuíam algum dado disponível (58736000 e 58737100), sendo que a estação 58737100 não registrou dados para fevereiro de 2026 e as demais (58737050, 58737080 e 58737180) apresentaram séries vazias no período crítico.

Assim, apenas a estação 58736000 forneceu dados úteis para o evento, representando um único ponto fluviométrico para uma bacia de 1.277,86 km². Essa condição restringe severamente a calibração e a validação de modelos hidrológicos, pois diferentes combinações de parâmetros podem reproduzir satisfatoriamente o hidrograma nesse ponto sem representar adequadamente os processos internos da

bacia (Beven e Freer, 2001). A Tabela 1 apresenta a síntese da disponibilidade de dados hidrometeorológicos.

Tabela 1 – Síntese da disponibilidade de dados hidrometeorológicos para o evento extremo de fevereiro de 2026.

Tipo de estação	Total identificado	Estações úteis para o evento	Principal limitação
Pluviométricas	17	3	Dados convencionais, arquivos indisponíveis, falhas ou acumulados incompatíveis.
Fluviométricas	8	1	Estações convencionais, dados vazios ou ausência de dados em fevereiro de 2026.

Para contornar a limitação dos dados observados em estações de monitoramento, os produtos de sensoriamento remoto, como o IMERG/GPM, se apresentam como alternativas viáveis para as estimativas de precipitação com cobertura espacial contínua e resolução temporal adequada a estudos hidrológicos de eventos (NASA, 2026). Contudo, sua aplicação exige cautela: a resolução espacial de aproximadamente 10 km × 10 km pode suavizar núcleos intensos de precipitação e não captar gradientes locais, especialmente em eventos convectivos de curta duração e em bacias de pequeno porte (Zeng et al., 2018; Zhou et al., 2021).

Essa limitação tem implicações diretas para a modelagem chuva-vazão. Quando a precipitação é mal representada espacial ou temporalmente, o hidrograma simulado pode apresentar erros no tempo de pico, na vazão máxima e no volume escoado (Zeng et al., 2018; Zhou et al., 2021). Com apenas um ponto fluviométrico disponível para calibração, aumenta o risco de equifinalidade — situação em que ajustes paramétricos compensam erros nos dados de entrada sem garantir a representação adequada dos processos internos da bacia (Beven e Freer, 2001).

Esses resultados indicam que a disponibilidade de dados hidrológicos em eventos extremos não deve ser avaliada apenas pelo número de estações cadastradas, mas por critérios operacionais: resolução temporal, continuidade da série, disponibilidade para download, consistência dos registros e funcionamento durante o evento crítico. No caso analisado, a rede nominal parecia relativamente ampla, mas a rede efetivamente útil resumiu-se a três estações pluviométricas e uma fluviométrica — número insuficiente para representar com segurança a variabilidade hidrometeorológica de uma bacia de 1.277,86 km².

CONCLUSÕES

Os principais achados, limitações e perspectivas do trabalho são sintetizados a seguir:

- Das 17 estações pluviométricas identificadas, apenas 3 (menos de 18% da rede nominal) forneceram dados horários consistentes para o evento extremo de fevereiro de 2026.
- Das 8 estações fluviométricas, somente 1 telemétrica apresentou dados aproveitáveis, evidenciando a fragilidade operacional da rede regional.
- As principais falhas identificadas foram dados ausentes, séries incompletas, baixa resolução temporal e inconsistências nos registros — fatores críticos em eventos extremos de curta duração.
- O IMERG/GPM, embora útil para suprir lacunas de monitoramento, apresenta resolução espacial insuficiente para captar a variabilidade da precipitação em bacias pequenas ou eventos convectivos localizados.
- A integração de dados orbitais com estações telemétricas representa abordagem promissora para regiões com rede de superfície deficiente, desde que validada para as condições locais.

- Os resultados subsidiam o diagnóstico de lacunas para ampliação de redes e a definição de critérios mínimos de qualidade para uso dos dados em modelagem hidrológica e gestão de riscos.
- Trabalhos futuros devem avaliar o desempenho do IMERG em escala sub-diária para bacias de pequeno porte em Minas Gerais, com foco na calibração e correção de viés frente a dados de superfície.
- Recomenda-se estudo específico sobre os requisitos mínimos de densidade e resolução temporal de redes hidrometeorológicas para suporte à modelagem de cheias na bacia do Xopotó e bacias adjacentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, processo 306188/2024-4, e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil PEC/UFJF pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (2026). HidroWeb: séries históricas. Brasília: ANA. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 2026.

BEVEN, K.; FREER, J. (2001). "Equifinality, data assimilation, and uncertainty estimation in mechanistic modelling of complex environmental systems using the GLUE methodology". Journal of Hydrology, v. 249, p. 11–29.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, 3056 p.

MARENGO, J. A. et al. (2023). "Heavy rainfall associated with floods in southeastern Brazil in November–December 2021". Natural Hazards, v. 116, p. 3617–3644.

MORIASI, D. N. et al. (2007). "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations". Transactions of the ASABE, v. 50, n. 3, p. 885–900.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (2026). Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM – IMERG. Washington, DC: NASA. Disponível em: https://gpm.nasa.gov/data/imerg. Acesso em: 2026.

NEWMAN, A. J. et al. (2019). "On the choice of calibration metrics for 'high-flow' estimation using hydrologic models". Hydrology and Earth System Sciences, v. 23, p. 2601–2614.

SENEVIRATNE, S. I. et al. (2021). "Weather and climate extreme events in a changing climate", in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Org. por Masson-Delmotte, V. et al., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1513–1766.

ZENG, Q. et al. (2018). "Study on the effect of rainfall spatial variability on runoff modelling". Journal of Hydroinformatics, v. 20, p. 577–589.

ZHOU, Z. et al. (2021). "The impact of the spatiotemporal structure of rainfall on flood frequency over a small urban watershed: an approach coupling stochastic storm transposition and hydrologic modeling". Hydrology and Earth System Sciences, v. 25, p. 4701–4717.