

## UTILIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE ALTA DISPONIBILIDADE PARA MONITORAMENTO E PREVISÃO HIDROMETEOROLÓGICA

*Graciane Vivian Pomatti<sup>1</sup>; Lucas Giacomelli<sup>2</sup>; Frederico Rudorff<sup>3</sup> & Fernando Mainardi Fan<sup>4</sup>*

**Palavras-Chave** – Monitoramento Hidrometeorológico, Previsão Hidrológica, Vale do Itajaí

### INTRODUÇÃO

Eventos hidrológicos, tais como cheias e estiagens são processos naturais e comuns a diferentes rios e são essenciais à dinâmica natural do ambiente, podendo influenciar de maneira positiva e negativa as atividades humanas (MACKLIN; LEWIN, 2015). Visando amenizar os efeitos negativos destes eventos, podem ser utilizadas medidas não estruturais, sobretudo Sistemas de Alerta de Cheia (SAC).

O principal objetivo de um SAC é monitorar e prever a possibilidade futura de ocorrência de inundações para que sejam emitidos avisos à Defesa Civil, consumidores de água e população local na região possivelmente afetada (FAN et al., 2016; ALFIERI et al., 2012). Conforme descrito por Krzystofowicz e Davis (1983), os SAC's são compostos pelo monitoramento hidrológico, o qual é realizado principalmente através de estações hidrometeorológicas, pela previsão através de modelos e por meio de um conjunto de profissionais especializados.

De forma conjunta às previsões hidrológicas, destaca-se a importância do acompanhamento em tempo real das condições hidrometeorológicas observadas nos locais de interesse e pontos de montante para acompanhamento da evolução das cheias ou estiagem e aferição da magnitude possivelmente atingida. Além disso, o monitoramento de dados hidrometeorológicos é fundamental na gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas e demais unidades de gestão, além de serem essenciais para realização de estudos hidrológicos para diferentes fins, tais como abastecimento, irrigação, geração de energia, bem como de projetos de pesquisa e demais análises (COLLISCHONN, 2019, GIACOMELLI, 2020; NECTOUX 2021).

Visando procedimentos de calibração e assimilação de dados em modelos hidrológicos, a disponibilidade de dados é crucial, sobretudo para modelos de previsão operacionais (LOPEZ; SEIBERT, 2016). Fan et al. (2014) destacam que os dados de medição de nível dos rios em intervalos iguais ou inferiores a uma hora, bem como as respectivas curvas-chave, permitem a melhor utilização de dados em sistemas de previsão de vazões utilizando modelos hidrológicos, possibilitando melhores ajustes e assertividade nos cenários de previsão.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar as principais diferenças entre estações telemétricas convencionais e estações projetadas para monitoramento e emissão de alertas em eventos extremos. Os resultados destacam a importância do monitoramento eficiente para a mitigação de desastres naturais, servindo de base para futuras expansões da rede e promovendo maior capacidade de adaptação frente aos desafios climáticos.

### METODOLOGIA

Santa Catarina, um dos estados brasileiros mais afetados por desastres naturais, enfrenta frequentes chuvas intensas, inundações, deslizamentos, tempestades severas e estiagens prolongadas, resultando em danos humanos, sociais e econômicos significativos. Entre 1991 e 2019, mais de 5.500 desastres foram registrados, afetando mais de 10 milhões de pessoas e gerando um custo anual de danos

1) Engenheira Hidróloga em MKS Sistemas Automação e Telemetria

2) Engenheiro Hidrólogo e Hidráulico em Fractal Engenharia e Sistemas

3) Gerente de Monitoramento e Alerta da Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (GEMAL)

4) Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

estimado em 1 bilhão de reais. Para enfrentar esses desafios, a Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil (SDC) organiza e planeja projetos de obras estruturantes, atividades de preparação e prevenção de desastres, gestão de riscos, formação e capacitação de agentes, promoção de uma cultura preventiva junto à população e elaboração de planos de contingência e auxílio mútuo.

O Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil (PPDC-SC) está alinhado com o Marco de Sendai (2015-2030) para aumentar a disponibilidade e acesso aos sistemas de alerta e informações de riscos. O Sistema Estadual de Monitoramento e Alerta inclui uma rede de sensores e sistemas de monitoramento, como radares meteorológicos e estações hidrometeorológicas. A SDC coordena a implementação desse sistema, que envolve redes públicas e privadas, e em setembro de 2021, iniciou um projeto para ampliar e operar a rede de monitoramento e alerta no Vale do Itajaí, a região mais afetada por inundações.

O Vale do Itajaí possui características hidrológicas que resultam em rios com rápida resposta hidrológica da bacia a eventos de precipitação intensa. A combinação de fatores climáticos e geográficos faz com que as cheias ocorram rapidamente após períodos de chuvas intensas, aumentando a necessidade de monitoramento eficiente e em tempo real para a gestão de riscos e respostas rápidas a desastres naturais.

A ideia inicial para a criação da rede de monitoramento no Vale do Itajaí foi baseada na necessidade de um sistema robusto e resiliente, capaz de fornecer dados precisos e em tempo real, mesmo em condições adversas. Para isso, foram instaladas estações hidrometeorológicas telemétricas equipadas com sensores digitais como radares para medição de nível, pluviômetros piezelétricos, anemômetros ultrassônicos, entre outros que oferecem maior operacionalidade e facilidade de manutenção. A transmissão de dados foi planejada para ter altíssima disponibilidade, utilizando redundância de comunicação via satélite e 4G/fibra. A infraestrutura das estações foi projetada para ser robusta, incluindo réguas físicas e medições de vazão, com um programa sólido de manutenções preventivas e corretivas.

As estações telemétricas convencionais, as quais são geralmente utilizadas em todo o país, enfrentam várias limitações significativas, especialmente em cenários de eventos climáticos extremos. Elas dependem de infraestrutura de comunicação, como satélites NOAA e transmissão via celular M2M, que podem falhar sob condições adversas, resultando em falhas na coleta e transmissão de dados. Além disso, em áreas remotas com infraestrutura de comunicação fraca, a transmissão de dados pode ser intermitente ou ausente, causando atrasos na recepção de informações críticas. Em condições normais, o atraso na transmissão de dados geralmente é superior a 1 hora, mas em dias de eventos climáticos severos ou clima fechado, as estações podem nem conseguir enviar as informações. As janelas de transmissão programada, que definem intervalos regulares para a coleta e envio de dados, podem resultar em dados desatualizados durante eventos extremos, comprometendo a eficiência do monitoramento e a capacidade de resposta a desastres.

Em contraste a este cenário, as estações de missão crítica utilizam multiplataformas de alta performance para transmissão de dados, incluindo satélites, redes 4G/5G, fibra óptica e rádio, com conexão dupla e simultânea, garantindo a coleta e envio contínuo de informações em tempo real. Essas estações têm uma taxa de atualização a cada 15 segundos, reduzindo significativamente a latência e assegurando que os dados sejam sempre atuais e precisos.

Além disso, estas estações realizam backup de todas as informações localmente, garantindo que, em caso de falha na transmissão em tempo real, os dados sejam armazenados com segurança. Quando a comunicação é restabelecida, os dados são automaticamente restaurados no servidor, assegurando que nenhuma informação crítica seja perdida. Soluções para mitigar os desafios das estações convencionais incluem a implementação de tecnologias de comunicação avançadas de baixa latência, intervalos de transmissão mais frequentes, transmissão em tempo real, e sistemas de backup e

redundância, como armazenamento local de dados e fontes de energia alternativas, garantindo operação contínua e dados sempre atualizados.

## RESULTADOS

O projeto implementado entre 2022 e 2023 envolveu a instalação de 42 pontos de monitoramento, sendo 30 estações para medir o nível do rio e a chuva, 10 estações meteorológicas para medir chuva, vento, temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica, e 2 estações para medir chuva (Figura 1). A telemetria contratada como serviço com sistemas redundantes mostrou-se eficiente, com ótima complementaridade das tecnologias.

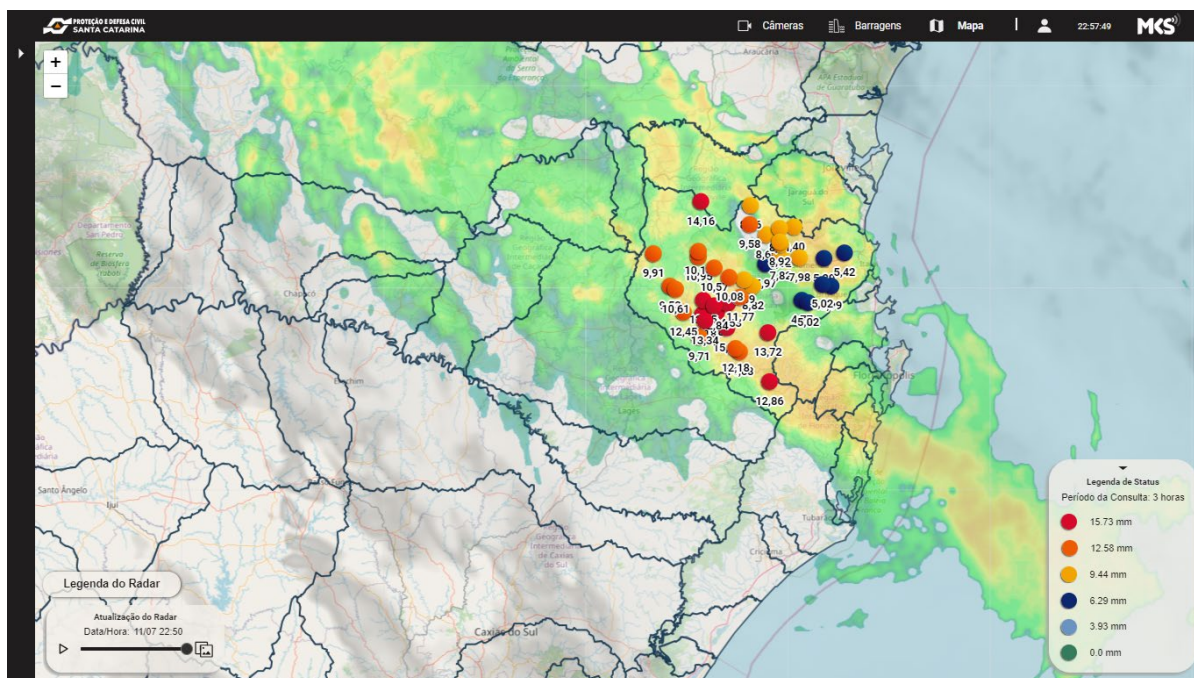


Figura 1 - Supervisório com mapa das estações instaladas para missão crítica na Bacia do Vale do Itajaí.

Durante o evento de cheia de outubro e novembro de 2023, a taxa média de disponibilidade dos dados foi superior à 99%, demonstrando a capacidade da rede de operar em situações críticas com eventos prolongados de alta severidade. A operação contínua das estações é garantida pela redundância de comunicação e um sistema robusto de energia fotovoltaica off-grid. As estações operaram com alta eficiência, permitindo monitoramento contínuo e respostas rápidas em situações críticas. No evento em questão, uma das piores inundações e enxurradas da história da região as estações foram cruciais, permitindo monitoramento em tempo real e a emissão de alertas de curtíssimo prazo, proporcionando maior tempo para ações coordenadas de preparação e socorro.

As estações são equipadas com pelo menos duas formas de comunicação simultâneas, uma conexão via satélite de alta disponibilidade com redundância através de sistema 4G ou Fibra. Mesmo em casos de perda de comunicação, os dados são preservados nas Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) por até 45 dias e transmitidos assim que a comunicação é restabelecida.

Cabe destacar que o monitoramento em tempo real, com atualização dos dados a cada 15 segundos, é essencial para monitorar rios de rápida resposta, bem como acompanhar a chuva observada em tempo real, além de disponibilizar dados atualizados para input em modelos operacionais do Sistema de Previsão de Eventos Hidrológicos Críticos (SPEHC). A análise dos dados em consonância com os resultados dos modelos permite, antecipar cenários de previsão em eventos extremos, subsidiando a tomada de decisões de forma rápida e eficaz, minimizando os impactos dos desastres naturais.

## CONCLUSÕES

A ampliação da rede de monitoramento hidrometeorológico trouxe benefícios significativos, incluindo a alta disponibilidade de dados em tempo real, eficiência na transmissão de informações e capacidade de operar em condições extremas. Esses avanços contribuíram de maneira crucial para a segurança e a resposta rápida durante eventos críticos.

Durante as cheias, os dados em tempo real em conjunto com os modelos hidrológicos permitiram a emissão de alertas antecipados, proporcionando um tempo valioso para ações coordenadas de preparação e resposta. A Defesa Civil pôde remover pessoas de áreas de risco, deslocar forças de segurança para os municípios mais críticos e realizar ações de socorro com maior agilidade e eficiência. Esse evento serviu como um teste de estresse para a rede, confirmando sua capacidade de operar sob condições severas e fornecendo lições importantes para futuras melhorias e expansões.

Investir em uma rede de monitoramento robusta e eficiente é crucial para proteger vidas, infraestrutura e a economia local. A experiência adquirida com a implementação no Vale do Itajaí serve como base para a expansão da rede para outras regiões, promovendo uma maior resiliência frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

A implementação da rede de monitoramento aprimorou significativamente os modelos hidrológicos do SPEHC. A coleta de dados em tempo real, com atualização a cada 15 segundos, possibilita uma modelagem mais precisa e uma previsão mais rápida e eficaz de eventos hidrológicos. Com dados constantemente atualizados, é possível ajustar os modelos de previsão com maior acuracidade, permitindo uma resposta mais adequada e tempestiva aos eventos adversos.

Ao investir na expansão e fortalecimento da rede de monitoramento e alerta, Santa Catarina estará construindo uma sociedade mais preparada para os desafios climáticos.

## REFERÊNCIAS

- ALFIERI, L.; SALAMON, P.; PAPPENBERGER, F.; WETTERHALL, F.; THIELEN, J. Operational early warning systems for water-related hazards in Europe. *Environmental Science & Policy*, v. 21, p. 35-49, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.008>.
- COLLISCHONN, Walter et al. Previsão de cheias e produção de avisos no Estado do Rio Grande do Sul através da Sala de Situação SEMA/RS e Modelo MGB. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (23.: Foz do Iguaçu, 2019)*. Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRH, 2019, 2019.
- EM-DAT. EM-DAT: The International Disaster Database. (2024). Disponível em: <https://public.emdat.be/data>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- FAN, Fernando Mainardi et al. Sobre o uso da persistência de previsões determinísticas de vazão para a tomada de decisão. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 2, p. 218-228, 2016.
- FAN, F. M.; COLLISCHONN, W.; MELLER, A. BOTELHO, L. C. M. (2014). Ensemble streamflow forecasting experiments in a tropical basin: The São Francisco river case study. *Journal of Hydrology*, 519(D), pp. 2906–2919
- GIACOMELLI, Lucas Verino Zanella et al. Cheias históricas ocorridas no Rio Grande do Sul em julho de 2020. *Encontro Nacional de Desastres (2.: 2020: Porto Alegre, RS, etc.)*. [Anais]. [Porto Alegre: ABRHidro, 2021], 2021.
- KRZYSZTOFOWICZ, Roman; DAVIS, Donald R. Category-unit loss functions for flood forecast-response system evaluation. *Water resources research*, v. 19, n. 6, p. 1476-1480, 1983.
- LOPEZ, Marc Girons; SEIBERT, Jan. Influence of hydro-meteorological data spatial aggregation on streamflow modelling. *Journal of Hydrology*, v. 541, p. 1212-1220, 2016.
- NECTOUX, Marcela Peixoto. Análise custo benefício das informações provenientes da rede hidrometeorológica nacional: aplicação na cadeia causal da garantia física de PCHs. 2021.