

SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTA PRÉVIO MODULAR

Alexandre Nuernberg¹
Sergio Augusto Bitencourt Petrovcic²

Resumo

Eventos climáticos extremos, como inundações, têm se tornado frequentes, causando impactos socioeconômicos e ambientais significativos. O objetivo deste trabalho é apresentar o planejamento e desenvolvimento de um Sistema de Alerta Prévio (SAP) de baixo custo, de código aberto e modular, com foco inicial no monitoramento de inundações em áreas urbanas e capacidade de adaptação para a medição de outras variáveis úteis em análises de risco para a população como a medição da temperatura da superfície de rios para o controle da doença de Haff. A metodologia inclui a pesquisa de tecnologias de baixo consumo de energia, como microcontroladores com suporte a modo de hibernação, sensores ultrassônicos e de Tempo de Voo (TOF), e tecnologias de rádio LoRaWAN para transmissão de longo alcance. O sistema será composto por estações de monitoramento que coletam dados sobre o nível da água e os transmitem para um gateway conectado à internet, que os envia para um banco de dados. Uma interface web permitirá a visualização dos dados e o envio de alertas em tempo real. O projeto visa contribuir para a gestão de riscos de inundações, e eventos críticos, auxiliando na tomada de decisões e na prevenção de perdas. A disponibilização do código aberto permitirá que outros pesquisadores e desenvolvedores contribuam para o aprimoramento da tecnologia e a adaptação a diferentes cenários.

Palavras-chave: inundação; sistema de alerta; LoRaWAN; código aberto; doença de Haff.

¹ Estudante do Programa de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente; Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC); Florianópolis, SC (alexandreberg@gmail.com)

² Professor Doutor do Programa de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente; IFSC; Itajaí, SC (sergio.petrovcic@ifsc.edu.br)

1. INTRODUÇÃO

Eventos climáticos extremos, como inundações, têm se tornado frequentes, impactando a vida de milhões de pessoas e causando prejuízos. A urbanização desordenada agrava o problema, transformando chuvas em catástrofes, com erosão e assoreamento de rios (Silva et al., 2020;).

A gestão de risco busca antecipar-se a esses efeitos, utilizando métodos de identificação, análise e monitoramento para minimizar danos (Salles Júnior et al., 2010). Além disso, podemos enfatizar que ferramentas tecnológicas auxiliam na construção de resiliência diante das mudanças climáticas (Rijal et al., 2024).

Sistemas de Alerta Prévio (SAP) atuam na gestão de riscos para atenuar impactos (Perera et al., 2020). Esses sistemas, com complexidade variável conforme o desenvolvimento do país, são ferramentas importantes para reduzir desigualdades.

Este trabalho visa aprimorar um projeto anterior para a gestão de inundações, otimizando questões relacionadas ao consumo de energia, transmissão e visualização dos dados. O objetivo é transformar os instrumentos existentes em um SAP modular e multifuncional, de código aberto, acessível a todos, para monitoramento de áreas, com foco inicial no controle de inundações, mas permitindo a inclusão de outras variáveis (módulos) relevantes para a pesquisa científica, como por exemplo a medição da temperatura da superfície da água de rios para o controle da doença de Haff.

O projeto se baseia em um sistema de monitoramento de cotas de nível testado no Rio do Peixe, desenvolvido como ferramenta de coleta de dados para um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na UNIARP. O sistema original, composto por três estações de monitoramento (duas com transmissores de rádio de longo alcance (LoRa) e uma com conexão de rádio LoRa e celular operando como gateway), operou por um curto período em 2023, demonstrando o potencial do sensoriamento remoto para a gestão de inundações, apesar de algumas limitações (Santos, 2023).

2. METODOLOGIA

O projeto encontra-se na fase de planejamento, com foco na pesquisa, seleção de tecnologias e estruturação do sistema. O planejamento foi dividido nas seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica: analisar artigos científicos sobre SAPs, soluções microcontroladas para Internet das Coisas (IoT), transmissão de dados via celular e rádio LoRaWAN, e sistemas de baixo consumo de energia para sensoriamento remoto. As fontes de pesquisa incluirão bases de dados como Elsevier, Science Direct, Web of Science e IEEE Xplore, além de revistas científicas, livros e sites especializados.

2. Pesquisa de hardware de baixo consumo: selecionar microcontroladores (MCUs) de ultra baixo consumo de energia com suporte ao modo de hibernação como (MSP 430, STM32L476RG, F103C8T6, nRF52833 e ESP32), sensores ultrassônicos (US-100, HC-SR04, AJ-SR04) e sensor do tipo Tempo de Voo (TOF400C-VL53L1X) para medição sem contato da cota de nível, e tecnologias de rádio LoRaWAN para transmissão de longo alcance. Dois gateways serão construídos e testados independentemente para transmitir os dados dos sensores para a nuvem: um baseado em ESP32 com suporte a rede 4G e WiFi e shield LoRa, e outro baseado em Raspberry Pi IV com shield LoRaWAN e conectividade somente WiFi.

3. Testes de consumo de energia: será utilizada a ferramenta *Power Profiler II* da empresa Nordic Semiconductor (figuras 1 e 2) para analisar o consumo de energia do sistema, otimizar as rotinas de hibernação e sincronização entre as estações de monitoramento, assim embasando a escolha dos hardwares para a o projeto.

4. Criação de critérios de seleção de hardware: após os testes com os hardwares selecionados, será definido um critério de seleção com base na pontuação de funcionalidades como custo, disponibilidade, compatibilidade, consumo de energia, precisão, distância de medição/transmissão.

5. Estruturação do sistema de banco de dados: estruturar o banco de dados MySQL para garantir escalabilidade e compatibilidade com futuros módulos, permitindo a adição de novos sensores para monitoramento de outras variáveis, como temperatura, pressão atmosférica, umidade, níveis de CO₂ e

vazão de rios.

6. Desenvolvimento da interface web: desenvolver a interface web, na linguagem PHP, permitindo a visualização gráfica da cota de nível atual e histórica, além de configurações de *offset*, níveis de alerta, cadastro de alertas e uma rotina para envio automático de alertas em tempo real.

7. Implementação da transmissão celular: implementar a transmissão celular usando a tecnologia NB-IoT ou LTE-M (4G para IoT), visando maior eficiência energética e melhor desempenho para o *gateway* ESP32. A escolha da tecnologia e da operadora de telefonia será baseada principalmente na disponibilidade da tecnologia no local e em questões de custo de assinatura do pacote de dados.

8. Publicação do código aberto e documentação: Serão definidos os repositórios, a licença de uso e as ferramentas de colaboração para disponibilizar gratuitamente os esquemáticos, CADs e códigos do projeto no GitHub. O objetivo é garantir a continuidade do projeto e permitir que outros pesquisadores e desenvolvedores contribuam para o seu aprimoramento e criação de novos módulos.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

O projeto encontra-se no primeiro ano e ainda na fase inicial de levantamento de hardware, dados e pesquisa, logo ainda não existem resultados para serem discutidos. Foi realizada uma revisão bibliográfica prévia principalmente dos tópicos relacionados a SAPs que sejam autônomos, mas que tenham um baixo custo de implantação, bem como artigos relacionados ao uso de sensores para a medição de cota de nível.

Também foram iniciados os testes de consumo de energia (ainda não concluídos) especificamente para os sensores ultrassônicos que deverão ser utilizados no projeto e numa fase posterior virão a ser testados o consumo dos microcontroladores. Parte do hardware já foi adquirido e a partir do final do ano se iniciarão as montagens

A figura 1 mostra a base de testes que foi criada visando facilitar os procedimentos de teste, permitindo a troca rápida tanto dos microcontroladores quanto dos sensores que farão parte do projeto, de forma a facilitar os testes de consumo de energia, com a ferramenta Nordic Power Profiler II. A figura 2 mostra um exemplo de um gráfico de consumo para um sensor ultrassônico HC-SR04.

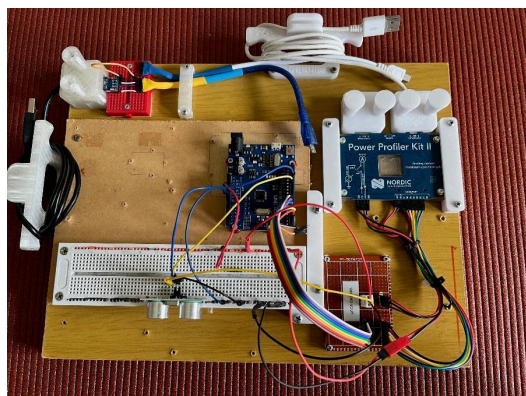


Figura 1 – Base de testes criada



Figura 2 – Exemplo de gráfico de consumo de um sensor HC-SR04

Todos os dados dos testes estão disponíveis para consulta no GitHub.

https://github.com/alexandreberg/PCAM_Performance_Tests

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de implementação de um SAP de baixo custo e código aberto é uma possível solução para reduzir os impactos socioeconômicos e ambientais das inundações, oferecendo à população e às autoridades informações cruciais em tempo real para a tomada de decisões.

Espera-se que a implementação do SAP, prevista para o próximo ano, contribua para:

- **Monitoramento eficiente:** Monitorar as cotas de nível de rios com precisão e em tempo real.

- **Alerta rápido à população:** Emitir alertas oportunos para a população em risco de inundação.
- **Auxílio na tomada de decisões:** Fornecer dados para que as autoridades tomem decisões eficazes em situações de emergência.
- **Prevenção de perdas:** Reduzir as perdas materiais e humanas causadas por inundações.
- **Ampliação da pesquisa:** Servir como ferramenta para pesquisas científicas, com a inclusão de módulos para monitorar outras variáveis ambientais.

A disponibilização do código aberto com todos os esquemas no GitHub é uma forma de permitir a continuidade e aprimoramento do projeto, abrindo espaço para a criação de novas funcionalidades e a adaptação do sistema para diferentes cenários e necessidades, como o controle da doença de Haff.

É importante que mais estudos sejam realizados no intuito de aprofundar a análise dos dados coletados, aprimorar os modelos de previsão e investigar a eficácia do SAP em diferentes cenários de inundação.

A colaboração entre pesquisadores, órgãos governamentais como a defesa civil e comunidades locais também são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento de risco mais eficazes e resilientes, visando à proteção da vida e do patrimônio frente aos desafios crescentes das mudanças climáticas e da ocupação urbana desordenada.

4. REFERÊNCIAS

- SILVA, R. M. da; MOREIRA, V. S.; LOPES, A. B.; ARAÚJO, P. V. do N.; CORTES, A. F. **Proposta metodológica de alta acurácia para delimitação de áreas de inundação urbana: um estudo de caso em Itaqui-RS, Brasil.** *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 263-276, 2020.
- SALLES JR., C. A. C.; SOLER, A. M.; VALLE, J. A. S. do; RABECHINI JR., R. **Gerenciamento de riscos em projetos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
- RIJAL, M.; LUO, P.; MISHRA, B. K.; ZHOU, M.; WANG, X. **Global systematical and comprehensive overview of mountainous flood risk under climate change and human activities.** *Science of the Total Environment*, v. 941, n. May, p. 173672, 2024. Elsevier.
- PERERA, D.; AGNIHOTRI, J.; SEIDOU, O.; DJALANTE, R. **Identifying societal challenges in flood early warning systems.** *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101794, 2020.
- SANTOS, L. A. dos. **Análise da cota do nível do Rio do Peixe no perímetro urbano do município de Caçador/SC.** 2023. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Caçador, 2023. Disponível em: https://acervo.uniarp.edu.br/?tcc_graduacao=analise-da-cota-do-nivel-do-rio-do-peixe-no-perimetro-urbano-do-municipio-de-cacador-sc