

SISTEMA DE MONITORAMENTO E ATUAÇÃO AUTOMÁTICA EM SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS SOB RISCO DE ENCHENTES

Alexandre Francisco Ferreira – 150929
Douglas Rafael Costa – 235721
Gabriel da Cruz Perecin – 235453

Maria Beatriz – 234879
Pedro Henrique Pellizer Lopes – 235384

Heverton Bacca Sanches

INTRODUÇÃO

Com o crescente cenário de condições climáticas críticas, como evidenciado no Brasil em 2024, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, onde a subestação Santa Rita permaneceu 100 dias fora de operação para recuperação de seus ativos e sistemas (ELETROBRAS, 2024), percebe-se um aumento significativo na exposição das infraestruturas elétricas a riscos elevados de alagamento. Subestações localizadas próximas a rios e áreas suscetíveis a enchentes tornam-se particularmente vulneráveis, comprometendo a continuidade do fornecimento de energia e, conseqüentemente, impactando diretamente a sociedade e a economia.

JUSTIFICATIVA

De acordo com levantamento da UOL Notícias, apenas entre 2020 e 2023, desastres relacionados a chuvas intensas afetaram em média 3,2 milhões de pessoas por ano no Brasil, evidenciando a dimensão social e geográfica dos impactos. Em paralelo, estudos internacionais, como o publicado na revista Water Research (2022), destacam que sensores de baixo custo para medição em tempo real do nível de enchentes têm sido cada vez mais utilizados para mitigar esses impactos, ao permitir alertas antecipados, ações emergenciais e o fortalecimento do planejamento de resiliência urbana.

OBJETIVOS e ODS

(ODS 9), Indústria, Inovação e Infraestrutura, estabelecido em 2015 (ONU, 2015). O ODS 9 enfatiza a importância de promover a inovação e fortalecer infraestruturas resilientes, garantindo que sistemas essenciais, como o setor elétrico, estejam preparados para enfrentar eventos climáticos extremos.

ORÇAMENTO

O orçamento de materiais apresentado na Tabela 1 contempla os principais componentes necessários para o desenvolvimento do sistema de monitoramento proposto. Entre os itens listados, o Cable Gland (prensa cabo à prova d'água) apresenta o maior custo individual, com valor de R\$ 91,74, representando o componente mais caro da lista.

Tabela 1. Planilha de Orçamentos.

Orçamento Materiais UPX		
Materiais	QTDE	Mercado Livre
Caixa de montagem IP68	1	R\$ 56,90
ESP32 WROOM	1	R\$ 44,03
Sensor Ultrassônico aprova dagua JS N-SR04T	2	R\$ 55,90
Fonte AC-DC 5V para ESP32 (usb)	1	R\$ 23,15
Cabos Jumper	Kit	R\$ 28,89
Cable Gland (Prensa cabo aprova dagua)	1	R\$ 91,74
Display	1	R\$ 35,47
Leds	3	R\$ 19,01

Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E VALIDAÇÃO

O protótipo foi desenvolvido em uma configuração compacta conforme a figura 1, mantendo a lógica funcional de sistemas aplicáveis a subestações elétricas reais. O sistema utiliza sensores ultrassônicos para medir o nível da água em pontos críticos. Com o auxílio de um microcontrolador ESP32 processa esses dados e os classifica em quatro níveis de risco (Normal, Atenção, Alerta e Crítico). Ao detectar níveis de Alerta ou Crítico, o sistema automaticamente aciona alarmes locais luzes(LEDs) ou sonoros(Buzzer) e envia asnotificações via Wi-Fi para uma central de monitoramento remota, permitindo ações preventivas.

Todo o conjunto foi montado em uma caixa de proteção IP67, resistente à umidade, poeira e respingos, simulando condições adversas encontradas em campo.

Com base no sistema de monitoramento de alagamentos em subestações elétricas da figura 2, apresenta desempenho satisfatório na identificação precoce de riscos, promovendo a tomada de decisão em tempo real por parte das transmissoras e distribuidoras. A utilização do microcontrolador ESP32, em conjunto com sensores ultrassônicos e comunicação remota, permitirá o processamento ágil dos dados de nível d'água e a classificação automática dos estágios de risco.

Figura 1. Proposta do projeto.

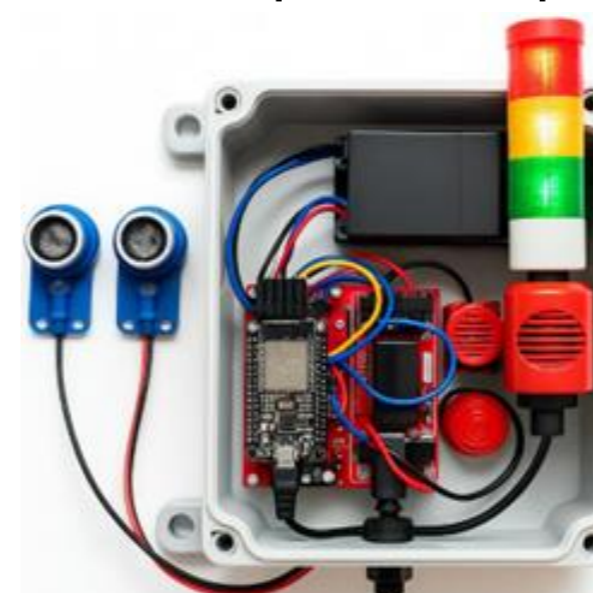
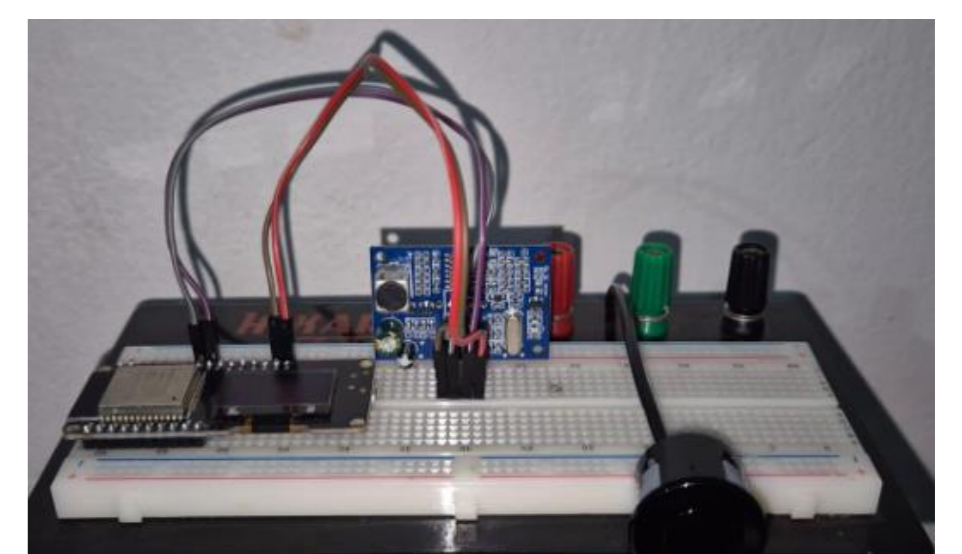


Figura 2. Projeto montado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

CONCLUSÃO

O projeto demonstrou a viabilidade técnica de um sistema de monitoramento de alagamentos em subestações elétricas, utilizando o microcontrolador ESP32, sensores de nível e comunicação remota. A simulação na plataforma Wokwi permitiu validar a lógica de controle, garantindo precisão nas leituras e resposta eficiente a situações de risco.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram para o desenvolvimento desta proposta, que possa servir como modelo para fortalecer as resiliências das infraestruturas elétricas frente aos eventos climáticos extremos, reafirmamos nosso compromisso com a inovação sustentável e o avanço tecnológico, certos de que este sistema possui grande potencial para aplicação real e futura expansão tecnológica.