

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

**Guilherme Nascimento da Silva
Luis Alberto Coronado Gomez
Marcelo Monteiro de Jesus
Sabrina Illanes da Silva**

Central de Monitoramento Contra Inundações

**São Paulo – SP
2025**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC TEREZA APARECIDA CARDOSO NUNES DE OLIVEIRA**

**Guilherme Nascimento da Silva
Luis Alberto Coronado Gomez
Marcelo Monteiro de Jesus
Sabrina Illanes da Silva**

**Central de Monitoramento Contra
Inundações**

Projeto apresentado como requisito
para a disciplina Desenvolvimento de
Trabalho de Conclusão de Curso do
Técnico de Nível Modular em
Eletrotécnica na Etec Tereza
Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira.

**São Paulo – SP
2025**

**Guilherme Nascimento da Silva
Luis Alberto Coronado Gomez
Marcelo Monteiro de Jesus
Sabrina Illanes da Silva**

Projeto apresentado como requisito
para a disciplina Desenvolvimento de
Trabalho de Conclusão de Curso do
Técnico de Nível Modular em
Eletrotécnica na Etec Tereza
Aparecida Cardoso Nunes de Oliveira.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, familiares, aos colegas, e aos professores.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda e sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradecemos aos nossos professores e orientadores, que, com dedicação, paciência e compromisso, nos ofereceram apoio técnico, incentivo e valiosas orientações ao longo de todo o processo. Suas contribuições foram fundamentais para que este projeto alcançasse a qualidade e a consistência desejadas.

Estendemos nossos agradecimentos às nossas famílias, que estiveram ao nosso lado em todos os momentos, oferecendo compreensão, apoio emocional e motivação constante. Seu incentivo diário foi essencial para que pudéssemos superar desafios e manter o foco em nossa trajetória acadêmica.

Agradecemos também aos amigos e colegas que, de diferentes maneiras, compartilharam conhecimento, trocaram experiências e colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho. Cada palavra de apoio, conselho ou gesto de ajuda fez diferença em nossa caminhada.

“A vida é como andar de bicicleta. Para manter o equilíbrio, você precisa continuar em movimento.”

(EINSTEIN, ALBERT; CARTA A HANS ALBERT, 1930.)

RESUMO

As inundações estão entre os desastres naturais que mais atingem a população mundial, provocando perdas humanas, materiais e sociais de grande impacto. Estimase que, somente em 2023, aproximadamente 32 milhões de pessoas tenham sido afetadas por enchentes no mundo, com cerca de 7.600 mortes registradas, além de prejuízos associados à destruição de moradias, perda de bens e danos à infraestrutura essencial. No Brasil, o cenário não é diferente: entre 2017 e 2022, desastres relacionados a chuvas intensas, enchentes e deslizamentos atingiram mais de 28,8 milhões de pessoas, gerando prejuízos bilionários aos cofres públicos e evidenciando a vulnerabilidade de diversas regiões à ocorrência de eventos extremos. Episódios recentes, como as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul, que afetaram mais de 2,3 milhões de moradores, causaram cerca de 181 mortes e resultaram em

danos estimados em R\$ 19 bilhões, reforçam a necessidade urgente de soluções mais eficientes de monitoramento, prevenção e resposta rápida.

Diante desse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe o desenvolvimento de um sistema integrado de monitoramento e mitigação de inundações, composto por uma comporta acionada por um sistema eletromecânico automatizado, controlado por um Controlador Lógico Programável (CLP). A comporta foi projetada para atuar diretamente no controle do fluxo de água em pontos críticos, permitindo uma resposta rápida quando o nível ultrapassa limites seguros. O CLP, por sua vez, é responsável pela leitura dos sensores de nível, processamento das informações e acionamento dos atuadores de maneira segura, precisa e confiável. Paralelamente.

A metodologia utilizada neste trabalho contempla revisão bibliográfica sobre enchentes, desastres naturais e soluções tecnológicas aplicadas à gestão de riscos, análise das normas técnicas relacionadas ao projeto, dimensionamento dos componentes eletromecânicos e eletrônicos, desenvolvimento da programação do CLP, montagem do protótipo em bancada e realização de testes simulando diferentes cenários de inundaçao. A partir dos resultados, busca-se avaliar o desempenho do sistema, sua robustez e sua aplicabilidade em contextos reais. Dessa forma, o projeto pretende demonstrar a viabilidade de uma solução de baixo custo, tecnicamente eficiente e alinhada com as necessidades da realidade brasileira, contribuindo para a redução de danos associados às enchentes por meio da integração entre automação industrial e tecnologias de comunicação.

Palavras-chave: Inundações. Automação. CLP. Comporta Automatizada.

ABSTRACT

Floods are among the natural disasters that most affect the global population, causing significant human, material, and social losses. It is estimated that in 2023 alone, approximately 32 million people were affected by flooding worldwide, with around 7,600 recorded deaths, in addition to damages related to the destruction of homes, loss of assets, and severe impacts on essential infrastructure. In Brazil, the scenario is similarly concerning: between 2017 and 2022, disasters related to heavy rainfall, flooding, and landslides impacted more than 28.8 million people, generating billions in public losses and highlighting the vulnerability of many regions to extreme weather events. Recent episodes, such as the 2024 floods in Rio Grande do Sul—which affected more than 2.3 million residents, caused about 181 deaths, and resulted in an estimated R\$ 19 billion in damages—reinforce the urgent need for more effective monitoring, prevention, and rapid-response solutions.

Given this context, this Final Course Project proposes the development of an integrated flood monitoring and mitigation system composed of a gate operated by an automated electromechanical system, controlled by a Programmable Logic Controller (PLC) and connected to an application capable of sending real-time alert messages to users. The

gate is designed to act directly on the control of water flow in critical points, enabling rapid intervention when the water level exceeds safe limits. The PLC is responsible for reading level sensors, processing data, and activating the actuators in a safe, precise, and reliable manner. In parallel, the application establishes the interface between the physical system and the individuals responsible for the monitored area, ensuring that immediate notifications are sent when risk conditions are detected or when the gate is activated, thus supporting emergency decision-making.

The methodology applied in this project includes a literature review on flooding, natural disasters, and technological solutions for risk management; analysis of relevant technical standards; sizing of electromechanical and electronic components; development of PLC programming; design and implementation of the monitoring application; assembly of a bench prototype; and performance of tests simulating different flood scenarios. Based on the results, the system's performance, robustness, and feasibility for real-world application are evaluated. In this way, the project aims to demonstrate the viability of a low-cost, technically efficient solution aligned with Brazilian needs, contributing to the reduction of flood-related damages through the integration of industrial automation and communication technologies.

Keywords: Floods. Automation. PLC. Automated Gate.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS - Central de Monitoramento Contra Inundações

FIGURA 1 CLP	20
FIGURA 2 SENSOR DE NÍVEL	21
3 SIRENE	21
FIGURA 4 ESP-32	22
FIGURA 5 DFPLAYER	22

FIGURA 6 PISTÃO PNEUMÁTICO	23
FIGURA 7 COMPRESSOR DE AR	23
FIGURA 8 BOMBA	24
FIGURA 9 CONECTORES TIPO PHOENIX	24
FIGURA 10 FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	25
FIGURA 11 FONTE CHAVEADA	25
FOTOS DA MONTAGENS	37;38;39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 O Problema	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivos Específicos	14
1.3 Delimitação do Estudo	15
1.4 Relevância do Estudo	16
1.5 Organização do Trabalho	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Referências	20
2.2 Tópicos Importantes	20

2.3 CLP	21
2.4 Componentes	22
2.5 Projeto Similares	27
3 DESENVOLVIMENTO	29
3.1 Visão Geral do Sistema HidroAlert.....	30
3.2 Arquitetura Geral do Sistema.....	30
3.3 Lógica de Funcionamento do Sistema.....	33
3.4 Comunicação CLP – Esp-32	34
3.5 Segurança do Sistema	35
3.6 Construção do Protótipo	35
3.7 Testes e Resultados	35
4 CIRCUITO	36
5 MONTAGEM	37
6 ORÇAMENTO	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

As inundações constituem um dos desastres naturais mais recorrentes e prejudiciais do mundo contemporâneo, afetando milhões de pessoas todos os anos e representando uma ameaça constante à segurança, à infraestrutura e ao bem-estar social. Em áreas urbanas, onde o crescimento populacional e a expansão desordenada intensificam a impermeabilização do solo e reduzem a capacidade natural de drenagem, episódios de alagamentos tornaram-se cada vez mais frequentes. Em regiões rurais, a ausência de sistemas adequados de contenção e monitoramento também contribui para a recorrência de danos provocados pelo excesso de chuva e pela elevação súbita do nível de rios e córregos. Nesse cenário, a criação de soluções tecnológicas eficazes e de fácil implementação torna-se indispensável para proteger vidas, patrimônios e minimizar prejuízos materiais e ambientais.

A automação, aplicada ao monitoramento e controle de processos, surge como uma alternativa promissora para o enfrentamento desses desafios. Os avanços da eletromecânica, associados a técnicas modernas de controle lógico programável e à integração de sistemas por meio de redes de comunicação, permitem a criação de dispositivos capazes de atuar de forma inteligente e autônoma diante de situações de risco. A implementação de mecanismos automatizados, como comportas eletromecânicas, sensores de nível e sistemas de supervisão remota, possibilita uma reação rápida e precisa em momentos críticos, reduzindo falhas humanas, agilizando respostas e garantindo maior confiabilidade operacional.

Dentro desse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta o desenvolvimento de um sistema integrado de monitoramento, acionamento e notificação contra inundações, projetado para atuar tanto em ambientes domésticos quanto industriais ou comunitários. O sistema proposto é composto por três pilares principais. O primeiro é a comporta eletromecânica, estruturada para controlar o fluxo de água em pontos estratégicos, podendo ser acionada automaticamente quando o nível atinge valores pré-determinados. O segundo pilar é o sistema automático baseado em Controlador Lógico Programável (CLP), responsável por interpretar os sinais enviados pelos sensores, tomar decisões lógicas e acionar motores, alarmes e dispositivos de segurança de forma rápida e confiável oferecendo transparência, acessibilidade e agilidade no processo de tomada de decisão.

A integração entre esses três elementos transforma o sistema em uma solução completa, capaz de monitorar continuamente o comportamento da água, identificar possíveis riscos, atuar fisicamente na contenção do fluxo e, simultaneamente, manter o usuário informado em tempo real. Essa combinação entre automação industrial e tecnologias de comunicação demonstra como conceitos tradicionalmente empregados em ambientes produtivos podem ser aplicados para proteção de áreas vulneráveis, reforçando a importância da interdisciplinaridade no desenvolvimento de soluções sociais e ambientais.

Além de promover maior segurança e eficiência, o projeto também busca atender critérios de viabilidade econômica e facilidade de replicação. O uso de componentes acessíveis, sensores amplamente disponíveis e tecnologias de programação difundidas torna o sistema adequado tanto para projetos acadêmicos quanto para implantação em comunidades, residências, pequenos estabelecimentos e propriedades rurais. Assim, este trabalho contribui não apenas para o avanço das práticas de automação voltadas para a engenharia elétrica e eletrotécnica, mas também para o desenvolvimento de instrumentos que podem ser utilizados na mitigação de impactos gerados por enchentes.

Por fim, este TCC tem como objetivo demonstrar que soluções tecnológicas, quando bem estruturadas, podem desempenhar um papel fundamental na prevenção de desastres, oferecendo mecanismos de controle inteligentes, respostas rápidas e informações importantes para a proteção da população. A introdução do uso de

comportas automatizadas, sistemas eletromecânicos controlados por CLP representa um passo significativo em direção à modernização dos sistemas de segurança hídrica, reforçando a importância da inovação e da engenharia no enfrentamento de problemas reais que afetam milhões de pessoas no Brasil e no mundo.

1.1 PROBLEMA

As inundações recorrentes em áreas urbanas e rurais continuam causando prejuízos significativos à população, destruindo estruturas, interrompendo serviços essenciais e colocando vidas em risco. Em muitos locais, sistemas de drenagem insuficientes, falta de monitoramento contínuo e ausência de mecanismos de resposta rápida dificultam a identificação precoce de situações de risco, fazendo com que a população só perceba o perigo quando o nível da água já ultrapassou limites críticos. Além disso, a falta de integração entre sensores, dispositivos físicos de contenção e ferramentas de notificação impede que medidas preventivas sejam tomadas no momento adequado. Dessa forma, surge a necessidade de investigar: como desenvolver um sistema automatizado, confiável e eficiente que seja capaz de monitorar o nível da água, acionar uma comporta eletromecânica e enviar alertas em tempo real, reduzindo os impactos causados por inundações?

1.2 OBJETIVOS

Desenvolver e implementar um sistema integrado de monitoramento e mitigação de inundações que utilize sensores de nível, uma comporta eletromecânica e um Controlador Lógico Programável (CLP) para realizar o controle automático do fluxo de água. O objetivo é criar uma solução confiável, acessível e de fácil aplicação, que permita identificar precocemente situações de risco, ativar mecanismos de contenção de forma autônoma e fornecer informações imediatas aos responsáveis, contribuindo para a redução dos danos materiais e dos riscos à segurança da população em áreas sujeitas a alagamentos.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre inundações, sistemas de drenagem, automação aplicada à prevenção de desastres e tecnologias utilizadas em monitoramento hídrico.
- Identificar e selecionar sensores de nível, componentes eletromecânicos, atuadores e materiais adequados para a construção da comporta automatizada.
- Projetar e desenvolver o sistema eletromecânico responsável pelo acionamento da comporta, garantindo funcionamento seguro e eficiente.
- Programar o Controlador Lógico Programável (CLP) para realizar a leitura dos sensores, processar os dados e acionar automaticamente a comporta e os alarmes.
- Integrar todos os módulos — sensores, CLP, comporta — formando um sistema único, funcional e capaz de operar de maneira contínua e autônoma.
- Construir um protótipo físico para validar a funcionalidade do sistema em situações simuladas de aumento do nível da água.
- Testar o desempenho do sistema em diferentes cenários, verificando a precisão das medições, tempo de resposta, confiabilidade do acionamento e eficiência do envio de alertas.
- Analisar criticamente os resultados obtidos e verificar a viabilidade da aplicação do sistema em ambientes reais sujeitos a inundações.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo delimita-se ao desenvolvimento, implementação e análise de um sistema protótipo de monitoramento e mitigação de inundações, composto por uma comporta

eletromecânica automatizada, sensores de nível, um Controlador Lógico Programável (CLP). A pesquisa concentra-se exclusivamente no funcionamento técnico e operacional do sistema, abrangendo o dimensionamento dos componentes, a programação do CLP, a integração entre os módulos físicos e digitais e a validação por meio de testes controlados em ambiente simulado. Não faz parte do escopo deste trabalho a instalação do sistema em campo real, a análise de redes de drenagem urbanas, estudos hidrológicos complexos ou a avaliação econômica de larga escala para implantação municipal. A investigação limita-se, portanto, à construção e avaliação de um protótipo funcional, cujo objetivo é demonstrar a viabilidade técnica da solução proposta para uso em ambientes de pequeno e médio porte sujeitos a riscos de inundações.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A relevância deste estudo está diretamente associada ao aumento dos eventos de inundações e à vulnerabilidade de comunidades que ainda carecem de sistemas eficientes de monitoramento e resposta rápida. As enchentes continuam provocando perdas materiais, interrupções de serviços essenciais e riscos à segurança, muitas vezes agravados pela ausência de mecanismos capazes de identificar o aumento do nível da água em tempo hábil. Nesse contexto, o desenvolvimento de uma solução automatizada que integre sensores, uma comporta eletromecânica e um sistema de comunicação imediata representa um avanço significativo na prevenção e mitigação desses impactos.

Além de propor um protótipo funcional e acessível, o estudo ganha importância por estar alinhado a metas globais estabelecidas pela Agenda 2030 da ONU. O trabalho contribui diretamente para a ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) ao propor uma ferramenta capaz de reduzir riscos e aumentar a resiliência frente a desastres naturais. Também se relaciona com a ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), ao oferecer uma solução de adaptação para eventos extremos.

intensificados pelas mudanças climáticas. De forma complementar, o projeto dialoga com a ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) ao aplicar automação e tecnologia para criar um sistema robusto, inovador e de fácil implementação.

Assim, este trabalho se torna relevante não apenas por apresentar uma solução prática para áreas vulneráveis, mas também por contribuir com estratégias de prevenção, modernização tecnológica e fortalecimento da segurança hídrica, reforçando o papel da engenharia e da automação na construção de comunidades mais preparadas e sustentáveis.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 1 dedica-se a apresentar a introdução do trabalho e tem por objetivo esclarecer a problema que buscamos resolver e os objetivos . No capítulo 2 foi Aqui se dedica um ou mais parágrafos para explicar, de maneira muito resumida, o conteúdo de cada capítulo que será desenvolvido no trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

As inundações representam um dos desastres naturais mais recorrentes no mundo e têm sido amplamente discutidas pela literatura devido aos seus impactos sociais, ambientais e econômicos. Estudos apontam que fatores como urbanização desordenada, impermeabilização do solo, ausência de drenagem adequada e

mudanças climáticas intensificam a frequência e a gravidade desses eventos. A literatura destaca que a mitigação dos danos depende não apenas de obras estruturais — como canais, barragens e sistemas de drenagem — mas também de estratégias não estruturais, como sistemas de monitoramento contínuo, alerta antecipado e tecnologias que permitam respostas rápidas diante de situações de risco. Nesse contexto, a adoção de ferramentas de automação e monitoramento inteligente tem ganhado destaque como alternativa eficaz para reduzir perdas e melhorar a resiliência de áreas vulneráveis.

A automação industrial, tradicionalmente aplicada a processos produtivos, tem se expandido para outras áreas, incluindo a gestão de desastres naturais. Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) surgem como elementos centrais dessa evolução, devido à sua confiabilidade, flexibilidade de programação e capacidade de operação contínua em ambientes críticos. Pesquisas mostram que CLPs são amplamente utilizados em sistemas de controle de comportas, válvulas, bombas e dispositivos de segurança, possibilitando tomadas de decisão automáticas baseadas em leituras de sensores. A robustez e estabilidade desses controladores tornam sua aplicação adequada para sistemas de mitigação de enchentes, nos quais a precisão e a resposta imediata são essenciais.

O uso de sensores de nível também é amplamente abordado na literatura. Os sensores ultrassônicos, de boia, piezorresistivos e capacitivos são comumente utilizados para medir a altura da água, cada um apresentando vantagens específicas

quanto à faixa de operação, custo e resistência a condições ambientais adversas. A literatura reforça que a eficiência de sistemas de monitoramento depende da correta seleção e calibração dos sensores, bem como da integração com sistemas de controle capazes de interpretar os dados em tempo real. A adoção de atuadores eletromecânicos — como servomotores ou motores de passo — complementa esses sistemas, permitindo o acionamento automático de estruturas físicas, como comportas de controle de fluxo.

Outro ponto amplamente discutido em pesquisas recentes é o uso de tecnologias de comunicação remota. Estudos sobre Internet das Coisas aplicada à gestão de riscos apontam que sistemas integrados, capazes de monitorar, interpretar e enviar alertas em tempo real, oferecem maior eficiência na prevenção de desastres e no apoio à tomada de decisão.

A literatura também destaca a importância de soluções de baixo custo, especialmente para aplicação em comunidades vulneráveis, áreas rurais e municípios com recursos limitados. Projetos que combinam automação, sensores simples e comunicação remota demonstram que é possível criar sistemas eficientes sem a necessidade de infraestrutura sofisticada. Diversos estudos enfatizam que a acessibilidade tecnológica é um fator determinante para a adoção de medidas preventivas, principalmente em países em desenvolvimento. Assim, o desenvolvimento de protótipos de fácil replicação contribui tanto para a inovação técnica quanto para o impacto social.

Dessa forma, a revisão da literatura evidencia que o uso de CLPs, sensores de nível, atuadores eletromecânicos e aplicações móveis se apresenta como uma abordagem promissora para sistemas de monitoramento e mitigação de inundações. A combinação dessas tecnologias permite a construção de mecanismos automáticos e autônomos, capazes de oferecer maior segurança, rapidez na resposta e redução dos impactos causados por enchentes. O conjunto de pesquisas analisadas serve de base teórica para o desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho, reforçando sua relevância, aplicabilidade e potencial de contribuição para a área de automação voltada à prevenção de desastres.

2.1 REFERÊNCIAS

Caetano, P. C.; Cronemberger, F. M.; Medeiros, L. M.; Brito, J. L. S. Sistema de alerta antecipado de inundações: análise para defesa civil. *Ambiente & Água*, v. 17, n. 2, 2022.

DOI: 10.4136/ambi-agua.2791.

Barbosa, L. L.; et al. Internet das Coisas aplicada à prevenção de desastres naturais: estudo de caso para monitoramento de chuvas e enchentes. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 117567-117583, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n12-093.

Fraga, V. S.; et al. Modelo hidrológico para previsão de enchentes na bacia do rio do Peixe (SC). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 25, e29, 2020. DOI: 10.1590/2318-0331.252020190143.

Machado, R. E.; et al. Uso de sensores remotos para monitoramento de cheias em rios brasileiros. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 4, p. 1810–1825, 2020.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991–2018*. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) / CEPED-UFSC, 2019.

2.2 TÓPICOS IMPORTANTES

- 1. Monitoramento de nível de água – uso de sensores para detectar aumento crítico e acionar respostas.
- 2. Automação com CLP – controle lógico da comporta e dos atuadores para abrir/fechar automaticamente.
- 3. Sistema eletromecânico da comporta – estrutura, motor, mecanismo de acionamento e segurança operacional.
- 4. Impacto social e prevenção de desastres – redução de danos, aumento da segurança e apoio às ODS (especialmente ODS 11).

2.3 CLP



O CLP é responsável por monitorar os sensores de nível de água e acionar automaticamente os dispositivos de segurança conforme a situação se agrava. Quando o **primeiro sensor** é ativado, o CLP aciona a sirene audiovisual e envia um sinal ao ESP32, que registra o alerta e pode emitir notificações. Ao atingir o **segundo sensor**, o CLP ativa a comporta pneumática para bloquear a entrada de água, modifica o padrão da sirene e envia um novo sinal ao ESP32, que dispara a mensagem de voz. Caso a água alcance o **terceiro sensor**, o CLP entra em modo

de emergência, ligando a bomba de recalque para remover a água e desligando os circuitos elétricos do ambiente para evitar curtos e riscos elétricos.

2.4 COMPONENTES

SENSOR DE NÍVEL DA ÁGUA



São três sensores de níveis da água instalados em diferentes alturas para indicar níveis progressivos de inundação. Cada sensor envia um sinal ao CLP, que interpreta o estágio da enchente e executa a ação correspondente. Eles formam a base da lógica de monitoramento do sistema.

SIRENE AUDIOVISUAL



A sirene combina alerta sonoro e luz intermitente para sinalizar visualmente e auditivamente o risco de inundação. É acionada pelo CLP no primeiro nível de água e altera seu padrão ao atingir o segundo estágio.

ESP-32



O ESP32 funciona como módulo de comunicação do sistema. Ele recebe sinais do CLP e é responsável por enviar sinal ao módulo de voz para alertar e auxiliar o cidadão.

MÓDULO DE SOM DFPLAYER MINI MP3



O módulo de som é responsável por armazenar e reproduzir a mensagem de voz automática do sistema. Ele é acionado pelo ESP32 quando o segundo sensor é ativado, permitindo que o sistema emita instruções audíveis ao público durante a situação de risco.

PISTÃO PNEUMÁTICO



A comporta é acionada por um pistão pneumático que se movimenta através da pressão fornecida pelo compressor. Ela fecha automaticamente para impedir a entrada de água quando o segundo sensor é ativado pelo CLP.

COMPRESSOR DE AR



O compressor fornece pressão pneumática para o pistão da comporta. Ele é acionado pelo CLP quando necessário e garante força suficiente para o fechamento rápido e seguro da barreira física.

BOMBA



A bomba entra em funcionamento quando o terceiro sensor detecta água, bombeando o excesso para fora da área protegida. É ativada diretamente pelo CLP no estágio de emergência.

CONECTORES TIPO PHOENIX 3,81,MM (MACHO E FÊMEA)



Esses conectores permitem ligar os sensores, saídas e alimentação ao CLP de forma segura e organizada. São utilizados para entradas digitais, saídas digitais e alimentação de 24 Vdc.

FONTE DE ALIMENTAÇÃO 24 VDC



A fonte fornece a tensão necessária para o CLP, sensores, módulos de relé e demais componentes do sistema. Garante energia estável e confiável para todo o circuito de automação.

FONTE CHAVEADA 24VDC 500W



A fonte chaveada tipo colmeia fornece a alimentação principal do sistema, convertendo a tensão da rede elétrica para 24 Vdc. Ela energiza o CLP, sensores,

relés e demais dispositivos, garantindo estabilidade, proteção contra sobrecargas e corrente adequada para todo o circuito.

2.5 PROJETOS SIMILARES

Sistema AlertaBlu – Blumenau (SC)

O AlertaBlu é um sistema oficial de monitoramento hidrológico utilizado pela Defesa Civil de Blumenau. Ele integra:

- Sensores de nível d'água instalados em rios e ribeirões.
- Pluviômetros automáticos que medem a intensidade e o volume das chuvas.
- Estações telemétricas que enviam dados em tempo real via rádio ou rede móvel. - Software de previsão que analisa tendência de enchentes.

Pra que serve?

- Monitorar o nível dos rios e prever enchentes.
- Informar rapidamente a população sobre riscos.
- Auxiliar decisões da Defesa Civil, como evacuação ou fechamento de vias.
- Reduzir perdas materiais e prevenir acidentes.

Sistema Cemaden (Brasil)

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) é o principal órgão brasileiro de monitoramento meteorológico e hidrológico em áreas de risco. Ele utiliza:

- Sensor de nível d'água ultrassônico.
- Pluviômetros automáticos conectados via rede 3G/4G.
- Sensores de solo para medir infiltração e risco de deslizamentos.
- Modelos computacionais para prever enchentes e enxurradas.
- Rede integrada de comunicação com as defesas civis municipais.

Pra que serve?

- Emitir alertas antecipados de inundação, enxurrada e deslizamentos.
- Recolher dados ambientais para aprimorar políticas públicas.
- Reduzir o número de desastres e salvar vidas.

Comporta Automática do Projeto “Smart Flood Gate” – Coreia do Sul Um projeto internacional de referência, o Smart Flood Gate, utiliza automação para controlar comportas de drenagem. Ele usa:

- **CLPs industriais** para abrir e fechar comportas automaticamente.
- **Sensores de nível d’água** instalados em canais e bueiros.
- **Atuadores eletromecânicos** para movimentar a comporta.
- **Sistema supervisório (SCADA)** para controle em tempo real.

Pra que serve?

- Controlar o fluxo de água durante chuvas intensas.
- Evitar transbordamento em canais urbanos.
- Operar a comporta automaticamente sem intervenção humana.
- Aumentar a segurança de áreas urbanas propensas a alagamentos.

Comparativo com a Solução HidroAlert

O **HidroAlert**, um sistema integrado para prevenção de inundações domésticas e urbanas, diferencia-se das soluções existentes ao adotar uma abordagem automatizada, preventiva e conectada, unindo sensores de nível, CLP, sistema eletromecânico de comporta e envio de alertas em tempo real. Em comparação com sistemas convencionais de monitoramento, bombas automáticas simples e comportas manuais, o HidroAlert apresenta as seguintes vantagens estratégicas:

Monitoramento Contínuo e Ação Automática

Ao contrário de sistemas tradicionais que dependem da atuação humana ou de monitoramentos esporádicos, o **HidroAlert** realiza medições contínuas do nível da água e toma decisões automaticamente. A integração entre sensor, CLP e comporta permite **reação imediata**, reduzindo drasticamente o tempo entre o risco detectado e a ação de contenção. Essa automação evita falhas humanas e garante resposta consistente mesmo em situações de emergência.

Integração Completa entre Hardware e Software

Enquanto muitas soluções utilizam apenas bombas automáticas ou sensores isolados, o **HidroAlert** integra duas camadas essenciais:

- **Sensoriamento** (nível da água, possíveis alarmes),
- **Atuação mecânica** (abertura/fechamento da comporta),

Essa combinação cria uma solução única, robusta e autossuficiente.

Tomada de Decisão Inteligente via CLP

Diferente de sistemas simples de relé, o **CLP** do HidroAlert utiliza lógica programada para avaliar situações de risco, permitindo **maior precisão, confiabilidade e segurança operacional**. Isso garante que a comporta só seja acionada quando realmente necessário, evita ciclos indevidos de abertura/fechamento e amplia a vida útil dos componentes. A lógica programada eleva o HidroAlert ao nível dos sistemas industriais, mas adaptado para uso civil.

Abordagem Preventiva e Redução de Danos

Enquanto muitas soluções funcionam apenas de forma reativa, o HidroAlert se destaca por priorizar **prevenção**. Seu funcionamento integrado evita que a água invada o local e minimize perdas patrimoniais. Essa abordagem está alinhada às práticas modernas de gestão de risco e contribui diretamente para metas de sustentabilidade e resiliência urbana.

3. DESENVOLVIMENTO

O sistema HidroAlert foi desenvolvido como uma central automatizada de prevenção a inundações utilizando um CLP como controlador principal, responsável por toda a lógica de leitura, decisão e acionamento. Foram instalados três sensores de nível d'água, posicionados em alturas diferentes para indicar três estados: pré-alarme (nível 1), alerta crítico (nível 2) e inundaçāo confirmada (nível 3).

Quando os sensores são ativados, o CLP executa ações progressivas: acende sinalização, ativa a sirene, envia informações ao módulo ESP32 e, no nível mais alto, aciona o sistema pneumático composto por compressor, válvula solenóide e pistão, responsável por abrir automaticamente a comporta. As bombas de drenagem também são acionadas nesta etapa.

O ESP32 não controla cargas, servindo apenas como módulo auxiliar para a reprodução de alertas sonoros por meio do DFPlayer. Ele recebe sinais do CLP e envia notificações ao usuário.

O sistema funciona com duas fontes de energia: rede elétrica (principal) e bateria (backup), garantindo que os avisos e o monitoramento continuem mesmo em caso de queda de energia.

Os testes realizados confirmaram que o protótipo responde rapidamente aos sensores, abre e fecha a comporta de forma eficiente, demonstrando eficiência, segurança e confiabilidade no processo de prevenção a inundações.

3.1 Visão Geral do Sistema HidroAlert

O **HidroAlert** é um sistema automatizado de prevenção e resposta a inundações que utiliza um **Controlador Lógico Programável (CLP)** como unidade principal de comando. O projeto emprega **três sensores de nível d'água**, um **sistema pneumático com compressor, válvula e pistão** para o acionamento da comporta, além de bomba para a drenagem.

O ESP32 é utilizado apenas como módulo **auxiliar**, com uma função específicas: **emitir alertas sonoros** por meio de um DFPlayer.

Todos os acionamentos críticos — comporta, válvula, compressor, bombas, sirene e sinalização — ficam exclusivamente sob responsabilidade do CLP, garantindo confiabilidade operacional, integridade dos comandos e segurança.

O sistema opera utilizando **apenas duas fontes de alimentação**:

Rede elétrica (fonte principal)

Bateria (backup para quedas de energia)

Não há uso de energia solar. A bateria mantém os circuitos essenciais ativos durante falhas da rede, garantindo continuidade dos alertas e monitoramentos.

3.2 Arquitetura Geral do Sistema

O HidroAlert foi dividido em cinco módulos principais, cada um responsável por uma etapa da automação.

a) Módulo de Sensoriamento

Composto por **três sensores de nível d'água**, posicionados de forma estratégica:

Sensor de Nível 1 — Baixo: Detecção inicial de acúmulo.

Sensor de Nível 2 — Médio: Indica risco iminente.

Sensor de Nível 3 — Alto: Inundação confirmada.

Esses sensores enviam sinais digitais diretamente para o CLP.

b) Módulo de Controle (CLP)

O CLP é responsável por toda a lógica operacional, incluindo: leitura dos três sensores,

tomada de decisão conforme o nível da água, acionamento do compressor,

comando da válvula,

abertura e fechamento da comporta via pistão

pneumático, acionamento das bombas de drenagem,

ativação da sirene audiovisual, sinalização por LEDs,

envio de sinais de estado para o ESP32.

Toda a lógica é estruturada em **Ladder**, garantindo clareza, segurança e facilidade na manutenção.

c) Módulo Pneumático

O sistema pneumático realiza a abertura da comporta e é composto por:

Compressor de entrada 127V e saída **24V**,

Válvula,

Pistão pneumático, Mangueiras

e conexões.

O CLP controla:

Pressurização do sistema (acionando o compressor),

Direcionamento do ar para estender ou retrair o pistão, **Abertura**

e fechamento da comporta conforme o nível detectado.

d) Módulo ESP32 (Auxiliar – App e Som)

O ESP32 **não controla cargas**. Seu papel é exclusivo para:

leitura das entradas vindas do CLP (Nível 1, 2 e 3), reprodução de sons via DFPlayer,

O CLP envia sinais para o ESP32 por meio de três saídas digitais correspondentes aos níveis.

e) Módulo de Energia (Rede + Bateria) O

sistema utiliza:

- Rede elétrica — Fonte primária**

Todos os equipamentos de potência (compressor, válvula, CLP, bombas e sirene) operam normalmente enquanto houver energia da rede.

- Bateria — Backup**

A bateria é ativada automaticamente quando ocorre:

queda de energia, falha na

alimentação principal,

interrupções temporárias.

3.3 Lógica de Funcionamento do Sistema

Toda a lógica é determinada pelos três níveis de água.

Nível 1 – Detecção Inicial

Disparo do Sensor 1.

Ações do CLP:

- acende LED de pré-alarme,
- envia sinal de Nível 1 para o ESP32,
- app notifica o usuário,
- ativa alarme interno suave (via ESP + DFPlayer). Nível 2 – Alerta Moderado

Disparo do Sensor 2.

Ações do CLP:

- ativa sirene audiovisual,
- envia sinal Nível 2 ao ESP32,
- prepara o sistema pneumático para o acionamento da comporta (habilita estado de prontidão), Aciona o compressor para pressurizar o ar.
- Energiza a válvula,
- Estende o pistão pneumático,
- Abre a comporta automaticamente,
- envia notificação crítica para o app. Nível 3 – Inundação Confirmada

Disparo do Sensor 3.

Ações do CLP:

- Aciona bomba de drenagem.
- Desliga circuito do local.
- Envia sinal de emergência ao ESP32.
- App recebe alerta máximo "Inundação Detectada".

Retorno à Normalidade

Quando o nível da água cai até o Sensor 1:

- CLP desativa bombas,
- desenergiza válvula,
- pistão retorna, fechando a comporta,
- sistema volta ao estado de espera.

3.4 Comunicação CLP → ESP32

A comunicação ocorre por três saídas digitais:

- S1 → ESP_DI1 (Nível 1)
- S2 → ESP_DI2 (Nível 2)
- S3 → ESP_DI3 (Nível 3)

3.5 Segurança do Sistema

- Inclui:
- relés industriais,

- disjuntores,
- proteção contra curto,
- aterramento,
- DPS,

3.6 Construção do Protótipo

Montado com:

- CLP real,
- mini compressor,
- válvula pneumática,
- pistão,
- reservatório simulado,
- sensores instalados em três alturas,
- sirene audiovisual,
- ESP32 + módulo de som.

3.7 Testes e Resultados

Foram avaliados:

Tempo de resposta dos sensores:

Menos de 10 ms no CLP.

Tempo de abertura da comporta:

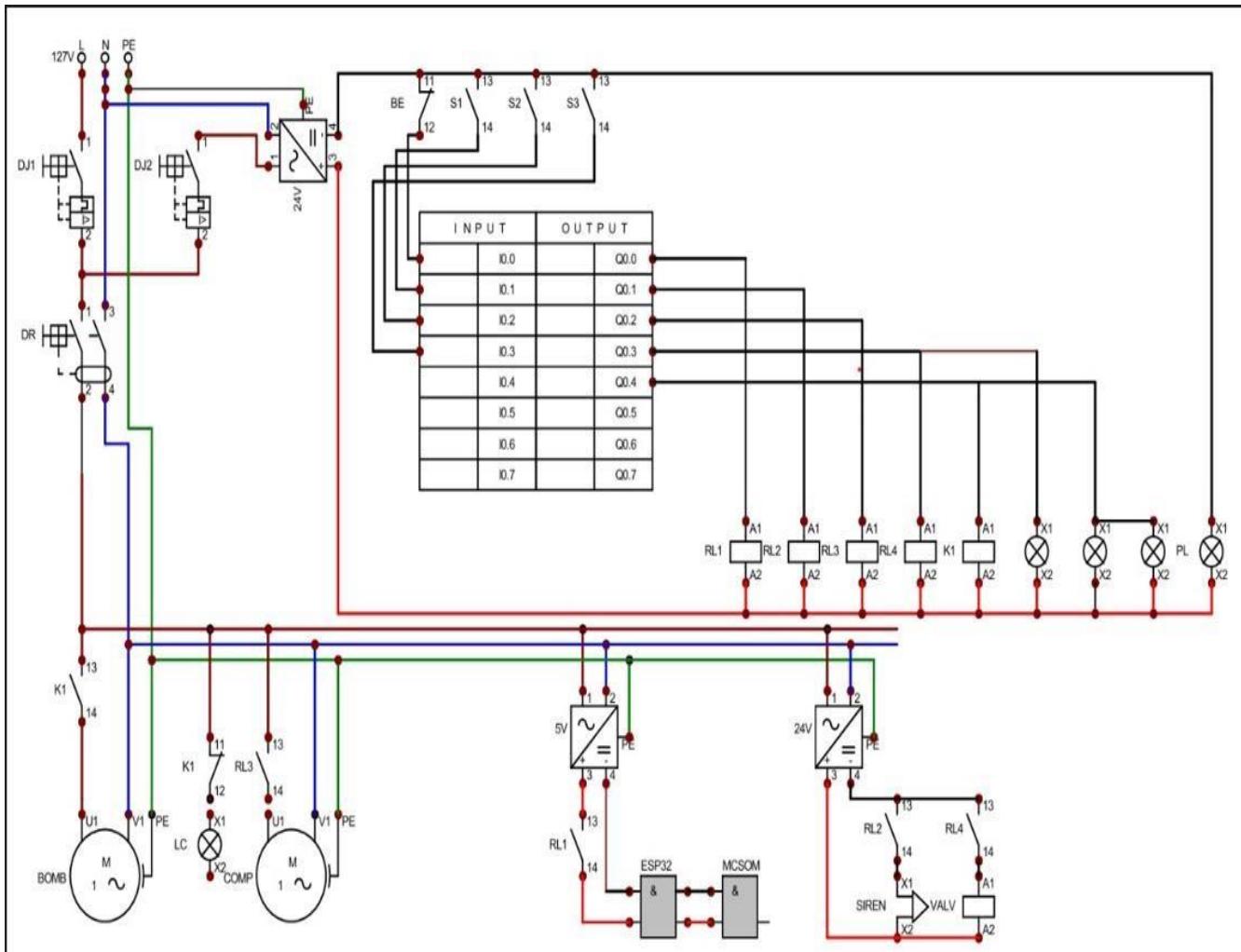
Entre 3 e 5 segundos dependendo da pressão.

Funcionamento com queda de energia:

Conclusão dos testes:

O sistema se mostrou confiável, estável e eficaz para prevenção e resposta a inundações.

4. CIRCUITO



5. MONTAGEM

O quadro de comando do sistema de prevenção a enchentes foi completamente montado, organizado e testado para garantir o funcionamento seguro e automatizado de todos os dispositivos envolvidos. A montagem integra o ESP32, o CLP, os sensores de nível, a sirene audiovisual, a comporta automática e a bomba de escoamento, formando um sistema de três níveis de atuação. Os sinais vindos dos sensores foram conectados diretamente às entradas digitais do ESP32, que, após a montagem, passou a emitir sons pelo dfplayer

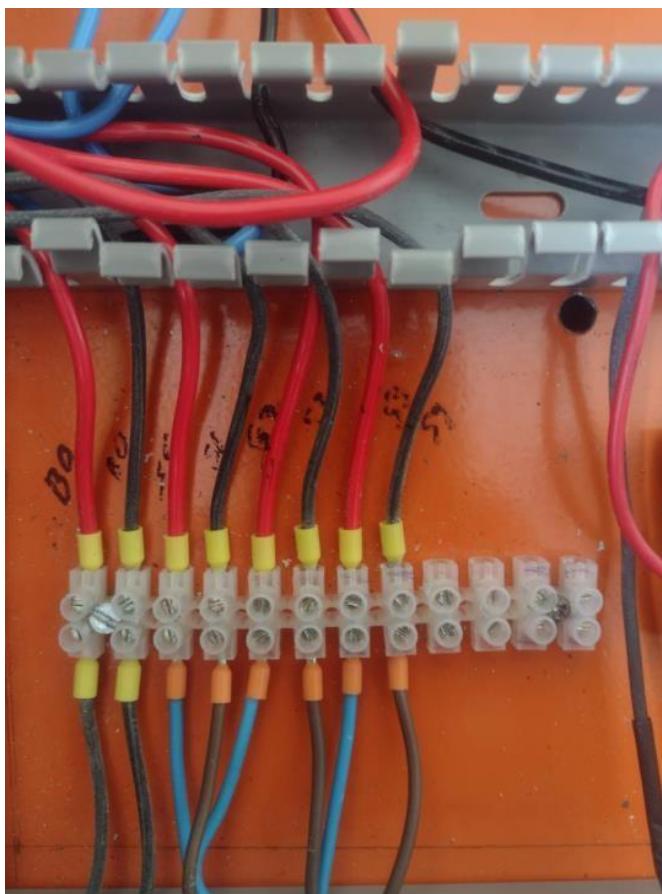
Perto do ESP32, foi montado o CLP responsável por controlar as cargas de maior potência. Suas entradas foram ligadas aos sensores de nível e suas saídas aos relés que acionam o motor da comporta e o motor da bomba. A fiação de potência,

utilizada para alimentar estes dispositivos, foi passada por eletrodutos dedicados dentro do quadro, garantindo isolamento e segurança. Os relés foram testados individualmente após a montagem, comprovando que as saídas do CLP estão acionando corretamente cada dispositivo.



O quadro também recebeu a instalação completa do sistema híbrido de energia. O controlador de carga solar, o banco de baterias e a alimentação da rede elétrica foram organizados de forma a manter o sistema sempre energizado. Os disjuntores específicos para cada circuito foram montados logo após a entrada de energia, permitindo o desligamento e proteção individual de cada parte do sistema. Quando testado, o quadro demonstrou que a transferência entre energia solar e rede funciona sem interrupções.





Após a montagem, todos os sensores foram posicionados no local definido e conectados ao quadro. O sensor de nível 1, ao ser acionado, demonstrou corretamente o envio de sinal ao ESP32, que por sua vez ativou o primeiro nível de alerta. O sensor de nível 2, ao ser imerso durante os testes, ativou imediatamente o fechamento automático da comporta através do CLP. Por fim, o sensor de nível 3, responsável pelo nível crítico, ativou a bomba de escoamento e, simultaneamente, desligou os circuitos elétricos internos do local, garantindo a segurança contra choques e curtos durante uma situação de enchente.

A organização interna do quadro foi finalizada com abraçadeiras, trilhos DIN e canaletas, deixando toda a estrutura visualmente limpa, segura e de fácil manutenção. A montagem já concluída demonstrou funcionamento eficiente e confiável durante os testes, comprovando que a integração entre ESP32, CLP, sensores e sistema de energia está totalmente operacional.

5. RESULTADOS.

Após a montagem completa do quadro de comando, da instalação dos sensores de nível e da integração entre CLP, ESP32 e dispositivos de atuação, o sistema HidroAlert foi submetido a uma série de testes funcionais que permitiram validar o desempenho do protótipo em condições reais de operação com e sem o CLP. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema é capaz de identificar rapidamente o aumento do nível de água, acionar alertas e executar medidas de contenção de forma totalmente automática.

Durante os testes, o Sensor de Nível 1 respondeu de maneira imediata ao primeiro contato com a água, enviando o sinal ao ESP32, que transmitiu o som de auxílio.

No segundo estágio, o Sensor de Nível 2 apresentou funcionamento igualmente eficiente. Assim que o nível intermediário da água foi atingido, o CLP executou automaticamente o comando para acionar o pistão pneumático responsável pelo fechamento da comporta e a bomba da água para esvaziar o local de água. O deslocamento do pistão ocorreu de forma suave e firme, concluindo o fechamento da comporta em cerca de 3 segundos. Este resultado garante que, em situações reais, o sistema consegue atuar preventivamente antes que a água ultrapasse áreas críticas.

O Sensor de Nível 3, responsável pelo nível crítico, também respondeu perfeitamente ao teste. Ao ser acionado, o CLP desligou os circuitos elétricos internos do ambiente, evitando riscos elétricos durante alagamentos. O desligamento foi instantâneo.

A alimentação híbrida, composta por rede elétrica e bateria, também foi avaliada. A troca automática entre as duas fontes ocorreu sem interrupção no funcionamento do sistema, confirmando que o HidroAlert permanece operacional mesmo em situações de queda de energia — um cenário comum durante tempestades e enchentes. A autonomia da bateria mostrou ser suficiente para manter o sistema em funcionamento por várias horas.

O quadro de comando, após finalizado, permitiu uma instalação organizada, limpa e de fácil manutenção. Não foram identificadas falhas elétricas, superaquecimentos ou interferências entre circuitos durante o período de testes. A lógica desenvolvida no CLP também se mostrou precisa e confiável, executando cada etapa da operação na sequência exata planejada.

De forma geral, os resultados comprovam que o protótipo do sistema HidroAlert é eficiente, seguro e funcional, sendo capaz de detectar enchentes em múltiplos níveis, alertar usuários, executar a contenção mecânica com a comporta e ativar a bomba de drenagem, garantindo proteção preventiva e reduzindo significativamente os riscos de danos materiais.

ORÇAMENTO

- Caixa de comando = R\$230,00
- Clp = R\$600,00
- Contadora 24v = R\$60,00
- Reles 24 VCC X4 = R\$15,00
- Fios em geral = R\$200,00
- Disjuntor monopolar 25 A = R\$15,00
- Idr monopolar 25 A = R\$100,00
- Esp 32 = R\$40,00
- Módulo de som = R\$35,00
- Caixa de som = R\$40,00
- Barramentos, borneiras, = R\$50,00
- Parafusos e porcas= R\$50,00
- Terminais, fita isolante, dupla face = R\$80,00
- Sinaleiros leds = R\$40,00

REFERÊNCIAS

As referências devem seguir o que é previsto na NBR 6023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Defesa Civil Nacional. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991–2020*. Brasília, 2021.

CEPED/UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Relatório de danos materiais e humanos decorrentes de desastres no Brasil 1995–2019. Florianópolis, 2020.

FRADEN, Jacob. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs and Applications.* Springer, 2016. (Contém seção específica de sensores de nível e inundaçāo.)

LORA, E.; PATTEL, N. *Internet of Things for Smart Cities.* Elsevier, 2020.

PEREIRA, Carlos; GOUVEIA, João. *Sistemas Ciber-físicos e IoT na Indústria.* Lisboa: IST Press, 2021.