

## **MONITORAMENTO DE NÍVEL DE ÁGUA E DETECÇÃO DE FALHAS ATRAVÉS DO SISTEMA IOT**

Larissa Pereira Bermudes<sup>1</sup>, João Paulo da Silva Vieira<sup>1</sup>, Mirella Gonçalves da Fonseca Miranda da Silva<sup>2</sup> e Alexandre Adler Cunha de Freitas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica

<sup>2</sup>Engenheira Civil – Docente Multivix – Vitória

### **RESUMO**

A água é essencial para a vida e para atender às necessidades humanas, mas a distribuição ineficiente pode prejudicar o acesso, resultando em despesas inesperadas e impactos na integridade do sistema e na saúde dos consumidores. Este trabalho buscou desenvolver um sistema que mostrasse o nível de água para detectar previamente problemas, evitando a necessidade de deslocamento até o local. Utilizando a Internet das Coisas, o projeto empregou componentes eletrônicos, incluindo o Arduino UNO programado em C++. O sistema envia mensagens de texto com informações dos sensores de nível de bóia e ultrassônico, substitutos do sensor de eletroboia. Chaves de fluxo e relés de falta de fase e térmicos foram usados junto ao acionamento elétrico da motobomba. Isso permitiu a observação graduada das variáveis de nível, fornecimento de energia elétrica e detecção de problemas como falta de fluxo, falta de fase, extravasamento e nível crítico. Os resultados nos testes de bancada mostraram um controle de nível mais robusto e confiável, evidenciando a eficácia do sistema no monitoramento e controle das condições da água.

Palavras-Chave: reservatórios; automação; monitoramento; arduino e nível.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a humanidade, sendo um recurso estratégico que mantém a vida, sustenta a biodiversidade, a produção de alimentos e os ciclos naturais, tendo a sua importância nos aspectos ecológicos, econômicos e sociais. Posto que, de acordo com o Comitê sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da Organização das Nações Unidas (CESCR), é essencial ter acesso suficiente a água potável para prevenir a desidratação, reduzir o risco de doenças relacionadas à água e atender às necessidades de consumo, preparação de alimentos, higiene e doméstica. (SHAMMAS & WANG, 2018).

No contexto de um condomínio, a água proveniente de um sistema de bombeamento é utilizada para diversas finalidades. Portanto, para assegurar a qualidade e quantidade proporcional a oferta de água, torna-se imprescindível que ela esteja prontamente disponível para servir às necessidades dos residentes (SHAMMAS & WANG, 2018).

Dentre essas, de acordo com a NBR 5626:2020, se destacam atividades como: para beber e preparar alimentos; limpar, tomar banho e lavar roupa; limpar janelas, paredes e pisos; aquecimento e condicionamento de ar; para regar gramados e jardins; para aspersão e limpeza das ruas; para encher piscinas de adultos e bebês; além de proteger a vida e a propriedade contra possíveis incêndios (ABNT NBR 5626, 2020).

Contudo, o acesso à água frequentemente é prejudicado por diversos fatores, sendo um deles a ineficiência na distribuição. Isso resulta em inconvenientes e despesas inesperadas tanto para sistemas industriais como residenciais. Essa situação está associada à parte hidráulica, que engloba válvulas, registros, tubulações e conexões específicas, e à parte elétrica, que abrange o painel de controle responsável por acionar as bombas de água. Os principais desafios enfrentados nesse sistema incluem o transbordamento de reservatórios e caixas d'água, vazamentos nas tubulações, escassez de água nos tanques inferiores e superiores, além de sobrecarga nos motores (ALMEIDA, 2018).

Logo, nessas situações, por mais que exista tecnologias avançadas não é muito comum encontrar no dia a dia aplicações robustas para sistemas hidráulicos que mandem alertas, conscientização para economizar água, avisos ou

acompanhamento que possibilitam encontrar esses impasses com antecedência, dificultando a detecção prévia e a realização de manutenção antes que a falta de água prejudique os residentes, o edifício e os seus equipamentos (SCHMIDT *et al.*, 2022).

A automação residencial, conforme definida por Muratori e Bó (2011), oferece uma solução eficaz para lidar com os desafios mencionados, proporcionando serviços integrados por meio de sistemas tecnológicos para atender às necessidades básicas nas residências, como segurança, comunicação, gestão energética e conforto.

Visto que, no geral tais condomínios possuem um sistema simples de distribuição, somente com sensor de nível eletroboia, o presente trabalho tem como objetivo fazer uso de chave de nível de micro bóia e sensor ultrassônico interligado a placa de prototipagem arduino UNO, junto com módulo GSM/ GPRS Sim800L, caracterizando assim um sistema *IoT*, devido a interconexão de objetos e o acesso rápido a informações de forma digital, por meio das mensagens de texto de acompanhamento do sistema, enviadas ao usuário. Justificado pela necessidade de tornar possível o monitoramento de nível e detecção de falhas do sistema de bombeamento de água em condomínios prediais de forma ágil, sem a necessidade de mover-se até as instalações prediais, e sustentável, ao evitar desperdício de recursos hídricos, por meio do controle diante a casos de extravasamento dos reservatórios (NUNES, 2022).

Sob esse viés, o trabalho justificou-se na busca pela sustentabilidade reduzindo as perdas de água e promovendo a capacidade de uso consciente, além da qualidade do funcionamento de um sistema de grande importância para as pessoas, uma vez que suas limitações e problemas afetam tanto os indivíduos quanto o próprio sistema. Por exemplo, a entrada indesejada de ar na tubulação compromete seu correto funcionamento. Nesse sentido, a aplicação de tecnologias de automação visa encontrar soluções que atendam às demandas domésticas, sem aumentar significativamente os custos, a fim de superar os obstáculos e limitações existentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

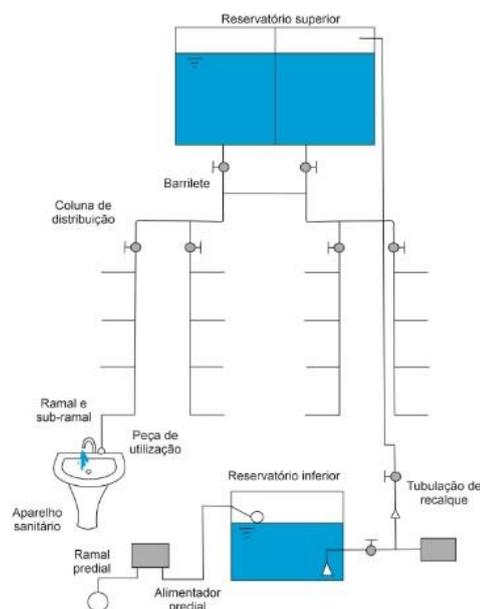
### 2.1 SISTEMA HIDRÁULICOS PREDIAIS

A água é um elemento fundamental, por isso para que ela atinja o usuário final, com qualidade e bom funcionamento da instalação, evitando vazamentos e ruídos no sistema, é necessário a realização do controle da distribuição para limitar certos valores de pressões e velocidades, definidos na Norma Técnica (REALI *et al.*, 2002).

Para manter a qualidade do escoamento da água, é indispensável a ação de uma força impulsora. Sendo necessária a instalação de um conjunto de tubulações, aparelhos, reservatórios e de uma ou mais bombas para aumentar a energia mecânica do fluxo contínuo de água, visto que a ação da gravidade não é suficiente para vencer a altura manométrica (LORENA, 2019).

Conforme Júnior (2020), o sistema predial de água fria (SPAF) pode ser dividido em três subsistemas: o subsistema de abastecimento, que inclui o ramal predial, cavalete e alimentador predial; o subsistema de reservação, composto pelo reservatório inferior, conjuntos elevatórios, tubulações de sucção e recalque, e reservatório superior; e o subsistema de distribuição interna, que engloba o barrilete, as colunas e os ramais de distribuição. Isso é ilustrado na Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Partes formadora de um sistema predial de água fria



Fonte: VIANA, 2019

Conforme estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998), em um sistema de distribuição indireta com utilização de bombas, é essencial construir um reservatório inferior para abastecer o reservatório superior por meio de bombeamento. Os elementos físicos desse sistema estão descritos no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Componentes do sistema de bombeamento de água

DISPOSITIVO	DESCRIÇÃO
Ramal predial	Tubulação que a concessionária define a conexão entre a rede pública de água e o início do sistema interno de encanamento. Ela também determina o ponto de término do ramal predial.
Cavalete	Conjunto de tubos, conexões e registros destinados à instalação do hidrômetro.
Extravasor	Tubulação que sai do reservatório com o objetivo de escoar eventuais excessos de água.
Alimentador predial	Tubulação que liga a fonte de abastecimento a um reservatório de água de uso doméstico.
Instalação elevatória	Sistema destinado a elevar a pressão da água em uma instalação predial de água fria quando a pressão disponível na fonte de abastecimento for insuficiente.
Tubulação de recalque	Tubulação entre o orifício de saída da bomba e o ponto de descarga no reservatório de distribuição.
Reservatório	Compartimento destinado ao armazenamento de água da edificação.
Barrilete	Tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as colunas de distribuição, quando o tipo de abastecimento é indireto.
Coluna de distribuição de água fria (CAF)	Tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais.
Ramal	Tubulação derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.
Sub-ramal	Tubulação que liga o ramal ao ponto de utilização.
Ponto de utilização	Extremidade a jusante do sub-ramal a partir da qual a água fria passa a ser considerada água servida. Qualquer parte da instalação predial de água fria, a montante desta extremidade, deve preservar as características da água para o uso a que se destina.

Fonte: ABNT, 1998, adaptado pelos autores.

## 2.2 AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

A automação no sistema de distribuição de água predial é a implementação de tecnologias como sensores de vazamento, medidores inteligentes, sistema de controle centralizado, monitoramento remoto, programação de horários, alertas e notificações para monitorar, controlar e otimizar o fornecimento de água em edifícios. Isto porque, atribuir a tarefa de operar e monitorar o sistema, além de ter que detectar possíveis falhas a uma pessoa fatalmente acarretará desperdício de água, energia elétrica, danos aos equipamentos e, também, afetará as necessidades básicas dos residentes (ASSIS, 2005).

## 2.3 MEDIÇÃO DE NÍVEL

De acordo com a Norma Brasileira NBR:12217, um reservatório pode ser compreendido em três níveis, sendo eles: Nível mínimo operacional, o nível mais baixo necessário para que o reservatório funcione adequadamente, evitando cavitação, vórtices e arrasto de sedimentos do fundo do reservatório; nível máximo de operação, refere-se ao nível de água mais alto permitido para o funcionamento normal do reservatório; volume útil compreendido entre os níveis máximo e mínimo, para atender às variações diárias de consumo.

### 2.3.1 Sensor de nível

Existem vários dispositivos fabricados para monitoração e controle de nível que podem detectar a presença ou ausência da água através de uma ação mecânica ou pela ação elétrica do líquido sob o sensor, dentre esses dispositivos o comumente mais utilizado é a eletroboia com interruptor de mercúrio, entretanto além de oferecer risco de contaminação da água não possui tanta precisão e nem flexibilidade de instalação quanto os sensores de chave e ultrassônico, além de ter o seu acionamento prejudicado devido a ondulação do líquido (ENGELOGIC, 2020).

- Sensor de Chave

Devido à sua forma construtiva, o sensor de chave deve ser instalado lateralmente nos reservatórios. Os componentes básicos deste sensor são o flutuador, haste ou cabo e os contatos elétricos normalmente aberto e normalmente fechado, sendo o acionamento dos contatos garantido com a flutuação da boia sobre o fluido

monitorado. A transmissão de movimento mecânico para o elemento de contato elétrico se dá por meio de um acoplamento magnético entre dois ímãs permanentes (ENGELOGIC, 2020).

- **Sensor de Nível Ultrassônico**

O medidor de nível do tipo ultrassônico é instalado na parte superior de um tanque. O funcionamento desses sensores baseiam-se na emissão de uma onda de frequência elevada e na medição do tempo necessário para receber o eco gerado quando essa onda colide com um objeto capaz de refletir o som. (CRUZ *et al.*, 2016).

Através de estímulos elétricos, o transdutor emite ciclicamente uma onda acústica que irá se propagar até se encontrar com um objeto. Quando um objeto reflete os pulsos ultrassônicos em forma de eco de volta para o transdutor, e esta, por sua vez, gera um estímulo mecânico no próprio transdutor, fazendo com que ele converta esse estímulo mecânico em elétrico (CARNEIRO & LUGLI, 2014).

## 2.4 IoT COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO

A Internet das Coisas é uma extensão da Internet atual, por meio dela, os objetos, as coisas, podem se comunicar entre si. Assim, um sensor pode identificar o nível de água da cisterna ou caixa d'água do sistema de bombeamento predial e informar ao usuário ou síndico a porcentagem de água. Um sensor em uma rodovia pode informar quantos veículos trafegam por uma estrada. Quando esses objetos conectados são dotados de capacidade de processamento, passamos a dizer que são "inteligentes" (*smart*) (SACOMANO *et al.*, 2018).

### 2.4.1 Elementos da IoT

A infraestrutura da rede de IoT inclui software, hardware e serviços que suportam o sistema de comunicação. Essa infraestrutura utiliza tecnologias como *Radio-Frequency Identification* (RFID), sensores, tecnologias inteligentes e nanotecnologias para oferecer uma variedade de serviços. Sensores e atuadores são essenciais para coletar e enviar dados, permitindo que os dispositivos conectados ajam de forma autônoma. As redes de comunicação comuns em IoT incluem WiFi, Bluetooth e *near field communication* (NFC), mas aplicações específicas podem

dependem de redes móveis, como o 5G, com foco na otimização de energia e recursos de processamento (MORAIS et al., 2018).

### 2.4.2 Arduino

O Arduino é um microcontrolador, constituído por hardware e software demonstrado no Quadro 2 a seguir, que permite conectar circuitos eletrônicos a seus terminais, controlando coisas – como, por exemplo, ligar ou desligar relés, lâmpadas, motores, ou medir grandezas físicas por meio da conexão com sensores. Sua função no projeto será realizar o monitoramento do nível dos reservatórios e notificar por mensagem de texto ao usuário, além de informar a detecção de falha por falta de fase (MONK, 2017).

Quadro 2 - Composição do Arduino

ESTRUTURA	COMPOSIÇÃO
HARDWARE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microprocessador Atmel AVR. Cristal ou oscilador; Regulador de voltagem de 5 volts; Unidade central de processamento (CPU); Memória de trabalho (RAM); Memória Flash; Memória EEPROM (não volátil); Alguns tipos de Arduino possuem saída USB para conexão com PC ou Mac; A placa expõe os pinos de entrada/saída do microcontrolador para conexões com outros dispositivos.</li> </ul>
SOFTWARE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE); Linguagem de programação C/C++; Permite a criação de programas compostos por instruções sequenciais; Os programas no Arduino são chamados de "sketches" (esboços); É possível baixar os sketches gratuitamente no site oficial, para Windows, Linux e Mac OS;</li> </ul>

Fonte: McRoberts, 2015, adaptado pelos autores.

### 2.4.3 Módulo GSM/ GPRS SIM800L

GSM, sigla que descreve Sistema Global de Comunicação Móvel (*Global System Mobile Communication*), protocolo que estabeleceu os padrões para a telefonia móvel, também conhecida como 2G. Além disso, essa tecnologia introduziu o uso de chips nos celulares, possibilitando a troca de aparelhos sem a perda do número (MONTEIRO et al. 2021).

Já o GPRS, abreviação para Serviço de Rádio de Pacote Geral (*General Packet Radio Service*), conhecido como 2,5G. A integração do GPRS ao sistema GSM

resultou na chamada geração 2,5G, representando um avanço crucial na comunicação móvel de dados. O Módulo GSM/GPRS SIM 800L, oferece a capacidade de enviar mensagens de serviço de mensagem curta - *Short Message service* (SMS) , realizar chamadas e conectar-se à internet com um chip válido. Em virtude disso, o módulo GSM/GPRS SIM 800L é muito utilizado em projetos de IoT para notificar o usuário sobre algum evento ou acontecimento pré-definido (MONTEIRO *et al.* 2021).

Para realizar a comunicação entre o módulo e o Arduino é necessário a utilização da biblioteca *SoftwareSerial* para definir no microcontrolador uma porta serial de comunicação à dois fios e a biblioteca *Sim800L* com as funções de *sendSms* (*number, text*) que envia o Sms armazenada na posição *text* para o número definido em *number*; *begin* a qual inicializa a biblioteca; *readSms(index)* lê a mensagem definida no parâmetro *index*; *getnumberSms(index)* identifica o número do remetente da mensagem e a função *delAllSms* que exclui todas as mensagens da memória (TEIXEIRA, 2019).

### **3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA**

#### **3.1 DELIMITAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ANÁLISE**

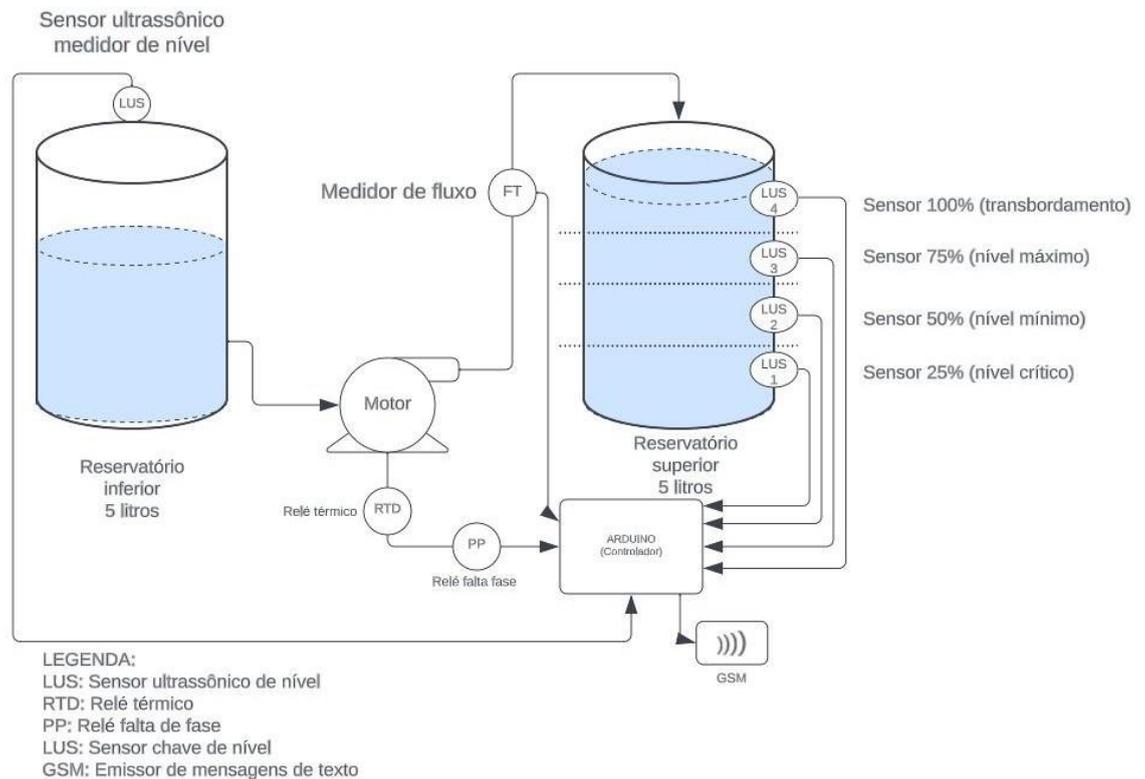
Para este estudo, considerou algumas variáveis sendo elas o nível dos reservatórios indicativos de extravasamento de água e/ou nível crítico, quando a quantidade de água está abaixo do nível mínimo e apresenta dificuldade de ser bombeado pela motobomba. Além disso, foi considerado o como variável de processo o fluxo entre os reservatórios, demonstrando integridade do meio condutor do fluido entre os tanques de água e os relés de falta fase e térmico que sinalizam, em resumo, a falha na motobomba por falta da rede elétrica e sobrecarga no motor. Todas essas variáveis são indicativas de falhas no sistema de bombeamento de água.

#### **3.2 OBJETO DE ESTUDO**

Para este trabalho, foi dimensionado pelos autores, no Centro Universitário Multivix - Campus Vitória, um sistema de forma análoga aos processos de bombeamento instalados em prédios residenciais e comerciais, onde se faz o uso de reservatórios inferiores e superiores.

Para compor esse sistema de bancada, foram utilizados dois reservatórios de 5 litros cada, 4 sensores chave de nível EICOS, 1 sensor de nível ultrassônico, 1 arduino, 1 módulo GSM/GPRS Sim800L, 1 chip cadastrado na operadora de telefonia móvel, 4 chaves de duas posições, um motor de corrente contínua de 12Vcc, caixa de ligação de plástico, fios e conexões elétricas, conforme descrito na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do sistema de bancada



Fonte: Autores, 2023.

Desta forma, a montagem do projeto foi dividida em 3 principais partes: Sendo a primeira caracterizada pelas entradas e saídas do sistema, como respectivamente os sensores e a motobomba, para realizar o transporte do fluxo de água e as medições, microcontrolador, que irá converter os sinais elétricos dos sensores em informações sobre os níveis dos reservatórios, e por último rede de celular móvel, responsável por receber os dados coletados.

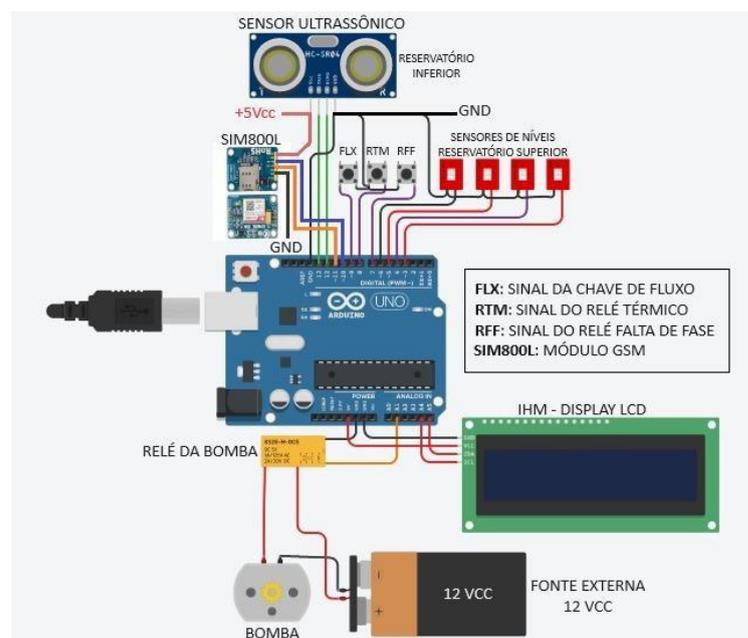
### 3.3 APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NO SISTEMA DE BOMBEAMENTO

#### 3.3.1 Dimensionamento da IoT

O sistema IoT é um conceito que se aplica à conexão digital entre objetos cotidianos em tempo real. No caso deste projeto o objeto conectado à rede móvel será os sensores de nível. Tal comunicação será possível por meio do microcontrolador Arduino UNO, escolhido por apresentar praticidade, bom custo-benefício e grande robustez, que possui como entrada (*INPUT*) digital 4 sensores de chave de nível e 1 sensor Ultrassônico, módulo GSM/GPRS Sim800L por ser fácil de utilizar e instalar, e como *input* analógica o IHM display LCD e saída (*OUTPUT*) digital a bomba de recalque.

A seguir, a Figura 3, mostra a representação estruturada do modelo proposto para auxiliar os residentes e síndicos de condomínios prediais no monitoramento de nível de água e detecção de falhas. Nela é possível identificar os componentes que constituem o sistema, os quais são descritos adiante.

Figura 3 - Representação do sistema proposto



Fonte: Autores, 2023.

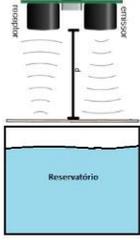
Os sensores designados estão ligados ao microcontrolador, que consiste no módulo computacional composto por software e banco de dados, o qual recebe as leituras dos sensores e converte o valor de tensão lido em parâmetros físicos.

O sensor ultrassônico HC - SR04, escolhido devido a sua ampla faixa de medição, foi utilizado no reservatório inferior, destacado na Figura 4, o qual monitora

o nível de água através do cálculo da distância de acordo com o tempo em que a emissão da onda ultrassônica demora para retornar ao receptor. A distância calculada é proporcional a variação de voltagem, enviando para o sistema um sinal elétrico. Ao detectar o nível de água abaixo do pré-estabelecido, o sistema entra em nível crítico desligando a bomba e evitando a falha (NAKATANI *et al.*, 2014).

Enquanto isso, o sensor chave de nível ilustrado na Figura 4, é utilizado para determinar o nível do reservatório superior, sua escolha foi realizada por já possuímos o dispositivo, além de poder realizar o dimensionamento estrategicamente para proporcionar segurança através da redundância devido aos múltiplos sensores, garantindo um monitoramento mais confiável. Desta forma, o sistema do reservatório superior foi dividido entre 4 sensores: 100% que representa o transbordamento, 75% representam reservatório cheio, 50% é a média do nível e 25% é nível baixo e crítico.

Figura 4 - Sensores de medição de Nível de água

Sensor Ultrassônico	Sensor Chave de Nível
 <p data-bbox="411 1368 746 1397">Fonte: Marcacini <i>et al.</i>, 2023.</p>	 <p data-bbox="1070 1272 1302 1301">Fonte: Eicos, 2023.</p>

Ao detectar possíveis falhas o sinal é encaminhado para o módulo GSM/GPRS Sim800L, selecionado por possuir uma interface de simples comunicação serial, que por sua vez irá comunicar ao residente através da mensagem de texto, isto é, a partir do número do celular cadastrado no código do arduino (MONTEIRO *et al.* 2021).

### 3.3.2 Código de programação do microcontrolador

O IDE ou ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment*), é o software utilizado para escrever o código para o arduino, apresentado na Figura 5. O código também é chamado de *sketch*, para o projeto proposto foi nomeado como "TCC\_ENG\_ELET.ino", sua linguagem de programação

é a C++ e possui as funções void setup() para configurações iniciais e void loop() para repetição contínua dos comandos até o desligamento ou reset do Arduino. Logo após, transferido para o microcontrolador, via porta USB do notebook (OLIVEIRA & ZANETTI, 2015).

De um modo geral, o código desenvolvido tem o propósito de enviar SMS para o residente cadastrado a partir do estado dos sensores de nível, a fim de contribuir para o monitoramento, de forma remota ou local por meio do celular móvel e da implementação do display no painel elétrico, do nível de água e a detecção de falhas dos reservatórios inferior e superior do sistema.

Para isto, o código foi estruturado nas seguintes etapas:

- Inclusão de bibliotecas;
- Definição das entradas e saídas;
- Estado dos sensores de nível;
- Lógica de funcionamento do sensor ultrassônico do reservatório inferior;
- Condições de desligamento da bomba;
- Envio automático de mensagem de texto.

Dentre elas destacam-se as etapas do desligamento da bomba e do envio automático de mensagem de texto, conforme a Figura 5 a seguir:

Figura 5 - Código de programação

```

// CONDIÇÕES DE DESLIGAMENTO DA BOMBA
//=====
// Desliga a bomba caso o nível do reservatório inferior seja crítico ou transbordamento do reservatório superior
if (nivelRI == 1 || nivelRS == 5){
  | digitalWrite(BOMBA, HIGH);
}
// Condição para deixar a bomba ligada
if (nivelRI != 1 && nivelRS != 5 && estadoRFF != LOW && estadoRTM != LOW && estadoCHFLX != LOW){
  | digitalWrite(BOMBA, LOW);
}
// Desliga a bomba caso haja falhas no sistema
if (estadoRFF == LOW || estadoRTM == LOW || estadoCHFLX == LOW){
  | digitalWrite(BOMBA, HIGH);
}

//ENVIIO AUTOMÁTICO DE SMS
//=====

// Reservatório Inferior

  if (nivelRI == 1){
    | Sim8001.sendSms("+5527997662653", "NIVEL CRITICO NO RESERVATORIO INFERIOR: BOMBA DESLIGADA");
  }

  if (nivelRI == 5){
    | Sim8001.sendSms("+5527997662653", "TRANSBORDAMENTO NO RESERVATORIO INFERIOR");
  }

```

Fonte: Autores, 2023.

O código realiza o controle e o monitoramento para um bom funcionamento da bomba de recalque, do reservatório superior e inferior e do sistema em si. Utilizando o comando "if", verifica-se as seguintes condições: se o nível do reservatório inferior for 1 (significa que a bomba está trabalhando com o nível de água baixo, em estado crítico) ou o nível do superior for 5 (significa que o reservatório está em transbordamento), desligando a bomba. Entretanto, se os níveis forem diferentes de 1 e 5, e se não houver falhas nos relés de falta de fase, térmico e na chave de fluxo, a bomba se mantém ligada. Caso haja alguma falha, o funcionamento da bomba é interrompido para evitar danos. Conseqüentemente, o sistema envia mensagens automáticas através do módulo SIM800L, alertando sobre situações críticas nos níveis dos reservatórios, garantindo a integridade do sistema.

### 3.5 APRESENTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Durante o funcionamento do sistema de bombeamento de água entre o reservatório inferior e superior, caso venha surgir alguma falha, a mesma estando relacionada no Quadro 3, será enviado uma mensagem em até 10 segundos, previamente cadastrada no arduino informando as falhas ocorridas no sistema, de forma a evitar a interrupção do abastecimento de água para os condôminos.

Quadro 3: Mensagens de alerta do sistema

Possíveis falhas	Mensagens de texto enviada
Sobrecarga no motor e/ou falha na refrigeração deste.	"ALERTA!!! RELÉ TÉRMICO ATUADO"
Interrompida uma das alimentações elétricas	"ALERTA!!! FALTA DE FASE ATUADO"
Reservatório inferior, abaixo do nível mínimo	"NÍVEL CRÍTICO NO RESERVATÓRIO INFERIOR: BOMBA DESLIGADA"
Nível acima de 100% no reservatório superior	"TRANSBORDAMENTO NO RESERVATÓRIO SUPERIOR! BOMBA DESLIGADA."
Sem fluxo de água, após a bomba entre os reservatórios inferior e superior.	"ALERTA!!! SEM FLUXO DE ÁGUA APÓS O ACIONAMENTO DA BOMBA"

Fonte: Autores, 2023.

### 3.6 ORÇAMENTO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

Durante a prototipação e implantação do modelo, foi orçado o valor do sistema, descrito na Tabela 1, e realizado a aquisição dos componentes em lojas do ramo de materiais de construção e eletrônicos, no estado do Espírito Santo. A compra dos sensores e da caixa multiuso de PVC na Construbom e os demais dispositivos eletrônicos na Eletrônica Gorza Vitória. Ademais, segue uma estimativa do custo médio, a fim de realizar a implantação do sistema para condomínio predial, analisado por Nunes na Tabela 2, (2022).

Tabela 1 - Custo do protótipo

Orçamento do projeto	Quantidade	Valor
Arduino UNO	1	R\$ 100,00
Chave de nível micro boia	4	R\$ 104,00
Sensor ultrassônico	1	R\$ 22,00
Módulo GSM/GPRS Sim800l	1	R\$ 77,00
Motor de corrente contínua	1	R\$ 29,90
Chave 2 posições (para simulação das falhas)	4	R\$ 6,00
Caixa multiuso de PVC	1	R\$ 35,00
Módulo relé para arduino	1	R\$ 10,00

Display LCD	1	R\$ 27,90
Total	15	R\$ 411,80

Fonte: Autores, 2023.

Tabela 2 - Custo médio para Implantação

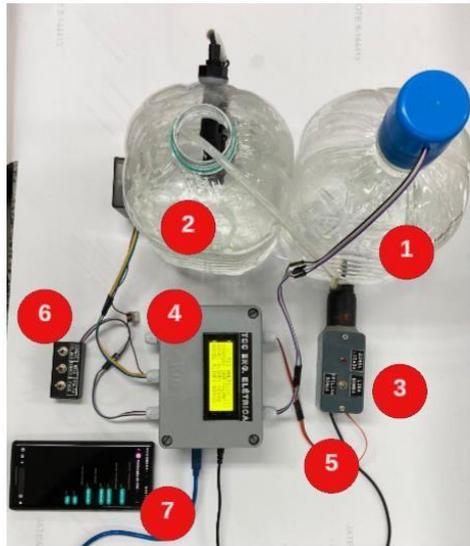
<b>Custos</b>	<b>Valores</b>
Componentes eletrônicos	R\$ 793,00
Componentes elétricos	R\$ 652,19
Caixa e componentes mecânicos	R\$ 490,00
Montagem do equipamento	R\$ 500,00
Testes	R\$ 100,00
Desenvolvimento do software	R\$ 500,00
Instalação	R\$ 1.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 4.035,19</b>

Fonte: Nunes, 2023, adaptado pelos autores.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em virtude da importância que o sistema de distribuição de água possui para sobrevivência dos moradores, para manter integridade do mesmo foi efetuado algumas análises no projeto de bancada apresentado na Figura 6, no sentido de avaliar a qualidade da aplicação dos dispositivos e também a viabilidade do sistema proposto, visto a necessidade de aplicações futuras. O sistema conta com alguns instrumentos de medição que foram correlacionados no Quadro 4, com as possíveis falhas abordadas nesse trabalho.

Figura 6 - Projeto de bancada desenvolvido pelos Autores



Onde:

- 1 - Reservatório inferior;
- 2 - Reservatório superior;
- 3 - Acionamento da bomba elétrica;
- 4 - Caixa de proteção do arduino e componentes eletrônicos;
- 5 - Cabos e conexões elétricas;
- 6 - Chaves de duas posições para simular falhas;
- 7 - Celular para receber mensagens digitais.

Fonte: Autores, 2023.

Quadro 4 - Variáveis analisadas neste projeto

Instrumento	Função	Possíveis falhas identificadas
Relé térmico	Componente eletrônico utilizado para proteger motores elétricos contra danos causados por sobrecarga de corrente.	Sobrecargas no motor, devido a carga requerida exceder a capacidade do motor, bomba seca ou refrigeração inadequada.
Relé falta de fase	Componente eletrônico utilizado para proteção de falta de fase de alimentação elétrica da rede.	Avárias na instalação elétrica de alimentação dos motores e/ou componentes de comando do sistema.
Chave de fluxo	Servem para a indicação e monitoramento do fluxo de meios líquidos e gasosos.	Falta de fluxo líquido entre os reservatórios superiores e inferiores.
Sensor de nível ultrassônico	Realiza monitoramento de nível no reservatório inferior.	Nível baixo no reservatório desconsiderando o extravasamento.
Sensor chave de nível	Realiza o monitoramento do nível de água do reservatório (100%, 75%, 50%, 25%)	Nível crítico (igual ou inferior a 25%) e transbordamento (igual ou acima de 100%) no reservatório superior
IHM Display LCD	interface local para monitoramento	informa o status de falhas e o nível do reservatório inferior e superior
IHM Display LCD	interface local para monitoramento	informa o status de falhas e o nível do reservatório inferior e superior

Módulo GSM/GPRS Sim800L	Alerta remotamente o usuário através do envio de SMS, possui um slot para cartão SIM de qualquer operadora	informa o status de falhas e o desligamento da bomba
-------------------------	--	--

Fonte: Autores, 2023.

Ao realizar os testes descritos no Quadro 5, após os reservatórios atingirem os níveis delimitados e também com a detecção das falhas, houve a mudança de status no display LCD, localizado no painel elétrico, e o envio de mensagem de texto com um atraso de 10 segundos em média, para o usuário cadastrado, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Mudança de status e envio de Mensagens

Mensagem na rede móvel (remota)	Mensagem no display (local)
	

Fonte: Autores, 2023.

Quadro 5: Descrição dos resultados do teste

Título do teste	Descrição dos resultados
<p><b>Primeiro Teste (Nível crítico reservatório inferior)</b></p> <p>NIVEL CRITICO NO RESERVATORIO INFERIOR: BOMBA DESLIGADA</p>	<p>Após o reservatório inferior abastecer o superior, e esse atingir <math>\frac{1}{4}</math> da sua capacidade nominal, ele entra em estado de modo crítico, desarmando a bomba e enviando uma mensagem de texto para o dispositivo móvel cadastrado, informando o nível do tanque inferior: "NÍVEL CRÍTICO NO RESERVATÓRIO INFERIOR: BOMBA DESLIGADA".</p>
<p><b>Segundo teste (Nível alto do reservatório superior atuado indicando transbordamento)</b></p>	<p>Durante o monitoramento do nível de enchimento no reservatório superior, a detecção simultânea dos quatro sensores chave de nível levou à identificação de uma situação de transbordamento. Nesse caso,</p>

<p><b>TRANSBORDAMENTO NO RESERVATORIO SUPERIOR: BOMBA DESLIGADA</b></p>	<p>um alerta é imediatamente enviado ao usuário através de uma mensagem de texto com o seguinte aviso: “TRANSBORDAMENTO NO RESERVATÓRIO SUPERIOR: BOMBA DESLIGADA”.</p>
<p><b>Terceiro teste (Chave de fluxo atuada)</b></p> <p>ALERTA!!! SEM FLUXO DE AGUA APOS O ACIONAMENTO DA BOMBA</p>	<p>Durante o enchimento do reservatório superior, foi acionada uma chave de duas posições simulando uma falha de falta de fluxo na tubulação. Diante disso, um alerta foi enviado para o usuário com o seguinte aviso: “ALERTA!!! SEM FLUXO DE ÁGUA APÓS O ACIONAMENTO DA BOMBA”.</p>
<p><b>Quarto teste (Relé térmico atuado)</b></p> <p>ALERTA!!! RELE TERMICO ATUADO</p>	<p>Durante o enchimento do reservatório superior, foi acionada uma chave de duas posições simulando relé térmico atuado, caracterizando uma sobrecarga no motor. Diante disso, um alerta foi enviado para o usuário com o seguinte aviso: “ALERTA!!! RELÉ TÉRMICO ATUADO”.</p>
<p><b>Quinto teste (Falta de fase atuado)</b></p> <p>ALERTA!!! FALTA DE FASE ATUADO</p>	<p>Durante o enchimento do reservatório superior, foi acionada uma chave de duas posições simulando uma falta de fase. Ou seja, quando temos uma das alimentações elétricas interrompidas. Diante disso, um alerta foi enviado para o usuário com o seguinte aviso: “ALERTA!!! FALTA DE FASE ATUADO”</p>

Fonte: Autores, 2023.

Diante do exposto, podemos observar a eficiência do sistema e a viabilidade econômica, a partir do custo acessível do projeto, visto que, o custo-benefício vai muito além do retorno financeiro, já que também leva em consideração as melhorias para o sistema existente devido a implantação do investimento.

Entretanto, é importante ressaltar alguns pontos de aprimoramento observados durante o desenvolvimento e realização dos testes do projeto, sendo um deles a utilização de chip específico, devido ao risco de bloqueio do chip convencional pelo módulo, risco de interferências na transmissão das informações por queda da rede de telefonia móvel, além de não conseguir intervir no baixo do reservatório superior.

Mesmo com essas limitações o monitoramento de nível de água e detecção de falhas do sistema de bombeamento é um avanço para os condomínios prediais comparada com os já existentes, possibilitando o acesso à informação do sistema contribuindo para a tomada de decisões e o planejamento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÕES

Levando em consideração a essência da água para os seres humanos e, visto que, a falta do gerenciamento deste bem pode levar a sua escassez nos próximos anos, o presente trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de monitoramento do nível de água e detecção de falhas em condomínios prediais com baixo custo e com acesso a informações de forma remota em tempo real.

A partir dos testes realizados, constatou-se um desempenho adequado do sistema, vencendo os desafios enfrentados, como o transbordamento dos reservatórios, a escassez de água e a sobrecarga nos motores. Sendo possível encontrar esses impasses com antecedência, facilitando a detecção e a realização de manutenção antes que a falta de água prejudique os residentes, o edifício e os seus equipamentos.

Ademais, este estudo comprovou as vantagens que a implementação da IoT no cotidiano das pessoas fornece, sendo possível, a partir da aplicação de tecnologias de automação, encontrar soluções que atendam às demandas domésticas, sem aumentar significativamente os custos, prevendo ocasiões de falta de água, com alertas que informam sobre a disponibilidade dos reservatórios, por consequência motivando o consumo consciente e contribuindo para a sustentabilidade.

Durante os testes e análise dos resultados, surgiram algumas questões que direcionam para a continuidade do estudo, como: realizar o controle de válvulas no sistema hidráulico para evitar entrada de ar em condições de níveis críticos no reservatório superior; utilizar chip de dados próprio para IoT, M2M máquina para máquina (*machine to machine*), tecnologia que realiza a comunicação entre dois dispositivos conectados; desenvolvimento de aplicativo próprio para o monitoramento de nível.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Giovanni Maraschine de. SISTEMAS HIDRÁULICOS PREDIAIS: um novo método de dimensionamento. 2018. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Feciv, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22576/3/SistemasHidr%C3%A1ulicosPrediais.pdf> . Acesso em: 28 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projetos De Reservatório De Distribuição De água Para Abastecimento Público. 2 ed. Rio de Janeiro: Comissão de Estudo de Sistema de Abastecimento de Água, 1994. 4 p. Disponível em: <https://idoc.pub/documents/nbr-12217-projetos-de-reservatorio-de-distribuiao-de-agua-para-abastecimento-publico-6klzev7ypvlg>. Acesso em: 02 out. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3opredial-de-c3a1gua-fria.pdf> . Acesso em: 28 abr. 2023

CARNEIRO, João Batista de Sousa; LUGLI, Alexandre Baratella. Estudo de Sensores ultrassônicos e suas aplicações. 2014. 7 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Circuitos Eletrônicos Avançados., Instituto Nacional de Telecomunicações, São Paulo, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Professor/Downloads/Estudo%20de%20Sensores%20ultrass%C3%B4nicos%20e%20suas%20aplica%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2023.

CRUZ, Emerson Soares et al. Controle de Nível em Malha Fechada. 2016. 5 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Paulista, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://lcv.fee.unicamp.br/images/BTSym16/proceedings/PA14-16-edited.pdf>

Acesso em: 25 maio 2023.

EICOS. **SENSOR DE NÍVEL EICOS PARA LIQUIDOS**. 2023. Disponível em: <https://www.eicos.com.br/sensor-de-nivel/>. Acesso em: 02 nov. 2023.

ENGELOGIC. **Sensores de Nível**. 2020. Disponível em: <https://www.engelologic.com.br/download/sensores-nivel.pdf> . Acesso em:16 set. 2023.

GUEDES,Cezar Rogério. **APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO E REDUÇÃO DE FALHAS DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA**.2017. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Confiabilidade, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2017.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2020. 359 p.

LORENA.**Bombeamento de Fluidos**. 2019. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia, São Paulo, 2019. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4583896/mod\\_resource/content/0/Bombas\\_Apostila\\_rev\\_Liv02.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4583896/mod_resource/content/0/Bombas_Apostila_rev_Liv02.pdf). Acesso em: 10 set. 2023

MARCACINI, Renato Gomes. **SENSOR ULTRASSÔNICO**. 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sensor-ultrassonico-detectando-nivel-de-agua\\_fig2\\_340926016](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sensor-ultrassonico-detectando-nivel-de-agua_fig2_340926016). Acesso em: 02 nov. 2023.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. 300 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=kfZyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=arduino&ots=1RBYz4KPIN&sig=QULOS1umB2envNxlh4jSTEPMNNY#v=onepage&q=arduino&f=false>. Acesso em: 02 jun. 2023.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017. 173 p.

MONTEIRO, Fátima Aparecida Melo; LADIVEZ, Paulo Sebastião; BRUNO, Daniel Otavio Tambasco; AMICI, Thiago Tadeu. **DETECTOR DE QUEDAS VIA CELULAR**. 2021. 14 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mecatrônica, Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica, São Caetano do Sul, 2021. Disponível em: <https://revistabrmeatronica.sp.senai.br/ojs/index.php/revistabrmeatronica/article/view/130/124>. Acesso em: 15 out. 2023.

MORAIS, Izabelly Soares de; GONÇALVES, Priscila de Fátima; LEDUR, Cleverson Lopes; CÓRDOVA JUNIOR, Ramiro Sebastião; SARAIVA, Maurício de Oliveira; FRIGERI, Sandra Rovená. **INTRODUÇÃO A BIG DATA E INTERNET DAS COISAS (IoT)**. Porto Alegre: Sagah, 2018. 184 p.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique dal. **Automação residencial: conceitos e aplicações**. 2. ed. Belo Horizonte: Educere, 2013. 200 p. Disponível em: [https://static2.voltimum.com/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/04\\_automacao\\_residencial1.pdf](https://static2.voltimum.com/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/04_automacao_residencial1.pdf). Acesso em: 05 maio. 2023.

NAKATANI, A. M.; GUIMARÃES, A. V.; NETO, V. M. **Medição com Sensor Ultrassônico HC-SR04**. Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, 3. FAURGS. 2014.

NUNES, Israel Rodrigues; **Sistema de controle e monitoramento de reservatórios de líquidos e bombas d'água para condomínio**, Orientador: Izidoro, Cleber Lourenço. 2022. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) – Centro Universitário UniSATC. Santa Catarina, 2022. Disponível em: <http://repositorio.satc.edu.br/bitstream/satc/499/2/Israel%20Rodrigues%20Nunes.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2023.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira; ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana. **Arduino Descomplicado: como elaborar projetos de eletrônica**. São Paulo: Érica, 2015. 289 p.  
REALI, Marco Antônio Penalva; MORUZZI, Rodrigo Braga;

PICANÇO, Aurélio Pessôa; CARVALHO, Karina Querne

de **INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA**. 2002. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia de São Carlos,

Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44405726/APOSTILA\\_de\\_Prediais\\_nova-libre.pdf?1459799050=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DINSTALACOES\\_PREDIAIS\\_DE\\_AGUA\\_FRIA\\_UNIVE.pdf&Expires=1699621063&Signature=eNqTSTObpeEXXxECEcWHdnCcjUcHSxzfrWhfdZcq48EJlx7wbsVDwz88av6rxoh-Olea2rbQdRC0SKEFpGYdXsiLj2E0zhxn6Yyy2Qg29OmLPH2ByL6dNiDvW3VZ0VVAgKvhFkRCt3c1fxQLZNBi0AbfrDumqJYWCIGhK~BJqqDCF39y-B7Qu-WJal0CiiDq2eUg7daP95yMH4YyHj~mui6v5e3Th4wK6QuN4GUjvnPP6j57nRzYAOUK2Re6R3DHWYMN7mheZuBYYGwR6A-POOC0hhbInaVT9F8zYodsilqzI2G0jOUw-SJEtC6M~eWmeCY8c3JVPfGKHfpDdzu3Q &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44405726/APOSTILA_de_Prediais_nova-libre.pdf?1459799050=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DINSTALACOES_PREDIAIS_DE_AGUA_FRIA_UNIVE.pdf&Expires=1699621063&Signature=eNqTSTObpeEXXxECEcWHdnCcjUcHSxzfrWhfdZcq48EJlx7wbsVDwz88av6rxoh-Olea2rbQdRC0SKEFpGYdXsiLj2E0zhxn6Yyy2Qg29OmLPH2ByL6dNiDvW3VZ0VVAgKvhFkRCt3c1fxQLZNBi0AbfrDumqJYWCIGhK~BJqqDCF39y-B7Qu-WJal0CiiDq2eUg7daP95yMH4YyHj~mui6v5e3Th4wK6QuN4GUjvnPP6j57nRzYAOUK2Re6R3DHWYMN7mheZuBYYGwR6A-POOC0hhbInaVT9F8zYodsilqzI2G0jOUw-SJEtC6M~eWmeCY8c3JVPfGKHfpDdzu3Q &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA) . Acesso em: 10 set. 2023.

SACOMANO, José Benedito et al. *INDÚSTRIA 4.0: conceitos e fundamentos*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2018. 183 p.

SCHMIDT, Alvaro Maciel *et al.* **SISTEMA DE MONITORAMENTO EM RESERVATÓRIOS HÍDRICOS DE CONDOMÍNIOS**. 2022. 59 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Industrial 4.0, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/81371/R%20-%20E%20-%20ALVARO%20MACIEL%20SCHMIDT.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 05 set. 2023.

SHAMMAS, Nazih K; WANG, Lawrence K. *Abastecimento de água e remoção de resíduos*. 3° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. Disponível em: < <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2350-2/pageid/5>. > Acesso em: 28 abril. 2023.

TEIXEIRA, Nicolas. **Sistema de Monitoramento para Identificação de Contaminantes Apolares em Águas Subterrâneas via Condutividade Elétrica**. 2019. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em:

[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/200132/PFC%20Nicolas%20Teixeira%20Nunes\\_2019-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/200132/PFC%20Nicolas%20Teixeira%20Nunes_2019-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 15 out. 2023.

VIANNA, Jorge Thiago Duarte da Silva; ALMEIDA, Marco Antonio Almeida. **Escolha de alternativas para economia de água em edificações residenciais de Brasília, DF**. 2019. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/19811/22758> . Acesso em: 13 set. 2023.