



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA INDUSTRIAL**

RANDER CARDOSO DE SOUZA

**STDMC - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS E MONITORAMENTO DE
CONSUMO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NO LABORATÓRIO DE PROJETOS
DO IFAM-CMDI**

**MANAUS-AM
2024**

RANDER CARDOSO DE SOUZA

**STDMC - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS E MONITORAMENTO DE
CONSUMO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NO LABORATÓRIO DE PROJETOS
DO IFAM-CMDI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial, para obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia em Eletrônica Industrial.

Orientador: Me. Alexandre Lopes Martiniano

**MANAUS-AM
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S729s Souza, Rander Cardoso de.
STDMC – Sistema de Transmissão de Dados e Monitoramento de Consumo de água: um estudo de caso no Laboratório de Projetos do IFAM-CMDI / Rander Cardoso de Souza. — Manaus, 2024.
50f.: il. color.

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2024.
Orientador: Prof.º Alexandre Lopes Martiniano, Me.

1. Automação. 2. Consumo de água. 3. Tecnologia. 4. Eletrônica. I. Martiniano, Alexandre Lopes. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.381

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734)

RANDER CARDOSO DE SOUZA

**STDMC - SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE DADOS E MONITORAMENTO DE
CONSUMO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO NO LABORATÓRIO DE PROJETOS
DO IFAM-CMDI**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como
requisito para obtenção do título de Tecnólogo no
curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial do
Instituto Federal do Amazonas - IFAM.

Orientador: Me. Alexandre Lopes Martiniano.

Aprovado em 27 de Setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Alexandre Lopes Martiniano

Me. Alexandre Lopes Martiniano.

Prof. Me. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

Nivaldo R. Silva

Me. Nivaldo Rodrigues e Silva.

Prof. Me. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

Wenndisson da S. Souza

Me. Wenndisson da Silva Souza.

Prof. Me. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS-AM
2024

A minha família, minha filha Maria Clara, meu filho Rander e minha esposa Deborah Alexandra, por todo o apoio e incentivo no decorrer do desenvolvimento desse trabalho eles foram essenciais durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me conceder saúde e determinação em todo período do curso. Agradeço também à minha família, que sempre me apoiou incondicionalmente, me proporcionando um ambiente acolhedor e incentivador para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) principalmente aos Professores e todos os servidores que compõem essa Instituição, que contribuíram para minha formação acadêmica com suas aulas e exemplos. Sou grato pela oportunidade de ter aprendido com cada um deles, e por terem me inspirado a buscar novos conhecimentos.

Em especial, expresso minha profunda gratidão ao meu orientador Prof. Me. Alexandre Lopes Martiniano que com suas orientações contribuiu de maneira significativa a pesquisa e desenvolvimento deste trabalho e por ter aceitado me orientar mesmo tendo ciência do desafio que seria enfrentado. Suas orientações e direcionamentos foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa e para a superação dos desafios que surgiram ao longo do processo e ao meu amigo Reginaldo Oliveira Martins que contribuiu com ideias e formas de aplicação do protótipo, com bastante know-how na área, foi fundamental para a concretização deste projeto.

Por fim, agradeço aos meus amigos e colegas de curso e de trabalho, que me acompanharam durante esta etapa, compartilhando alegrias, frustrações e momentos de aprendizado. A amizade e o apoio de vocês foram imprescindíveis para superar os obstáculos e celebrar as conquistas. Agradeço também aos funcionários da instituição, que sempre se mostraram solícitos e prestativos, contribuindo para um ambiente de estudo propício ao desenvolvimento do meu trabalho.

A inovação distingue um líder de um seguidor." - Steve Jobs

RESUMO:

Este trabalho detalha o desenvolvimento de um sistema de automação e controle do consumo de água para sistemas industriais, composto por um protótipo físico e uma plataforma web. O objetivo é monitorar e otimizar o uso de água, fornecendo dados em tempo real para decisões estratégicas. O protótipo físico é a base do sistema. Ele reúne um sensor de fluxo de água, um microcontrolador ESP8266 e um roteador Wi-Fi. O sensor coleta os dados de consumo de água, que são processados pelo ESP8266 e transmitidos via Wi-Fi para a plataforma web. A plataforma web, desenvolvida com HTML, CSS e JavaScript, recebe os dados do protótipo, os armazena em um banco de dados e os apresenta ao usuário em forma de gráficos e relatórios. Essa plataforma também permite configurar limites de consumo e definir alertas personalizados. O projeto se divide em duas fases cruciais: Fase 1: Montagem e programação do protótipo: Nesta etapa, o protótipo é montado com os componentes mencionados. O microcontrolador ESP8266 é programado para coletar dados do sensor, processá-los e transmiti-los via Wi-Fi para a plataforma. Fase 2: Desenvolvimento da plataforma web: A plataforma é construída para receber, armazenar e apresentar os dados do protótipo. Funcionalidades como visualização em tempo real, geração de gráficos e relatórios, configuração de alertas e definição de limites de consumo podem ser implementadas. O sucesso do projeto depende da integração perfeita entre o protótipo e a plataforma web, garantindo a coleta, o processamento e a apresentação dos dados de consumo de água de forma eficiente e confiável.

Palavras-chave: Automação, Consumo de Água, Tecnologia Eletrônica.

ABSTRACT:

This work details the development of a water consumption automation and control system for industrial systems, consisting of a physical prototype and a web platform. The goal is to monitor and optimize water use, providing real-time data for strategic decisions. The physical prototype is the basis of the system. It brings together a water flow sensor, an ESP8266 microcontroller, and a Wi-Fi router. The sensor collects water consumption data, which is processed by the ESP8266 and transmitted via Wi-Fi to the web platform. The web platform, developed with HTML, CSS, and JavaScript, receives the data from the prototype, stores it in a database, and presents it to the user in the form of graphs and reports. This platform also allows you to configure consumption limits and define personalized alerts. The project is divided into two crucial phases: Phase 1: Prototype assembly and programming: In this step, the prototype is assembled with the aforementioned components. The ESP8266 microcontroller is programmed to collect data from the sensor, process it, and transmit it via Wi-Fi to the platform. Phase 2: Web platform development: The platform is built to receive, store and present the prototype data. Functionalities such as real-time visualization, graphing and reporting, setting alerts and defining consumption limits can be implemented. The success of the project depends on the seamless integration between the prototype and the web platform, ensuring the collection, processing and presentation of water consumption data in an efficient and reliable manner.

Keywords: Automation, Water consumption, Electronic Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vazamento de água.....	14
Figura 2 - Especificações do ESP8266.....	28
Figura 3 - Pinagem ESP8266.	29
Figura 4 - Sensor YF-S201.....	29
Figura 5 - Fonte de alimentação 5V.	30
Figura 6 - Arquitetura do sistema e divisor de tensão.	31
Figura 7 - Arquitetura do STDMC.	32
Figura 8 - Montagem final do protótipo.	34
Figura 9 - Ligação dos componentes.....	34
Figura 10 - Esquemático.....	35
Figura 11 - Home EasyEDA.....	36
Figura 12 - Desenvolvimento do circuito 2D.	37
Figura 13 - Desenvolvimento do PCB.....	37
Figura 14 - Desenvolvimento do Esquemático.	38
Figura 15 - Desenvolvimento do circuito 3D.	38
Figura 16 - Tela de monitoramento.	45
Figura 17 - Tipo de horta para irrigação automatizada.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tarifa em Vigor da Água Tratada.	15
Tabela 2 - Componentes para Montagem do Protótipo.....	28
Tabela 3 – Calibração e Preparo.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GPIO General Purpose Input/Output

PWM (Pulse Width Modulation)

HTML HyperText Markup Language

CSS Cascading Style Sheets

HTTP Hypertext Transfer Protocol

IoT Internet of Things

IA: Inteligência Artificial

CSS Cascading Style Sheets

CLP Controlador Lógico Programável

E/S Entrada/Saída

IHM Interface Homem-Máquina

CNI Confederação Nacional da Indústria

EPI Equipamentos de Proteção Individual

GM/MS Gabinete do Ministro da Saúde

MS Ministério da Saúde

RTOS Real-time Operating System

VIN External Supply Pin

UART Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

SPI Serial Peripheral Interface

I2C Inter-Integrated Circuit

VCC Voltage Collector/Common

GND: Ground

LED Light Emitting Diode

TCP Transmission Control Protocol

LCD Liquid Crystal Display

PROGMEM Programmable Memory

PCB Printed Circuit Board

STDMC Sistema De Transmissão De Dados E Monitoramento De Consumo De Água
m³ Metro Cúbico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 MOTIVAÇÃO.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 METODOLOGIA.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.2 FERRAMENTAS DE SOFTWARE.....	23
2.3 COMPONENTES DE HARDWARE.....	26
2.4 ESP8266.....	28
2.5 SENSOR YF-S201.....	29
2.6 FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	30
3. ARQUITETURA DO STDMC.....	32
3.1 ARQUITETURA DE HARDWARE.....	33
3.2 ARQUITETURA DE SOFTWARE.....	36
3.3 ALGORITMO.....	39
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	44
4.1 EXPERIMENTO: UM ESTUDO DE CASO NO LABORATÓRIO DO CMDI.....	46
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO.....	47
5. CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS.....	54

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, impulsionada por tecnologias inovadoras como Internet das Coisas (IoT), Big Data e inteligência artificial (IA), abre um novo capítulo na gestão eficiente da água na indústria. Através da automação e otimização do consumo, as empresas podem alcançar um futuro mais sustentável e lucrativo. Sensores inteligentes monitoram o fluxo de água em tempo real, detectando vazamentos e anomalias instantaneamente. A plataforma coleta e processa esses dados, fornecendo *insights* valiosos sobre o consumo e a eficiência da água em toda a planta (NATALE, 2018).

Válvulas inteligentes e sistemas de controle automatizados ajustam o fluxo de água em tempo real, otimizando o uso em cada etapa do processo produtivo. A automação garante que a quantidade ideal de água seja utilizada, evitando desperdícios e garantindo a qualidade do produto final. A coleta de dados através de sensores inteligentes identifica oportunidades para otimizar o uso da água em cada etapa do processo produtivo. Isso pode levar à reutilização da água em diferentes processos, à implementação de tecnologias mais eficientes e à redução de perdas durante a produção (COSTA; LISBOA; SANTOS, 2003).

A escassez de água é um desafio global que se intensifica, impactando diretamente a indústria. O consumo excessivo de água, a ineficiência nos processos e a falta de controle sobre o uso do recurso representam um risco para a viabilidade das empresas e para o meio ambiente (COSTA, 2003).

A automação do consumo de água na Indústria 4.0 oferece uma série de soluções para os desafios da gestão da água. Através da coleta e análise de dados em tempo real, sensores inteligentes monitoram o consumo em diferentes etapas da produção, identificando pontos de desperdício e oportunidades de otimização (ANDRADE, 2020).

Existem algumas tecnologias inovadoras para a gestão eficiente da Água como: Sensores inteligentes: Monitoram o fluxo, a pressão e a temperatura da água em tempo real, permitindo a detecção de vazamentos e anomalias. Sistemas de controle automatizados: Ajustam automaticamente o fluxo de água de acordo com a demanda, otimizando o consumo em cada etapa da produção. Análise de dados e inteligência artificial: Ferramentas avançadas identificam padrões de consumo, preveem necessidades e otimizam o uso da água em diferentes cenários. Internet das Coisas (IoT): Conecta sensores e dispositivos em uma rede, possibilitando a coleta e o

monitoramento remoto do consumo de água em tempo real. *Cloud Computing*: Armazenamento e análise de grandes volumes de dados coletados pelos sensores, permitindo insights valiosos para a gestão da água (DE MORAES; DE LAURO CASTRUCCI, 2007).

Como podemos fazer o controle do consumo de água de maneira automatizada e com baixo custo?

1.1 MOTIVAÇÃO

Em alguns processos industriais o consumo de água sofre perdas, é necessário encontrar soluções inteligentes que minimizem as perdas e otimizem o processo de produção. Um dos problemas da escassez de água encontra-se nos processos de abastecimento de água, fornecidos através de redes de distribuição sendo existente perdas de água. Essas perdas são caracterizadas de duas formas real ou aparente. As perdas reais são associadas a vazamentos, já as aparentes por erros de medição, ligações clandestinas e falta de hidrômetro. Segundo um estudo realizado através do Instituto Trata Brasil em parceria com a Water.org, no Brasil em 2018, a cada 100 litros de água captada e tratada, 40% de volume de água se perde na distribuição, o que significa $0,04\text{m}^3$. No ano de 2018, o país chegou a perder 6,5 bilhões de metros cúbicos de água potável (INSTITUTO TRATA BRASIL; WATER.ORG, 2020).



Figura 1 - Vazamento de água.
Fonte: Próprio autor, 2024.

A água tratada é aquela que passou por um processo de tratamento em uma estação de tratamento de água (ETA). O tratamento é feito para eliminar agentes de contaminação, como poluentes, microrganismos e impurezas. O valor da água tratada em Manaus depende da estrutura tarifária e da faixa de consumo;

- Residencial tarifa de água varia de R\$ 5,414 a R\$ 28,703 por metro cúbico, dependendo da faixa de consumo sendo;

De 0 a 10 m³ R\$:5,414, 11 a 20 m³ R\$:10,491, 21 a 30 m³ R\$:16,017, 31 a 40 m³ R\$:21,818, 41 a 60 m³ R\$:25,174, acima 60 m³ R\$:28,703. Considerando o consumo residencial de 0 a 10 m³ a perda no ano de 2018 equivale a US\$ 6,45 bilhões ou R\$ 35.19 bilhões.

Estrutura Tarifária	Faixa de Consumo	Tarifa de Água (R\$/m³)	Tarifa de Esgoto (R\$/m³ 75% paridade)
Tarifa Social	0 a 15 m ³	2,707	2,030
	16 a 20 m ³	10,491	7,868
	21 a 30 m ³	16,017	12,013
	31 a 40 m ³	21,818	16,363
	41 a 60 m ³	25,174	18,881
	Acima 60 m ³	28,703	21,527
Residencial	0 a 10 m ³	5,414	4,060
	11 a 20 m ³	10,491	7,868
	21 a 30 m ³	16,017	12,013
	31 a 40 m ³	21,818	16,363
	41 a 60 m ³	25,174	18,881
	Acima 60 m ³	28,703	21,527
Comercial	0 a 12 m ³	19,204	14,403
	Acima de 12 m ³	26,743	20,058
Industrial	0 a 40 m ³	25,057	18,793
	Acima de 40 m ³	34,363	25,772
Poder Público	0 a 12 m ³	25,057	18,793
	Acima de 12 m ³	34,363	25,772

Tabela 1 – Tarifa em Vigor da Água Tratada.

Fonte: Site aguasdemanau.com.br/legislacao-e-tarifas/, 2024.

1.2 JUSTIFICATIVA

Solução através de processo automático utilizando tecnologias de telemetria, capaz de auxiliar no monitoramento de consumo de água nas dependências do laboratório do IFAM CMDI de acordo com o procedimento a ser executado, e de auxiliar na construção de um sistema de monitoramento capaz de apresentar as seguintes características;

- **Monitoramento:** Nesta fase, os sensores são usados para coletar dados sobre o consumo de água.
- **Análise:** Os dados coletados são analisados pelo software de gestão para identificar padrões e oportunidades de melhoria.
- **Controle:** Os dados analisados são usados para controlar o fluxo de água e corrigir desperdícios.
- **Redução do desperdício de água:** A identificação e correção de desperdícios é uma das principais vantagens da automação do consumo de água.
- **Economia de custos:** A redução do desperdício de água também pode resultar em economia de custos, pois a água é um recurso natural valioso.
- **Melhoria da eficiência:** A automação do consumo de água pode ajudar a melhorar a eficiência dos processos industriais.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

- Projetar, desenvolver e implementar um hidrômetro eletrônico com sistema de monitoramento de consumo de água no laboratório de projetos do IFAM CMDI.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Possibilitar a produção de um protótipo de automação através de pesquisa e revisão da bibliografia.
- Realizar testes de aplicação de automação.
- Verificar resultados obtidos e ampliar o conhecimento tecnológico em eletrônica.

1.4 METODOLOGIA

Afim de minimizar desperdício e aumentar o controle sobre o recurso utilizado, foi projetado e desenvolvido o método de monitoramento para o sistema hidráulico, buscando dados e material teórico de referência, assim como material de hardware e software e linguagem de programação aplicáveis ao projeto, análise de resultados obtidos para sugestões de melhorias na aplicação e no funcionamento do protótipo.

Esperasse que ao final do processo de montagem, testes e aplicação, seja possível realizar o acompanhamento dos dados oriundos do circuito hidráulico, através de monitoramento em tempo real em uma página HTML, para análise precisa e tomada de decisão assertiva.

Para o desenvolvimento do trabalho seguiu-se respectivamente as etapas a seguir:

- Levantamento e pesquisa de referencial teórico sobre automação e a importância de uma pesquisa mais aprofundada sobre as diferentes tecnologias e soluções disponíveis para a implementação prática.
- Listagem das ferramentas de hardware necessários para a montagem, aplicação e funcionamento do protótipo.
- Criação de uma plataforma web que possibilite transformar os dados coletados em informações úteis ao controle do consumo de água, bem como as ferramentas de software necessárias.
- Desenvolvimento da programação para processamento dos dados utilizando linguagem CSS, HTML e JavaScript.
- Testes de aplicações e avaliação dos resultados afim de validar o funcionamento do protótipo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o avanço nas tecnologias, onde os circuitos eletrônicos são cada vez mais rápidos e deficientes, com dimensão significativa de redução de custo. O homem vem buscando que utensílios e ferramentas sejam autônomos e o substitua em determinadas tarefas (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Automação industrial pode ser definida como a aplicação de tecnologias de software, hardware e equipamentos específicos em processos produtivos. Os sistemas automatizados devem ser capazes de executar tarefas por meio de programação pré-estabelecida, baseados em sinais dos sensores e equipamentos do processo a ser controlado e agir com a menor intervenção humana possível, ou seja, substituindo o trabalho do homem por uma máquina (ROSARIO, 2012).

O surgimento das primeiras formas de automação deu-se nas indústrias de processos nos meados dos anos 50, por meio de desenvolvimento de equipamentos de controle e de medição elétrica e pneumática (LAMB, 2015). As primeiras máquinas automáticas eram construídas por sistemas de comando formados por circuitos e válvulas eletrônicas a vácuo e outros componentes ligados a fios elétricos, a evolução tecnológica melhorou esses componentes e expandiu as possibilidades de automação industrial (COSTA; LISBOA; SANTOS, 2003).

Automação industrial é a utilização de tecnologias de software, hardware e equipamentos específicos para automatizar processos produtivos. Trata-se de um processo amplamente utilizado em indústrias de fabricação por lote e linhas de montagem. Já no processo contínuo, a operação é feita de forma ininterrupta a fim de garantir o maior volume possível de produto final (FERRARINI, 2015).

A automação industrial visa, principalmente, a produtividade, qualidade e segurança em um processo. Em um sistema típico, toda a tarefa dos sensores é concentrada em um controlador programável o qual de acordo com o programa em memória define o estado dos atuadores (NATALE, 2018).

A automação industrial é uma tecnologia em constante evolução, com novas tecnologias sendo desenvolvidas a todo momento. À medida que a automação industrial continua a se desenvolver, é provável que tenha um impacto ainda maior na indústria, levando a uma maior produtividade, qualidade e segurança (BRINGHENTI JUNIOR, 2017).

Com a evolução da instrumentação e da eletrônica digital, surgiram os microcontroladores e sensores eletrônicos como as células de carga e os transdutores de pressão, que permitem automatizar o procedimento de irrigação com precisão considerável, possibilitando-se a utilização dos recursos naturais disponíveis de forma inteligente (NATALE, 2018).

Quando se fala em automação, refere-se a dar inteligência e autonomia a produtos eletrônicos, eletrodomésticos, espaços físicos entre outras coisas. Segundo Pereira (2018), “por automação entende-se a capacidade de se executar comandos, obter medidas, regular parâmetros e controlar funções automaticamente, sem a intervenção humana” (BEZERRA et al., 2023).

Um exemplo de aplicação da automação em que se pode melhorar este atendimento, a automatização do sistema hidráulico de torneiras e bebedouros e sistemas de abastecimento e resfriamento. Este processo pode facilitar o uso destes equipamentos e torná-los mais acessíveis a informação, pois com uso de sensores o sistema automatizado acionará automaticamente sua abertura, facilitando o acesso e também reduzindo o desperdício de água (PEREIRA, 2018a).

Um sistema de automação visa dar sincronia e inteligência a todos os equipamentos do ambiente, melhorar o papel que cada um desempenha e dar autonomia para que com uma configuração predefinida pelo programador realize suas funções automaticamente (FRANCO, 2015).

A automação de consumo de água na indústria é uma prática que utiliza tecnologias para monitorar e controlar o uso de água nos processos industriais. Essa prática pode ajudar as indústrias a reduzir seu consumo de água, melhorar sua eficiência operacional e reduzir seus custos (BRINGHENTI JUNIOR, 2017).

De acordo com Bringhenti Junior (2017), existem várias tecnologias que podem ser utilizadas para automatizar o consumo de água na indústria. Algumas dessas tecnologias incluem:

- Sensores de fluxo: Esses sensores podem ser usados para medir o fluxo de água em pontos específicos dos processos industriais. Esses dados podem ser usados para monitorar o uso de água e identificar áreas onde é possível reduzir o consumo.
- Controladores: Esses dispositivos podem ser usados para controlar o fluxo de água em sistemas industriais. Eles podem ser programados para ligar ou desligar o fornecimento de água com base em parâmetros pré-definidos, como pressão, temperatura ou vazão.
- Sistemas de gerenciamento de água: Esses sistemas combinam sensores, controladores e outros dispositivos para monitorar e controlar o uso de água em uma indústria. Eles podem

fornecer informações em tempo real sobre o uso de água e ajudar as indústrias a tomar decisões informadas sobre como reduzir seu consumo.

Segundo Kataoka (2023), a automação do consumo de água na indústria pode trazer uma série de benefícios, incluindo: Redução do consumo de água: A automação pode ajudar as indústrias a identificar e corrigir vazamentos e desperdícios de água. Isso pode levar a uma redução significativa no consumo de água (ANDRADE, 2020). Melhoria da eficiência operacional: A automação pode ajudar as indústrias a otimizar seus processos de uso de água. Contribuindo para a redução dos custos operacionais e uma melhoria da produtividade. Redução dos custos: A redução do consumo de água e a melhoria da eficiência operacional podem levar a uma redução dos custos operacionais de uma indústria (ASSIS, 2022).

A automação do consumo de água na indústria é uma prática que está se tornando cada vez mais popular. À medida que as tecnologias se tornam mais acessíveis e sofisticadas, mais indústrias estão investindo nessa prática (KATAOKA, 2023).

A automação permeia cada vez mais nosso mundo, desde a indústria até nossas casas. Para dar vida a essa transformação, diversos componentes de hardware se unem em um sistema coeso e eficiente. Nesta redação, exploraremos os principais componentes de hardware para automação, suas funções e aplicações.

Os CLPs são o núcleo de muitos sistemas automatizados. São dispositivos programáveis que controlam o processo, monitorando entradas e saídas, executando lógica e realizando ações predefinidas. Sua robustez, flexibilidade e capacidade de comunicação os tornam ideais para diversas aplicações (PEREIRA, 2018a).

Os sensores capturam informações do ambiente e as transmitem ao controlador. São como os olhos e ouvidos do sistema, detectando temperatura, pressão, nível, movimento, entre outros parâmetros. A escolha do sensor ideal depende da variável a ser medida, da faixa de medição e da precisão desejada (NATALE, 2018).

Os atuadores convertem os sinais do controlador em ações físicas no mundo real. Motores, válvulas, solenoides, cilindros pneumáticos e outros dispositivos transformam comandos em movimento, abrem e fecham válvulas, controlam o fluxo de fluidos e muito mais (RIGHETTO, 2020).

As Interfaces Homem-Máquina (IHMs) permitem a interação entre o usuário e o sistema. Através de telas sensíveis ao toque, botões, LEDs e outros elementos, o operador pode monitorar e controlar o processo, alterar parâmetros e visualizar informações relevantes (RIGHETTO, 2020).

As redes de comunicação conectam os diferentes componentes do sistema, permitindo a troca de dados e informações. EtherCAT, PROFINET, Modbus, DeviceNet e outras tecnologias garantem a comunicação eficiente e segura entre os dispositivos, possibilitando o controle e monitoramento remoto (BRINGHENTI JUNIOR, 2017).

Softwares complementam o hardware, fornecendo ferramentas para programação, configuração, monitoramento e diagnóstico do sistema. Softwares de CLP, SCADA, MES e outros permitem a criação de interfaces amigáveis, análise de dados, controle de produção e gestão da automação (ROCHA; RAMOS; BRASIL, 2019).

De acordo com Rocha et al. (2019) a automação na indústria auxilia no controle de máquinas e processos, linhas de produção, robótica, monitoramento de parâmetros, otimização da produção. Edificações: Automação residencial e predial, controle de temperatura, iluminação, segurança, gestão de energia, sistemas inteligentes. Agronegócio: Irrigação automatizada, controle de clima, monitoramento de cultivos, otimização do uso de recursos, agricultura de precisão.

Os componentes de hardware para automação são a base para a construção de sistemas eficientes e confiáveis. A escolha adequada dos componentes, a integração e o desenvolvimento de software adequado garantem a funcionalidade, flexibilidade e escalabilidade do sistema. A automação abre um mundo de possibilidades para otimizar processos, aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade de vida em diversos setores da sociedade (LOUREIRO et al., 2018).

A água é um recurso natural precioso, e vem tendo suas reservas comprometidas devido a poluição de mananciais e fontes hídricas, no entanto, seu consumo deve ser manejado de maneira inteligente principalmente no que diz respeito a utilização deste recurso na indústria 4.0 (CAVALCANTE; MACHADO; LIMA, 2013).

O setor industrial consome 10% da água captada para uso no Brasil. Esses números mostram a eficiência da indústria no consumo desse recurso, indispensável para o desenvolvimento econômico de países e para a sobrevivência humana (DEMAJOROVIC; CARUSO; JACOBI, 2015). A água é o composto majoritário em todas as bebidas. Além de matéria-prima, a água é empregada em diversas atividades, especialmente no processo produtivo, entrando direta ou

indiretamente em todas as etapas: resfriamento/aquecimento (caldeiras), lavagem (como fluido auxiliar) e ainda é utilizada indiretamente para diluição/afastamento/depuração de efluentes, sendo, portanto, consumida em grande quantidade. Tornando-se um recurso extremamente importante para a indústria de bebida (COSTA, 2022).

A água é um recurso natural essencial para a vida e para o desenvolvimento econômico. No setor industrial, a água é utilizada em uma variedade de processos, desde a produção de bens de consumo até a geração de energia (DEMAJOROVIC; CARUSO; JACOBI, 2015). Os principais usos da água na indústria são: Matéria-prima: A água é utilizada como matéria-prima em uma série de indústrias, como a alimentícia, farmacêutica, química e de bebidas. Por exemplo, a água é utilizada na produção de alimentos, como bebidas, laticínios e carnes, na fabricação de medicamentos, na produção de produtos químicos e na produção de bebidas. Usos auxiliares: A água é utilizada em uma série de processos auxiliares, como lavagem, resfriamento, aquecimento e geração de vapor (DE OLIVEIRA et al., 2022). Por exemplo, a água é utilizada para lavar equipamentos e produtos, para resfriar máquinas e equipamentos, para aquecer fluidos e para gerar vapor. Usos sanitários: A água é utilizada para fins sanitários, como higiene pessoal, limpeza de instalações e combate a incêndios. Por exemplo, a água é utilizada para tomar banho, lavar as mãos, lavar roupas e limpar as instalações industriais (SANTOS et al., 2015).

O uso da água na indústria é responsável por um grande consumo de água doce. No Brasil, o setor industrial é responsável por cerca de 20% do consumo total de água doce (MIERZWA; HESPANHOL, 2005). De acordo com o autor para reduzir o consumo de água na indústria, é importante a adoção de medidas de eficiência hídrica, como: Redução do consumo: A adoção de tecnologias de produção mais eficientes pode reduzir o consumo de água. Por exemplo, a instalação de sistemas de recirculação de água pode reduzir o consumo de água em processos de lavagem e resfriamento. Reutilização e reciclagem: A água pode ser reutilizada e reciclada em processos industriais, como em sistemas de resfriamento e na produção de vapor. Tratamento e reuso: A água residual industrial pode ser tratada e reutilizada em outros processos, como na irrigação de jardins e na limpeza de áreas externas. A adoção de medidas de eficiência hídrica é importante para garantir a disponibilidade de água para o setor industrial e para o meio ambiente.

De acordo com Finkler (2015), a bacia hidrográfica representa importante unidade de planejamento para a gestão integrada, pois diz respeito aos recursos hídricos que necessitarão ser explorados conscientemente, analisando-se no processo tanto questões econômicas, sociais,

culturais quanto ambientais. Para isso, o autor destaca que um plano de gestão eficiente deve introduzir, sobretudo, os conceitos da disponibilidade e da demanda no decorrer do tempo, ou seja, do princípio da sustentabilidade e preservação da água para o futuro (FINKLER et al., 2015).

A publicação *Água na Indústria: Uso e Coeficientes Técnicos*, levantamento realizado pela CNI (Confederação Nacional da Indústria), informa que as principais funções/utilizações da água nos processos produtivos ocorrem como: Matéria-prima e reagente. Solvente de substâncias sólidas, líquidas e gasosas. Lavagem e retenção de materiais contidos em misturas. Veículo de suspensão. Em operações envolvendo transmissão de calor (BEZERRA et al., 2023).

A água está presente no cotidiano das indústrias de praticamente todos segmentos produtivos: alimentos, bebidas, medicamentos, insumos químicos, automóveis, têxtil, papel e celulose, biocombustíveis, siderurgia e outros. Nas ações diárias, a água é empregada como matéria-prima na fabricação de alimentos in natura ou processados, bebidas, de gelo, remédios, produtos químicos, plásticos e borrachas, artigos de vidro, cerâmicas, cal, gesso e uma grande infinidade de produtos (QUITAISKI et al., 2018).

Na função higienizante é utilizada, por exemplo, na limpeza de embalagens, esteiras, equipamentos misturadores, tanques, durante o abate de animais, na esterilização de ambientes e na desinfecção de EPIs e uniformes (BARBOSA, 2013). Mas a água também é fundamental para o resfriamento de máquinas, caldeiras e outros equipamentos, o funcionamento de sanitários, a lavagem de frotas veiculares (caminhões, camionetas e veículos de passeio comuns) e para a irrigação de gramados e áreas verdes. Para todas as ações citadas no parágrafo anterior, isto é, aquelas que não demandam água potável de acordo com os parâmetros definidos pela Portaria GM/MS N° 888, do Ministério da Saúde (MS), as empresas costumam ter sistemas próprios de geração da água de reuso.

2.2 FERRAMENTAS DE SOFTWARE

De acordo com Loyola et al. (2022), as tecnologias utilizadas na automação industrial são diversas, incluindo: Robótica: Robôs industriais são máquinas programáveis que podem executar tarefas repetitivas e complexas com precisão e velocidade. Controladores programáveis: Controladores programáveis, também conhecidos como PLCs, são dispositivos que controlam o comportamento de máquinas e equipamentos industriais. Sensores: Sensores detectam e medem condições físicas, como temperatura, pressão e posição. Atuadores: Atuadores são

dispositivos que convertem sinais elétricos em movimento, força ou calor. A automação industrial é uma tecnologia essencial para o desenvolvimento da indústria. Ela está ajudando a indústria a se tornar mais competitiva e a atender às demandas crescentes do mercado (LOYOLA et al., 2022).

Os principais benefícios da automação industrial são: Aumento da produtividade: A automação permite que os processos sejam executados de forma mais rápida e eficiente, o que resulta no aumento da produção. Melhoria da qualidade: A automação ajuda a reduzir erros e variações nos produtos, o que melhora a qualidade final. Redução de custos: A automação pode ajudar a reduzir os custos de produção, por meio da otimização dos processos e da redução da necessidade de mão de obra (DOMINGOS, 2020). Melhoria da segurança: A automação pode ajudar a reduzir riscos de acidentes, por meio da substituição de tarefas perigosas por máquinas (MACHADO, 2019).

Segundo Santos et al. (2018), a automação industrial é a aplicação de tecnologias de software, hardware e equipamentos específicos em processos produtivos. Ela visa substituir o trabalho humano por máquinas e equipamentos controlados automaticamente, com o objetivo de aumentar a produtividade, a qualidade, a segurança e a flexibilidade dos processos. A automação industrial pode ser dividida em dois tipos principais:

- Automação de processos contínuos: é utilizada em processos que ocorrem de forma ininterrupta, como a produção de petróleo e gás, a geração de energia elétrica e a fabricação de produtos químicos.
- Automação de processos discretos: é utilizada em processos que ocorrem em etapas, como a fabricação de produtos eletrônicos, a montagem de veículos e a produção de alimentos.

Um controlador lógico programável (CLP) pode ser definido como baseado em um microcomputador que usa instruções armazenadas em uma memória programável para implementar lógica, sequenciamento, temporização contagem e funções aritméticas por meio de módulos de entrada/saída (E/S) digitais ou analógicas para controle de máquinas e processos (QUEIROZ, 2022).

HTML (*HyperText Markup Language*) é a linguagem de marcação padrão para a criação de páginas web. Ela define a estrutura e o conteúdo das páginas, utilizando elementos e tags para organizar os elementos.

Linguagem de marcação: Define a estrutura e o significado do conteúdo de um documento, utilizando tags. Elementos: São os blocos básicos de construção de uma página HTML, como

títulos, parágrafos, imagens e links. **Tags:** São palavras-chave que identificam os elementos e definem seus atributos. **Atributos:** Fornecem informações adicionais sobre os elementos, como tamanho, cor e estilo (SILVA, 2008).

Criada por Tim Berners-Lee em 1989, a HTML foi fundamental para o desenvolvimento da World Wide Web. A primeira versão, HTML 1.0, foi publicada em 1993 e definia elementos básicos como títulos, parágrafos e links. Versões subsequentes, como HTML 2.0 (1995), HTML 3.2 (1996) e HTML 4.01 (1999), adicionaram novos elementos e funcionalidades. A versão mais recente, HTML5, foi publicada em 2014 e introduziu recursos como elementos semânticos, APIs de mídia e suporte a gráficos vetoriais (PEREIRA, 2018b).

- **Conceitos Básicos:**

Elementos: São os blocos básicos de construção de uma página HTML, como títulos, parágrafos, imagens e links.

Tags: São palavras-chave que identificam os elementos e definem seus atributos.

Atributos: Fornecem informações adicionais sobre os elementos, como tamanho, cor e estilo.

Estrutura da página: Uma página HTML é composta por um cabeçalho (<head>), que contém informações sobre a página, e um corpo (<body>), que contém o conteúdo visível da página. Importância da aplicação HTML é fundamental para criação de páginas web, é usada para criar sites, blogs, e-commerce, aplicativos web e muito mais, aprender HTML é uma ótima maneira de começar a desenvolver para a web.

- **Elementos e Atributos Comuns:**

Títulos: <h1>, <h2>, ..., <h6>

Parágrafos: <p>

Imagens: (atributos: src, alt, width, height)

Links: <a> (atributos: href, target)

Listas: (lista não ordenada), (lista ordenada)

Tabelas: <table>, <tr>, <td>

- **Sintaxe e Validação:**

A sintaxe da HTML é simples e fácil de aprender, é importante seguir as regras de sintaxe para que as páginas sejam interpretadas corretamente pelos navegadores.

Ferramentas online podem ser usadas para validar a sintaxe de uma página HTML.

- **JavaScript, C++ e CSS:**

JavaScript: Utilizada para usado para adicionar interatividade às páginas web. Sua natureza dinâmica permite que o código seja executado diretamente no navegador, sem necessidade de compilação, tornando o desenvolvimento mais ágil e interativo

Linguagem C++: É a linguagem base do desenvolvimento do projeto, de programação poderosa e versátil, amplamente utilizada para desenvolver uma variedade de aplicações, desde sistemas operacionais e jogos até softwares de alto desempenho e aplicativos de desktop. Ela é uma linguagem compilada, o que significa que o código fonte é convertido em código de máquina antes de ser executado, resultando em alta performance, oferece suporte à programação orientada a objetos, permitindo a criação de classes, objetos e herança, facilitando a organização e o reuso de código. Sua sintaxe rigorosa e recursos avançados, como templates e gerenciamento de exceções, exigem um aprendizado mais profundo, mas recompensam com a criação de softwares robustos e eficientes.

Linguagem CSS: Estilizando a Web, CSS (Cascading Style Sheets) é uma linguagem de estilo que define a aparência de páginas web. Ela permite controlar cores, fontes, tamanhos, posicionamento e muito mais, para criar páginas web atraentes e profissionais. Conceitos Básicos: Seletores: Identificam os elementos HTML que serão estilizados. Propriedades: Definem as características visuais dos elementos. Valores: Especificam os valores das propriedades (DE OLIVEIRA ROCHA; PRADO; VALENTE, 2020).

2.3 COMPONENTES DE HARDWARE

Visando desenvolver o sistema de monitoração foram realizados estudos sobre componentes de automação, tipos de comunicação eletrônica, desenvolvimento web, processamento de dados e análise do funcionamento dos Hidrômetros Analógicos. Essa primeira fase consiste em montar o protótipo adicionando todos os componentes selecionados.

Para a montagem do protótipo foram selecionados componentes que podem ser facilmente adquiridos em lojas de componentes eletrônicos ou pela internet, valor total gasto na aquisição dos componentes descritos na Tabela 2 a seguir somam R\$: 260,23.

Componentes	Quant.	Descrição	Valor aproximado
Módulo ESP8266	1	Chip microcontrolador.	R\$: 40,49
Resistor	6	Cerâmico 10k Ω	R\$ 6,50
Resistor	1	Cerâmico 220 Ω	R\$ 3,20
LED	1	Led vermelho	R\$ 3,50
Push Button	1	Push Button 12x12 (Normalmente aberto)	R\$ 3,50
Sensor De Fluxo de água - 1/2 - Yf-S201	2	Trabalha em conjunto com um sensor hall para enviar um sinal PWM.	R\$ 39,00
(Placa universal)	1	5cm	R\$ 24,00
(Jumper Macho 20cm)	24	Os jumper's Macho-Macho para uso com protoboard.	R\$ 24,00
(Hikari Ferro De Soldar Hikari 110/127v)	1	O Ferro de Soldar Hikari Power 60.	R\$ 65,00
(Tubo De Solda Estanho Cobix 1mm P/ Eletrônicos 22gr.	1	Com um diâmetro de eletrodo de 1 mm.	R\$ 12,00
(Tee Llr 1/2)	1	Conexão em T para tubulações de água.	R\$ 15,64
(Registro Esfera Unifortte Soldável Pvc 50mm 1/2)	1	Registro de controle sobre o fluxo de água.	R\$ 26,98
(Adaptador PVC Roscável e Soldável)	3	Peça de conexão.	R\$ 15,78
1 m (Cano PVC Marrom Soldável 6m 1/2)	1m	Cano Soldável para Água Fria 6m 20mm 1/2"	R\$ 21,13
(Cola Adesivo Para Tubos Canos De Pvc Rígido)	1	Utilizada para colar canos, liquida a base de resinas de PVC.	R\$: 10,64
Fita Veda Rosca Pratik Linha Profissional	1	Fita branca usada na vendagem de tubulações.	R\$: 9,99
10 m Mangueira de Jardim	10m	Trançada 10m Slim Transp Engate+esguicho Forceline	R\$: 32,00
Torneira De Jardim 1/2 Torneira.	1	Torneira Preta	R\$: 5,40

Tabela 2 - Componentes para montagem do Protótipo.

Fonte: Próprio autor, 2024.

2.4 ESP8266

O módulo ESP8266 é muito utilizado dentro do Movimento *Maker* (Faça você mesmo) para conectar o seu projeto à internet. Ele é normalmente utilizado através de uma comunicação serial com uma placa da plataforma Arduino. É possível programar o ESP8266 como uma placa de servidor e utilizar suas portas GPIOs (*General Purpose Input/Output*) como entrada ou saída, aproveitando a sua capacidade de memória, como apresentado nesse projeto em específico, embora pouco feito, foi dessa forma que o ESP8266 foi aplicado nesse projeto, para garantir autonomia ao protótipo e eliminar a necessidade de um PC ou Notebook como parte do sistema de monitoramento, evitando assim o aumento significativo o custo e possibilitando a viabilidade do projeto.

A placa de desenvolvimento NodeMCU ESP8266 vem com o módulo ESP-12E contendo o chip ESP8266 com microprocessador Tensilica Xtensa LX106 RISC de 32 bits. Este microprocessador suporta RTOS (*Real Time Operating System*) Sistema Operacional de Tempo Real, e opera com frequência de *clock* ajustável de 80 MHz a 160 MHz. O NodeMCU possui 128 KB de RAM e 4 MB de memória Flash para armazenar dados e programas. Seu alto poder de processamento com recursos integrados de Wi-Fi / Bluetooth e *Deep Sleep Operating* tornam-no ideal para projetos de IoT.

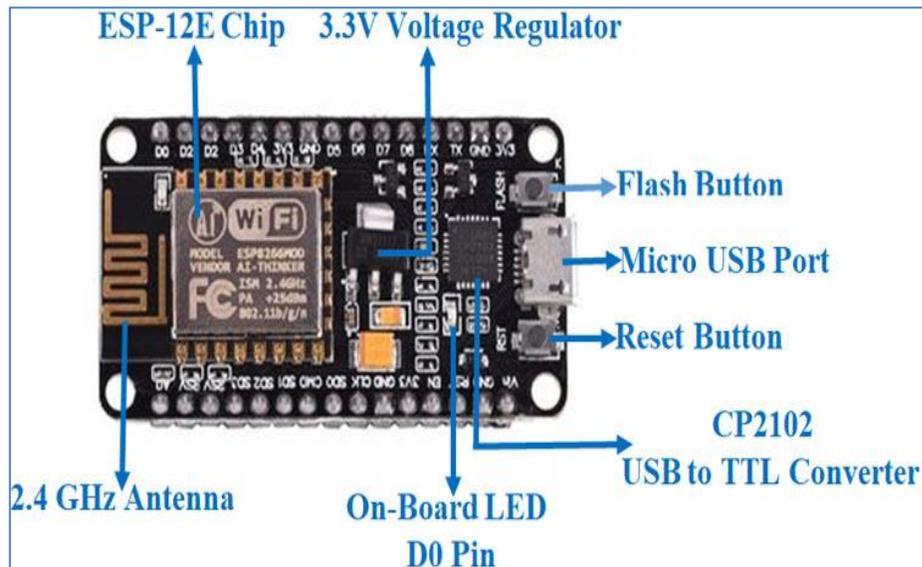


Figura 2 - Especificações do ESP8266.

Fonte: Site componentes101.

O NodeMCU pode ser alimentado usando um conector Micro USB e um pino VIN (*External Supply Pin*). Suporta interface UART, SPI e I2C.

Pinagem NodeMCU ESP8266

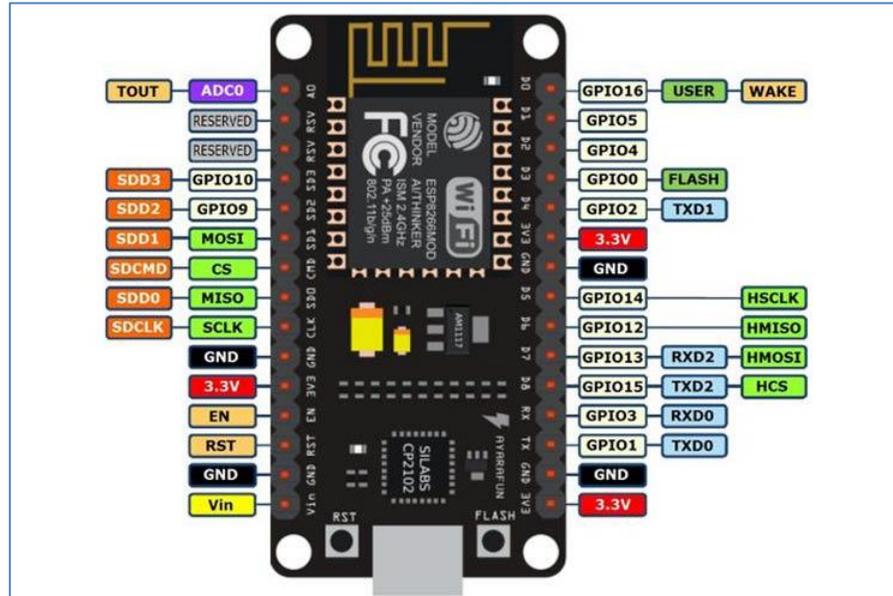


Figura 3 - Pinagem ESP8266.

Fonte: Site componentes 101.

2.5 SENSOR YF-S201

O Sensor de Fluxo de Água - 1/2" - YF-S201 é um sensor capaz de realizar a medição do fluxo de água que passa por um cano, enviando pulsos PWM de acordo com a quantidade de água que passa pelo sensor.



Figura 4 - Sensor YF-S201.

Fonte: Próprio autor, 2024.

2.6 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Como alimentar o Node MCU?

Basicamente, o que devemos fazer é alimentar o pino VCC do módulo relé com o sinal de 5V e o GND com o polo negativo da nossa fonte. Em seguida, devemos colocar o GND do módulo ESP8266 Node MCU junto com o da fonte para que tenhamos uma referência de tensão.

A alimentação necessária para alimentar o Node MCU é 5V, a mesma utilizada para alimentar dos sensores de fluxo YF-S201, como os sensores estão alimentados com 5V os pulsos de resposta PWM também serão de 5V, porem as entradas e saídas de sinal do ESP8266 são de 3.3V, para converter tensões contínuas de 5V em 3.3V foi utilizado um divisor de tensão com 3 resistores de 10K Ω de forma segura e eficiente, evitando que tensão indesejadas e incorretas venham a danificar o projeto.

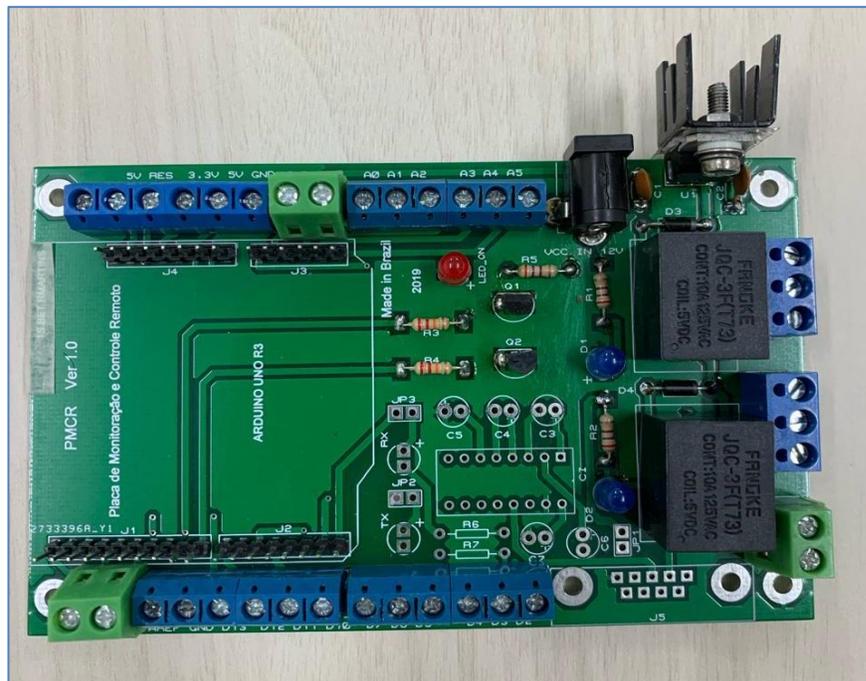


Figura 5 - Fonte de alimentação 5V.

Fonte: Próprio autor, 2024.

Na **figura 6** mostra a configuração do divisor de tensão com 3 resistores em série, um divisor para cada sensor de fluxo.

Onde; $V_1 = V \cdot (R_1 / R_1 + R_2 + R_3)$.

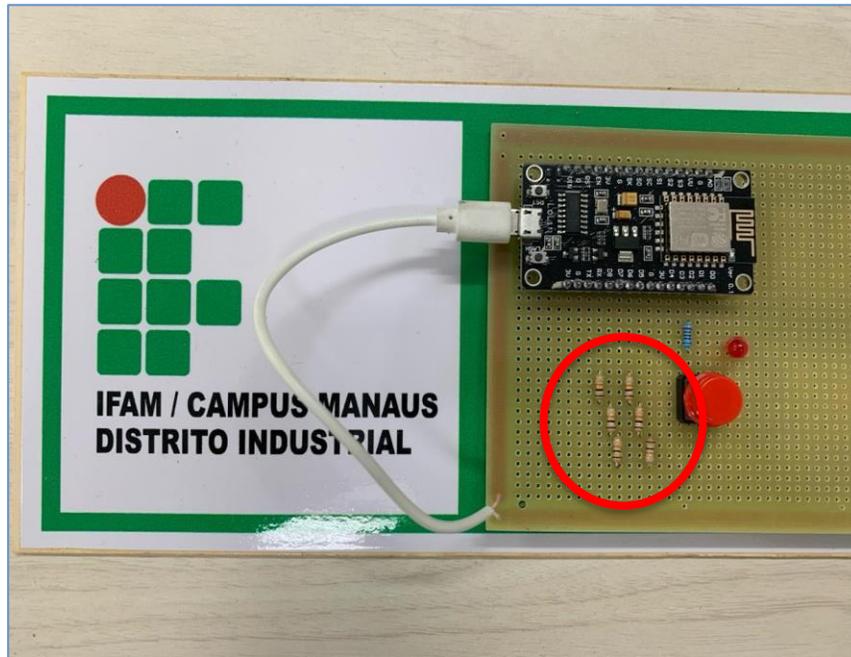


Figura 6 - Arquitetura do sistema e divisor de tensão.
Fonte: Próprio autor, 2024.

3. ARQUITETURA DO STDMC

Visando desenvolver um sistema (protótipo de automação) foram realizados estudos sobre componentes de automação, tipos de comunicação eletrônica, desenvolvimento web, processamento de dados e análise do funcionamento dos Hidrômetros Analógicos. O projeto possui 3 fases distintas e com importante relevância, a primeira consiste em montar o protótipo adicionando todos os componentes, a segunda consiste em desenvolver a linguagem de programação para processamento de dados no ESP8266 e programar todas as suas funções, e a terceira é criar uma plataforma web que possibilite transformar os dados coletados em informações úteis ao controle do consumo de água.

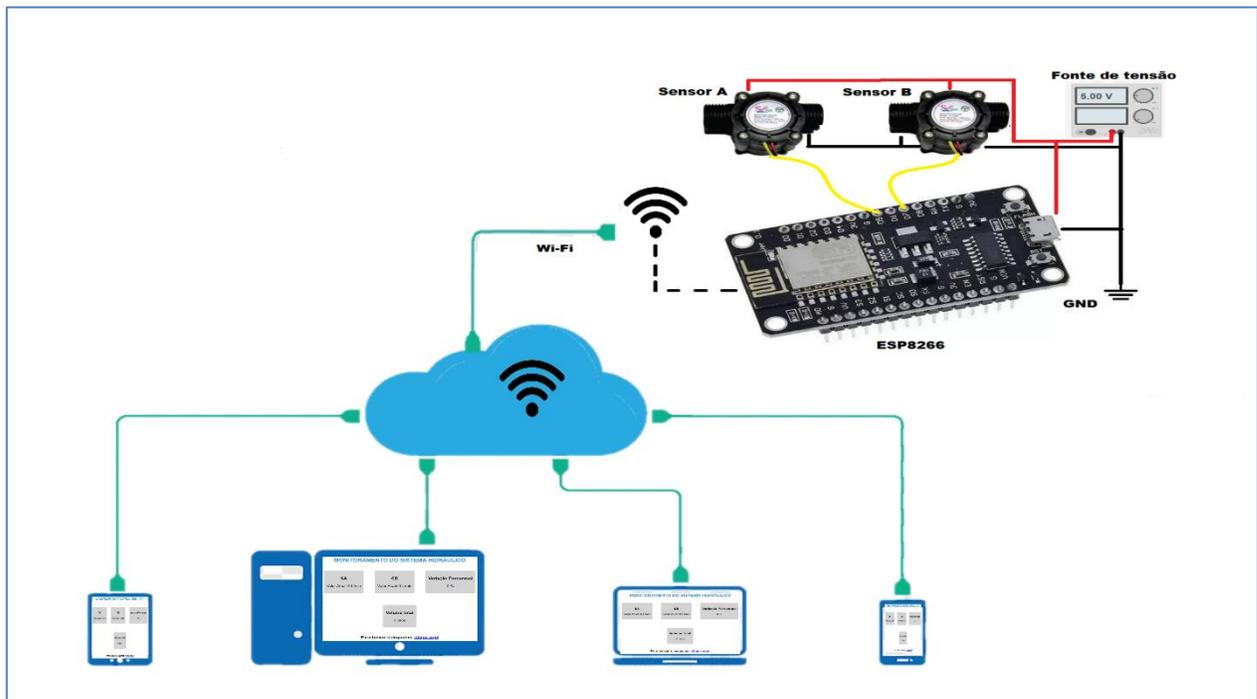


Figura 7 - Arquitetura do STDMC.

Fonte: Próprio Autor, 2024.

Funcionamento do Sistema:

1. **Sensores:** Coletam dados sobre o fluxo de água em diferentes pontos da rede interna, como torneiras, chuveiros, descargas e outros dispositivos.
2. **Controladores:** Recebem os dados dos sensores e os processam para determinar o consumo de água em tempo real.

3. **Software:** Armazena os dados coletados, gera relatórios de consumo e envia comandos para os controladores.
4. **Atuadores:** Acionam automaticamente medidas para reduzir o desperdício de água, como o fechamento automático de torneiras, a redução da vazão de chuveiros e a descarga com menor volume de água.
5. **Sistema HTTP:** Permite a comunicação entre os diferentes componentes do sistema, como sensores, controladores, software e atuadores, utilizando a rede interna.

3.1 ARQUITETURA DE HARDWARE

Para construção do protótipo foi realizado a aplicação dos componentes de baixo custo anteriormente informado na **Tabela 2 pág. 27**, selecionados para atender as particularidades e necessidades do sistema de monitoramento de consumo de água, o protótipo irá conecta-se via wi-fi com um roteador através de endereço IP assim o usuário poderá monitorar em tempo real as informações exibidas em tela. Essa segunda fase consiste em desenvolver a linguagem de programação para processamento de dados no ESP8266 e programar todas as suas funções em sincronia com a programação da plataforma web que possibilite transformar os dados coletados em informações. A linguagem de programação e armazenamento utilizadas nesse protótipo foram: Armazenamento: ESP8266; HTML, CSS, C e SCRIPT.

A automação do monitoramento através de páginas HTML oferece uma solução eficiente para acompanhar diversos processos em tempo real, otimizando o trabalho e a tomada de decisões. Essa abordagem permite a visualização de dados e métricas importantes de forma centralizada e intuitiva, facilitando a identificação de problemas e oportunidades de melhoria.

Etapas do processo de automação:

1. **Definição dos objetivos:** Monitorar o consumo de água em processos industriais de maneira automatizada.
2. **Coleta de dados:** ESP8266.
3. **Criação da página HTML:** Utilizou-se ferramentas de desenvolvimento web para criar uma página HTML que apresente os dados coletados de forma organizada e visualmente atraente.
4. **Automação da atualização:** Implementação scripts ferramentas de automação para atualizar a página HTML periodicamente com os dados mais recentes.

5. **Monitoramento e análise:** Acompanhamento dos dados e métricas na página HTML para identificar tendências, problemas e oportunidades de otimização.

A seguir apresentasse ilustrações (Figura 8 e 9) da forma como os componentes serão interligados, e a montagem do protótipo final com os componentes utilizados e suas respectivas ligações.

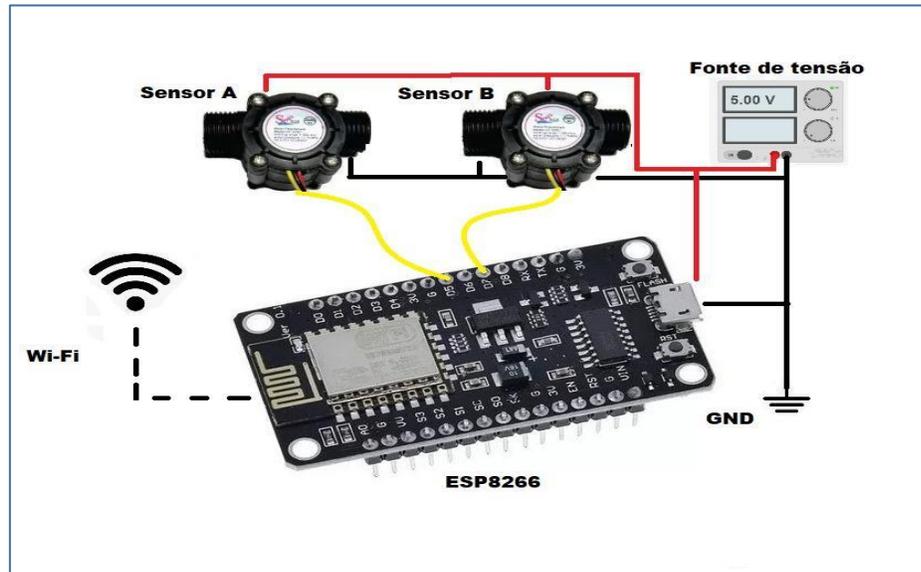


Figura 9 - Ligação dos componentes.
Fonte: Próprio autor, 2024.



Figura 8 - Montagem final do protótipo.
Fonte: Próprio autor, 2024.

Diagrama Eletrônico

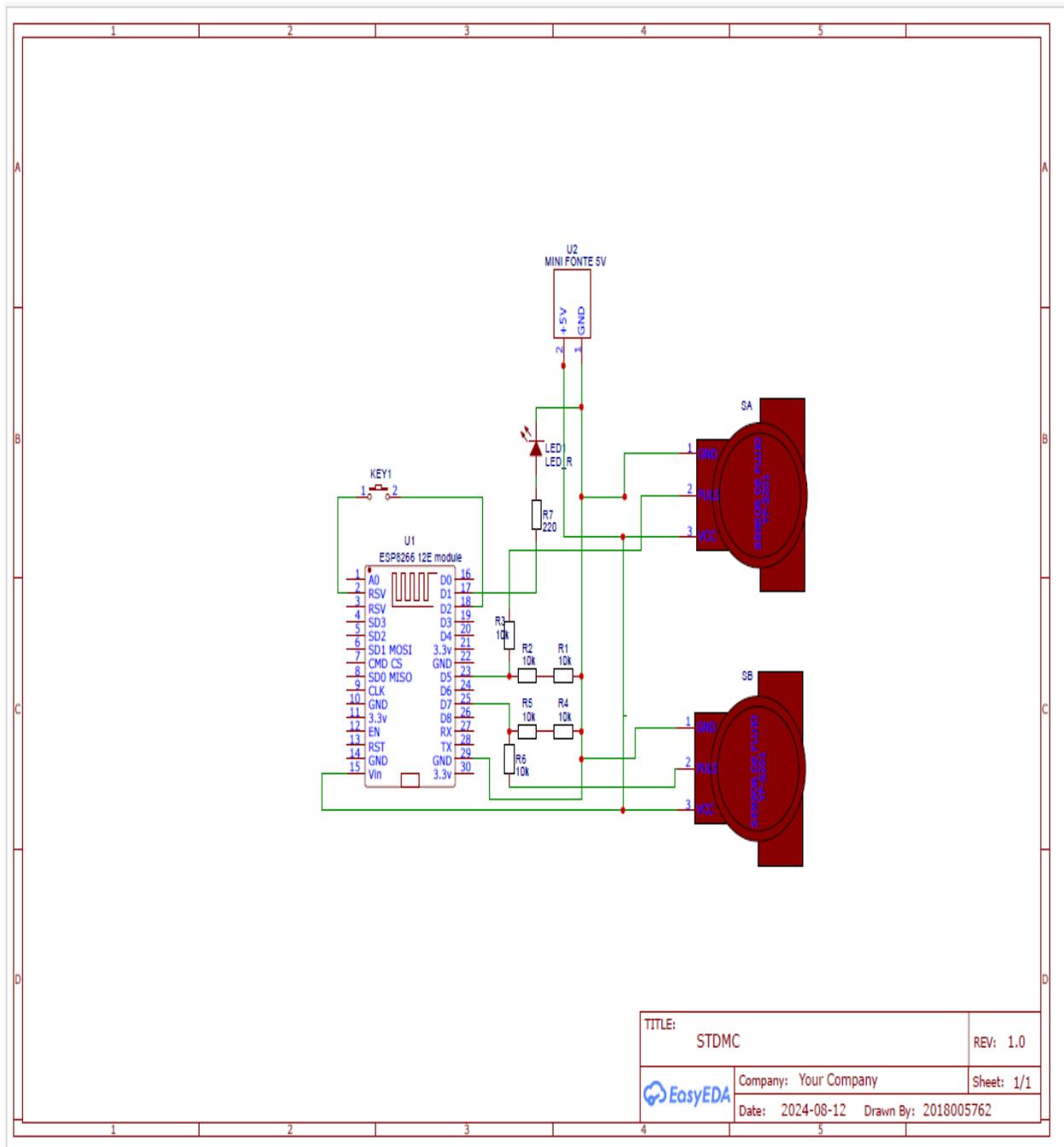


Figura 10 - Esquemático.
Fonte: Próprio autor, 2024

3.2 ARQUITETURA DE SOFTWARE

EasyEDA: Simulação de Circuitos e Design de PCB Online

O EasyEDA é uma plataforma online completa para design de PCB e simulação de circuitos. É uma ferramenta poderosa e fácil de usar, ideal para estudantes, e profissionais que desejam criar seus próprios circuitos eletrônicos.

Recursos do EasyEDA:

Simulação de Circuitos: Para começar os estudos sobre o funcionamento deste sensor, aplicado ao projeto, foi montado o circuito no EasyEDA conforme as imagens seguintes:

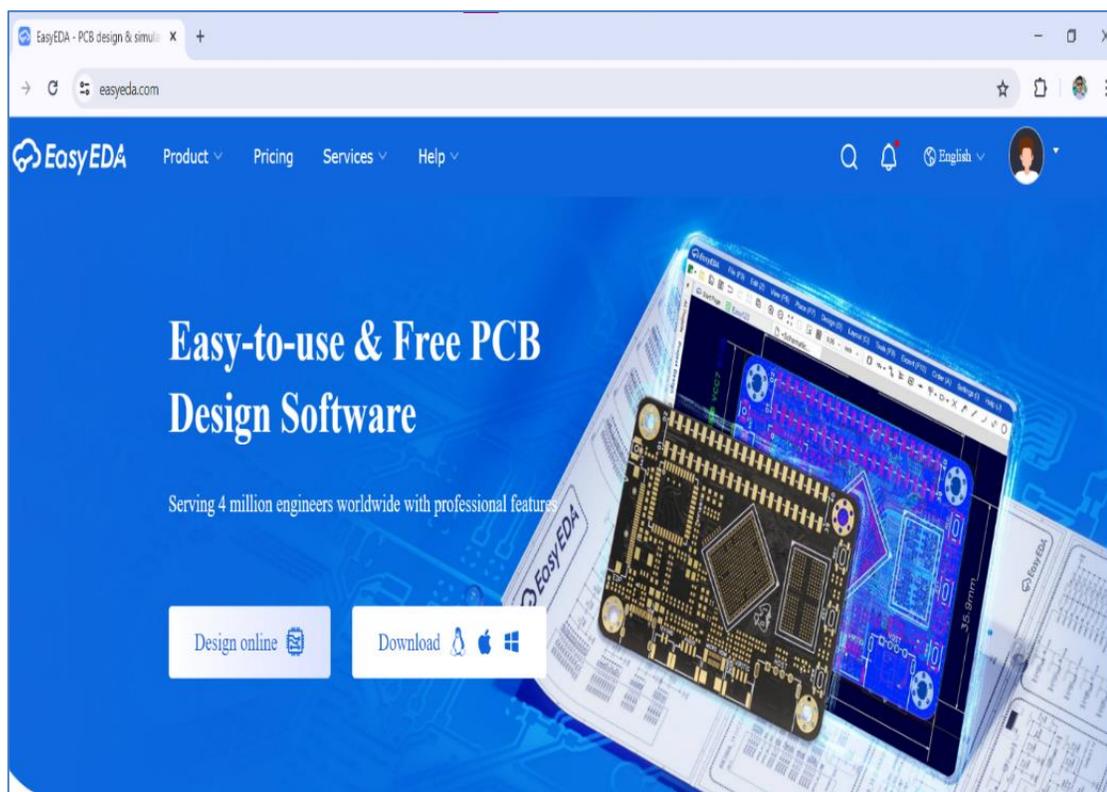


Figura 11 - Home EasyEDA.

Fonte: Próprio autor, 2024.

O EasyEDA oferece um simulador de circuitos integrado que permite testar e analisar seus projetos antes de construí-los. O editor inclui uma biblioteca abrangente de componentes prontos para usar, facilitando o processo de design. Você pode usar o editor para criar PCBs de camada única ou multicamadas, com roteamento automático de trilhas e verificação de regras de design.

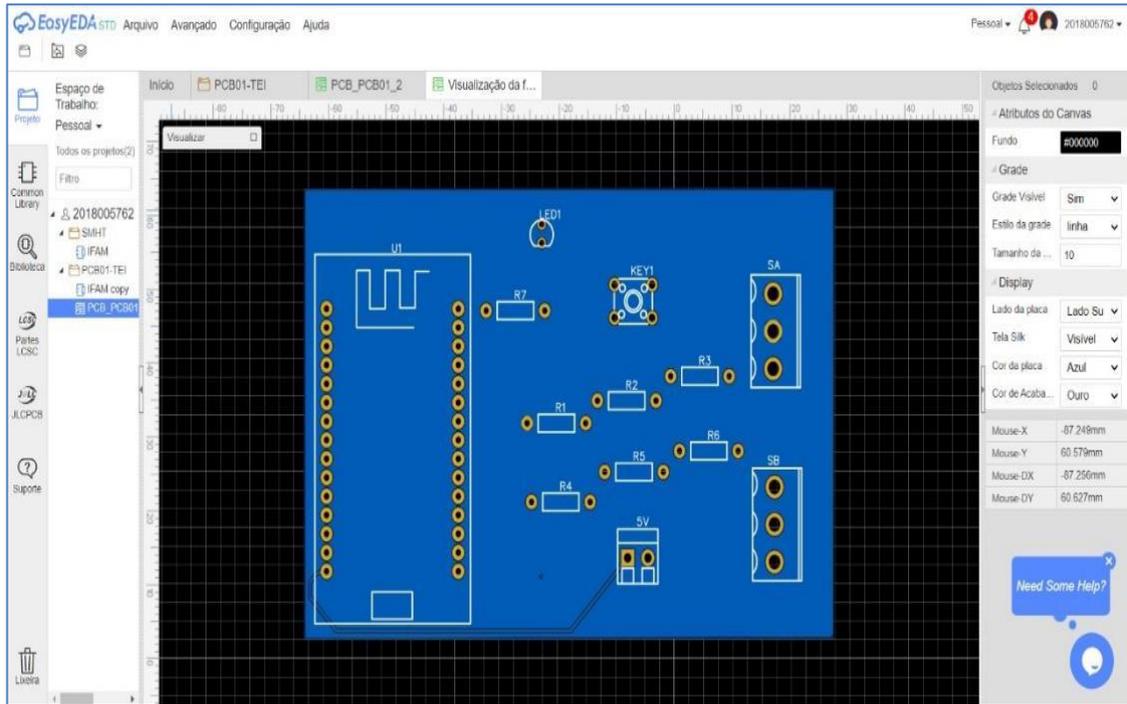


Figura 12 - Desenvolvimento do circuito 2D.
Fonte: Próprio autor, 2024

O EasyEDA também possui um editor de PCB completo que permite criar layouts de PCB profissionais.

Design de PCB:

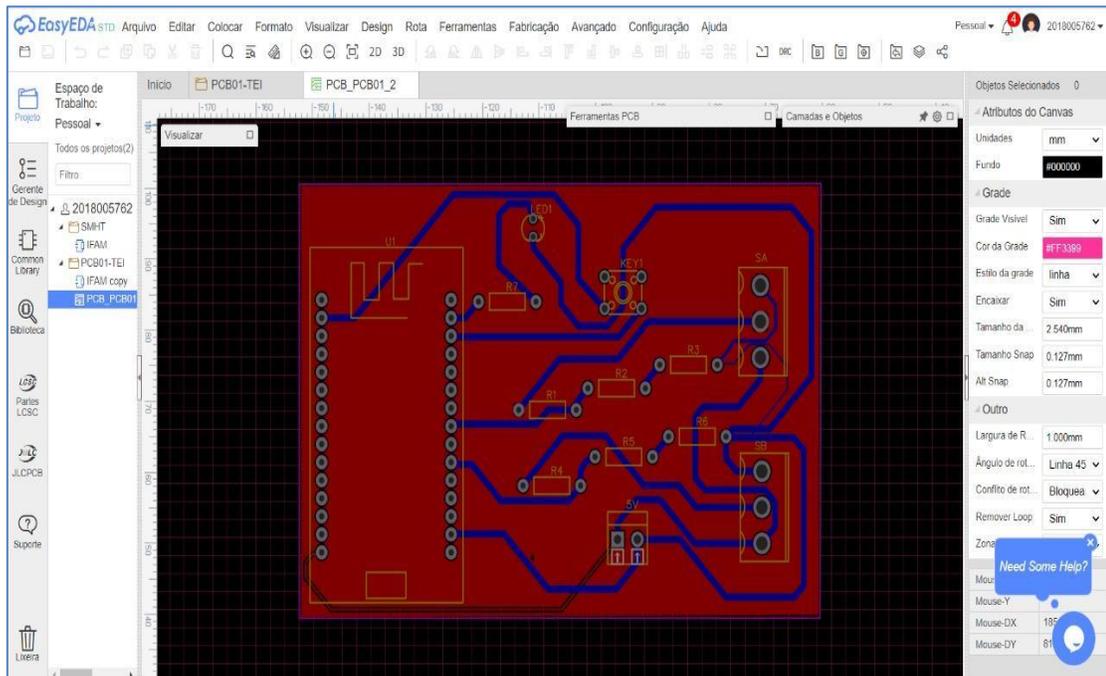


Figura 13 - Desenvolvimento do PCB.
Fonte: Próprio autor, 2024.

O simulador é baseado no Berkeley SPICE, um software de simulação de circuitos de código aberto e amplamente utilizado.

Você pode usar o simulador para analisar diversos parâmetros do seu circuito, como tensões, correntes, potências e frequências.

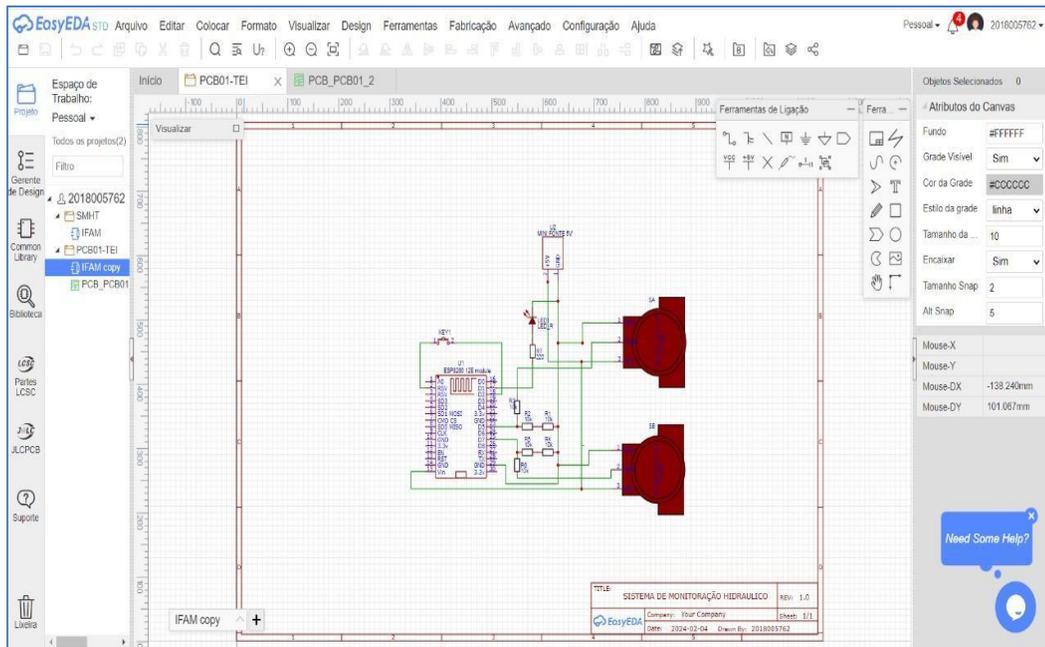


Figura 14 - Desenvolvimento do Esquemático.
Fonte: Próprio autor, 2024.

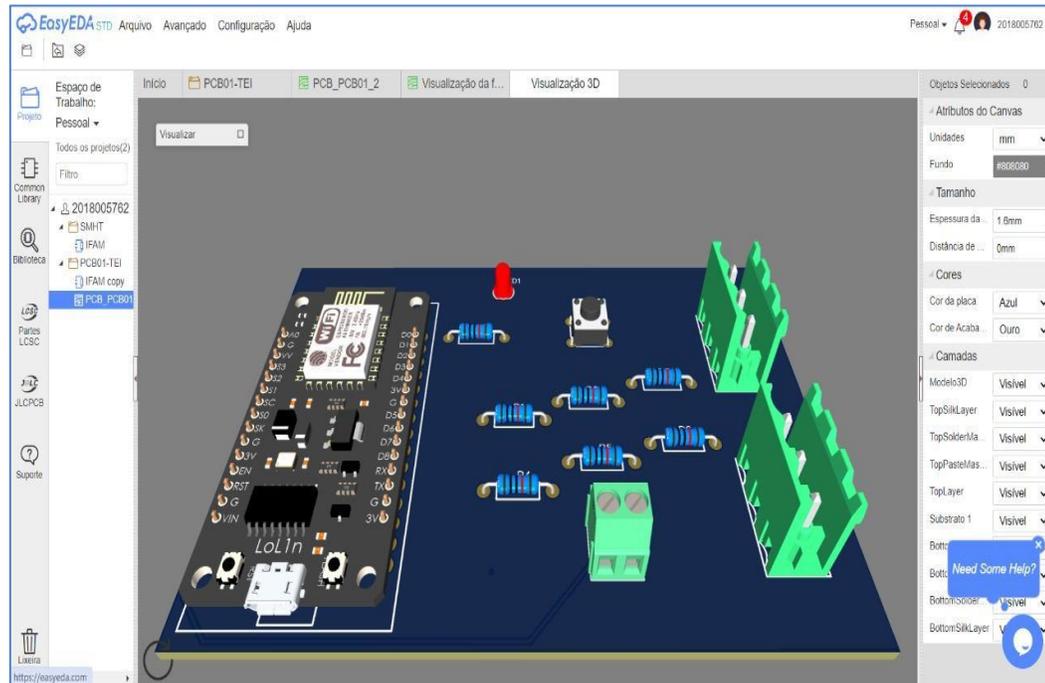


Figura 15 - Desenvolvimento do circuito 3D.
Fonte: Próprio autor, 2024.

3.3 ALGORITMO

Para a comunicação entre o sincronizador e o servidor foi necessário utilizar um protocolo de comunicação via internet, o HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), é um protocolo implementado em dois programas o cliente e o servidor, que se comunicam através da troca de mensagens, ele usa o TCP (*Trasmission Control Protocol*) para transporte dos dados.

Processo Detalhado:

Iniciação: O sincronizador inicia o processo de comunicação enviando uma solicitação ao servidor. Essa solicitação é feita através de uma mensagem HTTP, que contém informações sobre o tipo de operação desejada, os dados a serem enviados ou recebidos e outros detalhes relevantes.

Envio e recebimento de dados: O servidor responde à solicitação do sincronizador enviando uma mensagem HTTP de volta. Essa mensagem pode conter os dados solicitados pelo sincronizador, como arquivos, configurações ou atualizações.

Tratamento da resposta: O sincronizador processa a resposta do servidor e toma as medidas necessárias. Isso pode envolver a atualização de arquivos locais, a sincronização de dados entre diferentes dispositivos ou a execução de outras tarefas específicas.

Finalização: A comunicação entre o sincronizador e o servidor é finalizada após a troca de mensagens e a execução das tarefas desejadas. Configura-se, assim, uma sistematização de estocagem de dados, com possibilidade de tratamento desses dados, além de atuação entre a central de controle e possíveis equipamentos que têm tecnologia de atuação pontual, comandados remotamente e operados por inúmeras pessoas. As condições mínimas necessárias para o atendimento são: interface amigável com o operador, ou seja, o sistema de supervisão propicia facilidade de visualização gráfica e de operação do sistema; geração automática de relatórios, com o controle estatístico do sistema; histórico de tendências (acompanhamento das variáveis controladas); facilidade para interação com outros aplicativos (software); acesso automático a banco de dados; acesso compartilhado e remoto; conexão em rede por meio de modem ou rádio; gerenciamento das condições de alarme. As válvulas instaladas nos canos, serão responsáveis por cortar o fluxo de água caso seja detectado um vazamento. O vazamento é detectado através da leitura de dois sensores de fluxo dispostos um antes e outro após da válvula. Caso o fluxo que passa através de um sensor não seja o mesmo fluxo identificado pelo outro, será enviado um alerta de vazamento e conseqüentemente a válvula cortará o fluxo. Diferente da válvula do cano 1, esta

válvula não possui o modo de acionamento remoto apenas para simplificar a demonstração, porém a sua implementação é pouco complexa, caso seja necessária no projeto real.

Leitura de Fluxo e Volume

Nesse primeiro projeto vamos fazer uma leitura simples do sensor, além de exibir o volume total de líquido que passou por ele. O Sensor de Fluxo de Água mostrado ½ YF-S201B é uma pequena válvula equipada com um rotor em formato de cata-vento com um ímã acoplado. Essa estrutura trabalha em par com um sensor de efeito hall que envia um sinal PWM. Ligado a um sistema de corrente de água, quando o líquido flui através do rotor, ele irá girar e influenciará diretamente na frequência de pulsos emitidos. Cada pulso tem amplitude de aproximadamente 2,25V, e através desses pulsos que são entregues pelo sensor de efeito hall, é possível saber qual a vazão de água. O Sensor de Fluxo de Água ½ YF-S201B é largamente utilizado em projetos domésticos de automação residencial, podendo medir o consumo diário, semanal e mensal de uma residência. Pode também ser utilizado para distribuição correta de água entre diferentes caixas d'água ou mesmo atuar como um controlador de nível, baseado na entrada e saída de líquido de determinado recipiente. A montagem do circuito eletrônico microcontrolado em placa de protótipos foi realizada buscando encontrar a melhor configuração de localização para os componentes eletrônicos, levando em consideração as dimensões e as ligações elétricas, com vistas à otimização do “layout” da placa definitiva.

ESP8266: É um módulo de alta performance para aplicações envolvendo wi-fi, contando com um baixíssimo consumo de energia (ESPRESSIF, 2018). Com 4 MB de memória *flash*, o ESP32 permite criar variadas aplicações para projetos de IoT, acesso remoto, *webservers* e *dataloggers*, entre outros. A placa ESP8266 possui uma antena embutida, uma interface usb-serial e um regulador de tensão 3.3V. A programação pode ser feita em LUA, a qual é uma linguagem de programação interpretada, projetada por Tecgraf da PUC-Rio em 1993, ou usando a IDE do Arduino através de um cabo micro-usb.

Conectando a Placa aos sensores no sistema

Para que possamos obter as primeiras leituras do sensor, foi copiado e carregado o código a seguir para placa, a leitura dos sensores de fluxo é realizada através de interrupções e processada no loop principal (loop), a cada segundo, o código desabilita as interrupções, calcula o fluxo (L/min) para cada sensor com base no número de pulsos contados e um fator de calibração, e em seguida, habilita as interrupções novamente.

Entendendo o Código

```

void loop() {
  // Executa a contagem de pulsos uma vez por segundo
  if ((millis() - tempo_antes) > 1000) {
    // Desabilita interrupções para realizar a conversão do valor
    de pulsos
    detachInterrupt (INTERRUPTAO_SENSOR_A);
    detachInterrupt (INTERRUPTAO_SENSOR_B);

    // Converte o valor de pulsos para L/min
    fluxoA = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contadorA) /
fator_calibracaoA;
    fluxoB = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contadorB) /
fator_calibracaoB;
  }
}

```

Inicialmente declaramos o pino de interrupção (INTERRUPTAO_SENSOR) e o pino em que o sensor está conectado (PINO_SENSOR). Ambas as variáveis estão atreladas ao pino digital 2, porém para a conexão de interrupção, temos que declarar o seu valor como "0" para que a biblioteca da Arduino IDE associe corretamente a interrupção ao pino digital 2.

Logo após essa definição de pinos, declaramos a variável contador, responsável por armazenar a contagem de pulsos do sensor. Em seguida definimos a variável que armazena o fator de calibração do sensor (FATOR_CALIBRACAO) sendo constante e igual a 6,5. Esta variável é utilizada para a conversão entre o fluxo (em "L/min") e a frequência da leitura (em "Hz"), e pode ser alterada para maior precisão, ou caso haja alguma divergência na leitura obtida. Fazemos o mesmo para as variáveis que receberão o valor de fluxo convertido (fluxo), e o valor de volume calculado (volume e volume total). Por fim, a variável tempo antes nos auxiliará a realizar a conversão de unidades e a realizar a leitura do sensor com intervalos de 1 segundo.

Na configuração do código, abrimos o monitor serial com a velocidade de 9600 bps e configuramos o pino em que o sensor está conectado como uma entrada com o resistor de pull-up interno ativado, através do comando INPUT_PULLUP. Deste modo, podemos realizar as leituras digitais dos pulsos do sensor de efeito Hall, porém sem a necessidade de um resistor de pull-up externo.

Uma parte do código utiliza a biblioteca AsyncWebServer para criar um servidor web no ESP8266 e permitir o monitoramento do sistema hidráulico através de uma interface web. A biblioteca AsyncWebServer é incluída no início do código, um objeto AsyncWebServer é

criado na porta 80 (porta padrão HTTP), a página web HTML é definida como uma *string* em formato PROGMEM (armazenada na memória flash), o servidor responde a requisições GET nessa rota enviando os valores de fluxo, volume total e variação percentual como texto. O monitoramento na web é realizado através de um servidor web que serve a página HTML e responde a requisições para fornecer os valores dos sensores. O script na página web atualiza dinamicamente os valores exibidos, permitindo o monitoramento em tempo real.

```
// Iniciar servidor web na porta 80
CriarServidorWeb(80)
// Definir página HTML
pagina_html <- "<!DOCTYPE html>\n... (conteúdo HTML) ..."
// Criar função para lidar com a requisição "/leituraSensores"
FUNÇÃO handleLeituraSensores(request)
    // Formatar resposta com valores de sensores
    resposta <- fluxoA.ToString("F2") + "," +
                fluxoB.ToString("F2") + "," +
                volume_total.ToString("F2") + "," +
                variacaoPercentual_global.ToString("F2") + "," +
                limiar_variacao_percentual.ToString("F2")
    // Enviar resposta para o cliente
```

Componentes Principais

ESP8266 (microcontrolador com Wi-Fi)

Sensores de fluxo

LED indicador

Botão para zerar o volume

Interface web para monitoramento

Inicialização

Configura pinos, conecta ao Wi-Fi e inicia o servidor web.

Carrega a página web HTML para exibir os dados dos sensores.

Contagem de Pulsos

Interrupções são configuradas para cada sensor de fluxo.

As funções (contadorA_pulso e contadorB_pulso) incrementam contadores a cada pulso detectado.

Cálculo de Fluxo e Volume

A cada segundo, o loop principal calcula o fluxo (L/min) para cada sensor com base nos pulsos contados e um fator de calibração. Acumula o volume total de água que passou pelo Sensor A.

O volume (L) em cada sensor é calculado dividindo o fluxo por 60 (segundos).

O volume total é atualizado somando o volume do sensor A.

Formula: A fórmula calcula o fluxo dividindo 1000 pelo tempo decorrido entre o tempo atual e o tempo anterior, e multiplicando o resultado pelo contador e dividindo pelo fator de calibração.

```
Fluxo = (1000/(millis()-tempo.antes)) * contador / fator.calibracao
```

Detecção de Vazamento

A função (verificarVariacaoAcionarValv) calcula a variação percentual entre os fluxos dos dois sensores, se a variação exceder um limiar definido, o LED é ligado, indicando um possível vazamento.

Interface Web:

O servidor web responde a requisições na rota (/leituraSensores), envia os valores de fluxo, volume total e variação percentual para a página web, a página web atualiza os valores exibidos e mostra uma mensagem de alerta em caso de possível vazamento.

Zerar Volume:

Pressionar o botão zera a variável (volume_total).

Principais Funções:

- contadorA_pulso e contadorB_pulso: Incrementam os contadores de pulsos dos sensores.
- loop: Calcula fluxo, volume e verifica a variação percentual a cada segundo.
- verificarVariacaoAcionarValv: Verifica a variação percentual e aciona o LED se necessário.
- handleLeituraSensores: Responde às requisições da página web e envia os dados dos sensores.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O valor do fator de calibração é essencial para o correto funcionamento e para leituras mais precisas, é uma constante utilizada para conversão do número de pulsos informados pelos sensores em L/min, o fator de calibração é inversamente proporcional ao volume total em litros, logo quanto maior o *fator_calibração* menor será o valor de leitura de *Volume_total*, influenciando diretamente na sensibilidade de leitura dos sensores. Essa constante pode ser alterada para maior precisão, ou caso haja algumas discrepâncias nas leituras obtidas.

Preparo

Nesta fase foi realizado a coleta de 7 (sete) amostras de água em um recipiente de 2L com o objetivo de definir o *fator_calibração* a ser programado. O teste do sistema foi realizado em ambiente controlado e similar ao que o dispositivo deve ser instalado. O fator de calibração com o valor de 6,5 foi a configuração que mais se aproximou do valor real coletado e foi fixado a programação.

Amostra	Fator de Calibração	Volume coletado	Volume Lido
1	3,49	2,0L	4,1L
2	3,86	2,0L	3,7L
3	4,21	2,0L	3,4L
4	4,93	2,0L	2,9L
5	5,50	2,0L	2,6L
6	6,22	2,0L	2,3L
7	6,50	2,0L	2,2L

Tabela 3 – Calibração e Preparo.
Fonte: Próprio Autor, 2024.

O sistema funcionou como esperado. A informação de vazamento foi reconhecida e informada na página HTML de monitoramento quando as de percentagem da diferença entre o sensor A e o sensor B foram atingidas. Enquanto isso, a informação de consumo total permanece sendo atualizada na tela de monitoramento.

O monitoramento em tempo real do consumo de água permite maior controle e segurança.

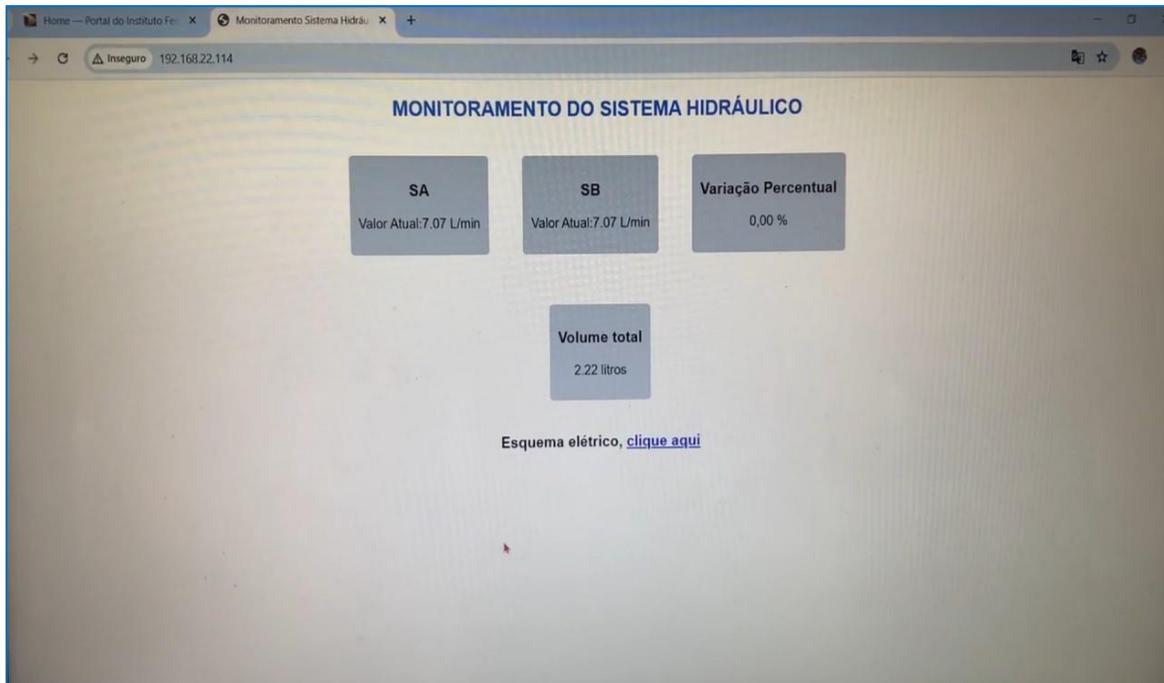


Figura 16 - Tela de monitoramento.

Fonte: Próprio autor, 2024.

Com isso alcançou-se os objetivos na proposta deste protótipo

- Redução de perdas e desperdícios de água.
 - Melhoria da eficiência e da produtividade.
- Melhoria da qualidade da água:
- Controle rigoroso da qualidade da água utilizada na produção.
 - Segurança e qualidade dos produtos.
- Redução de custos:
- Diminuição dos custos com água, tratamento de efluentes e descarte de água residual.
- Sustentabilidade ambiental:
- Preservação dos recursos hídricos.
 - Mitigação dos impactos da indústria no meio ambiente.

4.1 EXPERIMENTO: UM ESTUDO DE CASO NO LABORATÓRIO DO IFAM CMDI

Resultados para Sistema de Automação de Consumo de Água

A automação do consumo de água pode oferecer uma série de benefícios para residências, empresas e indústrias. Os possíveis resultados podem ser:

Redução do consumo de água: Sensores inteligentes monitoram o fluxo de água e identificam vazamentos, permitindo o conserto rápido e evitando desperdícios.

Sistemas de controle automatizados ajustam o fluxo de água de acordo com a demanda, otimizando o uso em diferentes tarefas.

A análise de dados e a inteligência artificial identificam padrões de consumo e sugerem medidas para reduzir o desperdício.

Economia de dinheiro: A redução do consumo de água leva à diminuição da conta de água.

A detecção e o conserto rápidos de vazamentos evitam perdas e gastos desnecessários.

A otimização do uso da água pode gerar economia em outros recursos, como energia e produtos de limpeza.

Sustentabilidade ambiental: A preservação da água é fundamental para o meio ambiente e para as futuras gerações. A automação do consumo de água contribui para a redução da pegada hídrica das empresas e dos cidadãos. A diminuição do uso de água também contribui para a redução da poluição dos recursos hídricos.

Maior comodidade e segurança: A automação do consumo de água pode evitar problemas como falta de água e vazamentos.

Sistemas automatizados podem ser programados para realizar tarefas como regar jardins ou encher o tanque de água automaticamente.

Alguns exemplos de resultados específicos em diferentes setores:

Residencial:

Redução de até 30% no consumo de água.

Economia de até R\$ 100 por mês na conta de água.

Prevenção de vazamentos e danos à propriedade.

Comercial:

Redução de até 20% no consumo de água.

Economia de até R\$ 500 por mês na conta de água.

Melhoria da imagem da empresa como um negócio sustentável.

Industrial:

Redução de até 10% no consumo de água.

Economia de até R\$ 1.000 por mês na conta de água.

Aumento da eficiência dos processos produtivos.

A automação do consumo de água é um investimento que se paga a longo prazo. Além dos benefícios mencionados, ela também contribui para a construção de um futuro mais sustentável para o planeta.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXPERIMENTO

O protótipo desenvolvido possui a finalidade de ser um sistema dinâmico e prático, de fácil instalação, baixo custo e eficiente, onde se consegue automatizar o abastecimento, receber as informações de volume em tempo real e indicar possíveis falhas. Em relação à expectativa a ser atingida a partir da metodologia aplicada, é notável que há relevância do trabalho desenvolvido no sentido de criar bases com parâmetros otimizados para evoluções seguintes no contexto de sistemas de automação para o controle supervisorio aplicado a variáveis de vazão e nível, naturais de um ambiente de distribuição hídrica. O custo reduzido e a implementação facilitada por softwares HTML, tornam esse sistema adequado a uma diversidade de escopos, quando se consideram limitações financeiras. Além disso, este projeto pode ser facilmente ampliado para futuras atribuições que compreendam necessidades de construções específicas, residenciais ou não. Este projeto pode ser adaptado para várias finalidades como por exemplo um sistema de irrigação de horta. Para isso, basta que sejam modificados os parâmetros de controle a partir do software de supervisão. Como sugestões de trabalhos futuros indicamos:

Implementar um sistema de alarme sonoro ou envio de notificações em caso de vazamento.

No modelo atual do projeto, o possível vazamento é informado através de uma mensagem na própria tela de monitoramento bem como visualmente através do LED vermelho.

Registrar os dados de fluxo e volume ao longo do tempo para análise posterior.

O registro traria diversas vantagens para o monitoramento do sistema hidráulico, permitindo uma análise mais completa e insights valiosos sobre o comportamento do sistema.

Identificação de Padrões de Consumo: Ao analisar os dados históricos, é possível identificar padrões de consumo de água, como horários de pico, dias da semana com maior consumo e variações sazonais.

Deteção de Anomalias: Desvios significativos nos padrões de consumo podem indicar vazamentos ocultos, problemas em equipamentos ou alterações no uso da água. A análise dos dados históricos facilita a identificação dessas anomalias.

Manutenção Preventiva: O monitoramento contínuo dos dados permite prever possíveis falhas ou problemas no sistema, possibilitando a realização de manutenção preventiva antes que ocorram danos maiores.

Otimização do Sistema: A análise dos dados históricos pode auxiliar na otimização do sistema hidráulico, identificando oportunidades para reduzir o consumo de água e aumentar a eficiência.

Comprovação de Vazamentos: Em caso de suspeita de vazamento, os dados registrados podem servir como evidência para comprovar a existência do problema e estimar o volume de água perdido.’

Permitir a configuração do limiar de variação percentual através da interface web.

O limiar de variação percentual é um parâmetro crucial no sistema de detecção de vazamentos, pois determina o quão sensível o sistema é a diferenças no fluxo de água entre os dois sensores. Realizando essa configuração através da interface web seria possível minimizar as consequências de falsos positivos. Se um falso positivo (alarme de vazamento sem vazamento real) resultar em custos significativos ou interrupções indesejadas, pode ser preferível um limiar mais alto.

Sistema de irrigação: O trabalho em questão pode servir como base para adaptações para um sistema de irrigação, a complexidade do sistema de irrigação dependerá do tamanho da horta.



Figura 17 - Tipo de horta para irrigação automatizada.
Fonte: Próprio autor, 2024.

5. CONCLUSÃO

A automação da gestão da água é uma ferramenta poderosa para enfrentar os desafios da escassez hídrica. Através da tecnologia, podemos promover a sustentabilidade, a economia e a eficiência no uso da água, garantindo a segurança hídrica para todos. A adoção de soluções inovadoras e o engajamento dos usuários são essenciais para construir um futuro mais sustentável com relação à água. Sistemas inteligentes alertam os usuários sobre consumos excessivos, vazamentos e outras situações que demandam atenção. Isso permite a ação rápida para corrigir problemas e evitar perdas significativas de água. Plataformas digitais fornecem aos usuários informações sobre o consumo de água, permitindo que acompanhem seus hábitos e identifiquem oportunidades para reduzir o desperdício. A automação, aliada à educação ambiental, promove o engajamento dos usuários na gestão consciente da água. Um sistema de sensores inteligentes monitora o fluxo de água em tempo real, detectando vazamentos e anomalias com precisão milimétrica. Essa tecnologia permite identificar problemas antes que causem danos materiais e desperdícios consideráveis. Neste trabalho buscou-se uma solução econômica e ecológica para o controle do consumo de água, no entanto sugere-se a partir deste projeto surjam pesquisas que viabilizem adaptação do protótipo para um sistema de irrigação automatizado de hortas e plantios.

Os resultados deste estudo abrem caminho para futuras pesquisas, e como sugestões de trabalhos futuros, o presente estudo serve como base para adaptar protótipo atual para um sistema de irrigação de horta automatizado será necessário algumas modificações e considerações adicionais, como adicionar sensores de fluxo e sensores de umidade. Esses sensores fornecem informações sobre a quantidade de água presente no solo, permitindo uma irrigação mais precisa e eficiente. O código de programação precisará ser modificado para incluir uma lógica de controle da irrigação baseada nos dados dos sensores de umidade do solo. A irrigação seria ativada apenas quando a umidade do solo estivesse abaixo de um determinado limiar, evitando o desperdício de água. A interface web ou um sistema de controle separado poderia ser usado para programar a irrigação, definindo horários, duração e quantidade de água a ser aplicada, isso permitiria automatizar a irrigação da horta de acordo com as necessidades e tipos de cultivo praticados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. S. Irrigação automatizada: sistemas de irrigação temporizado. 2020.
- ASSIS, L. B. DE. Sistema de irrigação automatizada utilizando plataforma Arduino. **Sistema de irrigação automatizada utilizando plataforma Arduino**, 2022.
- BARBOSA, J. W. Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino. **Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso Bacharelado em Ciência da Computação**. Assis, 2013.
- BEZERRA, G. DA S. et al. Sistema de irrigação automatizada para agricultura. 2023.
- BRINGHENTI JUNIOR, E. Automação do Tanque de Equalização na ETA Morro dos Quadros via SCADA. 2017.
- CAVALCANTE, L. M.; MACHADO, L. C. G. T.; LIMA, A. M. M. DE. Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 191–202, 2013.
- COSTA, G. H. S. Utilização de um controlador lógico programável em um sistema de bombeamento de água. 2022.
- COSTA, I. M.; LISBOA, S. N. D.; SANTOS, T. P. Automação industrial. **Natal: Dca447- Departamento de Engenharia de Computação e Automação-Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, 2003.
- COSTA, S. DE S. Criação de Um Site para o Projeto de Recursos Hídricos do Município de Manaus: Uma Estratégia para Identificação e Controle da Poluição. **XII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA/CNPq**, 2003.
- DE MORAES, C. C.; DE LAURO CASTRUCCI, P. **Engenharia de automação industrial**. [s.l.] LTC, 2007.
- DE OLIVEIRA, F. A. A. et al. Estudo da Tecnologia de Irrigação Automatizada pela Revisão de Patentes. **Cadernos de Prospecção**, v. 15, n. 2, p. 494–506, 2022.
- DE OLIVEIRA ROCHA, A. K.; PRADO, M. E. B. B.; VALENTE, J. A. A linguagem de programação Scratch na formação do professor: uma abordagem baseada no TPACK. **Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática**, v. 5, n. 2, p. 19–36, 2020.

- DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Revista de Administração Pública**, v. 49, p. 1193–1214, 2015.
- DOMINGOS, T. R. DA S. A implantação da automação na indústria têxtil. 2020.
- FERRARINI, A. Proposta para acesso remoto a equipamentos de automação industrial utilizando a internet. 2015.
- FINKLER, N. R. et al. Cobrança pelo uso da água no Brasil: uma revisão metodológica. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 33, 2015.
- FRANCO, Â. S. Sistema de automação e telemetria: um estudo de caso na estação de tratamento de água e distribuição no Município de São Gabriel-RS. 2015.
- KATAOKA, M. E. **Automação industrial: telemetria de gestão do consumo da água**. bachelorThesis—[s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2 jun. 2023.
- LAMB, F. **Automação industrial na prática-série Tekne**. [s.l.] AMGH Editora, 2015.
- LOUREIRO, J. F. et al. Automação de estufa agrícola integrando hardware livre e controle remoto pela internet. **Revista de Computação Aplicada ao Agronegócio**, v. 1, n. 1, p. 38–55, 2018.
- LOYOLA, S. et al. Metrologia na Era do Aprendizado de Máquina. **Sociedade Brasileira de Computação**, 2022.
- MACHADO, F. B. Automação do sistema de ureia-Arauco do Brasil. 2019.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. [s.l.] Oficina de Textos, 2005.
- NATALE, F. **Automação Industrial-Série Brasileira de Tecnologia**. [s.l.] Saraiva Educação SA, 2018.
- PEREIRA, G. H. R. Automação de uma máquina de montagem e teste de entupimento de condensadores veiculares. 2018a.
- PEREIRA, P. F. F. **Gerador de código HTML a partir de maquetes**. PhD Thesis—[s.l.] Instituto Politécnico do Porto (Portugal), 2018b.
- QUEIROZ, W. F. D. **Controlador lógico programável alternativo de livre acesso baseado em um microcontrolador PIC**. B.S. thesis—[s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.
- QUITAISKI, P. P. et al. Sistema de reaproveitamento de águas pluviais para irrigação automatizada de hortaliças. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4259–4276, 2018.

RIGHETTO, S. B. Manutenção preditiva 4.0: conceito, arquitetura e estratégias de implementação. 2020.

ROCHA, P. S. R.; RAMOS, C. V.; BRASIL, T. A. **A utilização de softwares no ensino de matemática para ensino fundamental e médio**. Anais do IV Congresso sobre Tecnologias na Educação. **Anais...SBC**, 2019. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrlle/article/view/8874>>. Acesso em: 25 dez. 2023.

COMPONENTES101, 2024. **Recurso dedicado a engenheiros de projeto eletrônico, cobrindo notícias de produtos, análises e artigos sobre os mais recentes componentes eletrônicos**. Disponível em: <https://components101.com>. Acesso em: 25, mar.2024.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. Automação industrial. **Santa Maria: E-tec Brasil**, 2016.

ROSARIO, J. M. **Automação industrial**. [s.l.] Editora Baraúna, 2012.

SANTOS, H. T. DOS et al. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 852–862, 2015.

SILVA, M. S. **Criando sites com HTML: sites de alta qualidade com HTML e CSS**. [s.l.] Novatec Editora, 2008.

ANEXOS

Programação completa utilizada.

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>

// Definições de pinos
#define INTERRUPTCAO_SENSOR_A 14
#define INTERRUPTCAO_SENSOR_B 13
#define PINO_LED_VM 5
#define PINO_BOTAO 4
#define PINO_SENSOR_A 14
#define PINO_SENSOR_B 13

// Variáveis de contagem e calibração
volatile unsigned long contadorA = 0;
volatile unsigned long contadorB = 0;
const float fator_calibracaoA = 6.5;
const float fator_calibracaoB = 6.5;

static char flag = 0;

//Protótipo das funções
void ICACHE_RAM_ATTR contadorA_pulso();
void ICACHE_RAM_ATTR contadorB_pulso();
void verificarVariacaoAcionarValv();
void zerarVolume();

// Variáveis de fluxo e volume
float fluxoA = 0;
float fluxoB = 0;
float volume = 0;
float volume_total = 0;

// Tempo e variação percentual
unsigned long tempo_antes = 0;
const float limiar_variacao_percentual = 20;
float variacaoPercentual_global = 0;

AsyncWebServer server(80);

// Conteúdo HTML

```

```

const char html_page[] PROGMEM = R"rawliteral(
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">

<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Monitoramento Sistema Hidráulico</title>
  <style>
    body {
      font-family: Arial, sans-serif;
      text-align: center;
    }

    h2 {
      color: #3498db;
    }

    .sensor {
      display: inline-block;
      margin: 20px;
      padding: 10px;
      border: 1px solid #ccc;
      border-radius: 5px;
      background-color: #D3D3D3;
    }

    #mensagemAlerta {
      color: red;
      font-weight: bold;
      margin-top: 20px;
    }
  </style>
</head>

<body>

  <h2>MONITORAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO</h2>

  <div class="sensor" id="sensorA">
    <h3>SA</h3>
    <p>Valor Atual: <span id="valorSensorA">0</span> L/min</p>
  </div>

  <div class="sensor" id="sensorB">

```

```

    <h3>SB</h3>
    <p>Valor Atual: <span id="valorSensorB">0</span> L/min</p>
</div>

<div class="sensor" id="variacaoPercentual">
    <h3>Variação Percentual</h3>
    <p><span id="variacaoPercentualGlobal">0</span> %</p>
</div>

<div id="mensagemAlerta"></div>

<div class="sensor" id="volumeTotal">
    <h3>Volume Total</h3>
    <p> <span id="volume">0</span> Litros</p>
</div>

    <h3>Para baixar o esquemático, <a
href="https://drive.google.com/file/d/1PKrHHDu9Ry4jeaTS_dl14o1-Yhduqz_W/view"
target="_blank">clique aqui<a></h3>

<script>
function atualizarValoresSensores() {
    var xhttp = new XMLHttpRequest();
    xhttp.onreadystatechange = function () {
        if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
            var dados = this.responseText.split(",");
            document.getElementById('valorSensorA').innerText = dados[0];
            document.getElementById('valorSensorB').innerText = dados[1];
            document.getElementById('volume').innerText = dados[2]
            dados[3];

            var mensagemAlerta = document.getElementById('mensagemAlerta');
            var variacaoPercentualGlobal = parseFloat(dados[3])
            var limiarVariacao = parseFloat(dados[4]);
            if (variacaoPercentualGlobal >= limiarVariacao) {
                mensagemAlerta.innerText = "Variação acima do limiar de " +
limiarVariacao + "%! Possível vazamento de água!";
            } else {
                mensagemAlerta.innerText = "";
            }
        }
    };
    xhttp.open("GET", "/leiturasensores", true);
    xhttp.send();
}

```

```

    }

    setInterval(atualizarValoresSensores, 3000);
    atualizarValoresSensores();
</script>

</body>

</html>
)rawliteral";

void handleLeituraSensores(AsyncWebServerRequest *request) {
    String resposta = String(fluxoA, 2) + "," +
        String(fluxoB, 2) + "," +
        String(volume_total, 2) + "," +
        String(variacaoPercentual_global, 2) + "," +
        String(limiar_variacao_percentual, 2);

    request->send(200, "text/plain", resposta);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin("CMDI-ALUNOS", "ALUNOSCONECTADOS2022
");

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println("Conectando ao WiFi...");
    }

    Serial.println("WiFi conectada");
    Serial.println("Endereço IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    Serial.println("MONITORAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO\n");

    pinMode(PINO_SENSOR_A, INPUT_PULLUP);
    pinMode(PINO_SENSOR_B, INPUT_PULLUP);
    pinMode(PINO_BOTAO, INPUT_PULLUP);
    pinMode(PINO_LED_VM, OUTPUT);
    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
    digitalWrite(PINO_LED_VM, LOW);
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);

    server.on("/leiturasensores", HTTP_GET, handleLeituraSensores);
}

```

```

server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request) {
    request->send_P(200, "text/html", html_page);
});

server.begin();

}

void loop() {
    // Executa a contagem de pulsos uma vez por segundo
    if ((millis() - tempo_antes) > 1000) {
        // Desabilita interrupções para realizar a conversão do valor de pulsos
        detachInterrupt(INTERRUPT_SENSOR_A);
        detachInterrupt(INTERRUPT_SENSOR_B);

        // Converte o valor de pulsos para L/min
        fluxoA = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contadorA) /
        fator_calibracaoA;
        fluxoB = ((1000.0 / (millis() - tempo_antes)) * contadorB) /
        fator_calibracaoB;

        // Calcula o volume em L passado pelo sensor
        volume = fluxoA / 60;

        // Armazena o volume
        volume_total += volume;

        // Verifica a diferença e aciona a saída digital se necessário
        verificarVariacaoAcionarValv();

        // Reinicialização do contador de pulsos
        contadorA = 0;
        contadorB = 0;
        tempo_antes = millis();

        // Habilita interrupções para a contagem de pulsos
        attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(INTERRUPT_SENSOR_A), contadorA_pulso,
        FALLING);
        attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(INTERRUPT_SENSOR_B), contadorB_pulso,
        FALLING);
    }

    // Zerar a variável volume_total ao pressionar botão
    if(!digitalRead(PINO_BOTAO)) flag=1;
    if(digitalRead(PINO_BOTAO) && flag) {

```

```

    flag=0;
    zerarVolume();
    delay(130);
  }
}

// --- Desenvolvimento das Funções ---

// Funções chamada pelas interrupções para contagem de pulsos
void ICACHE_RAM_ATTR contadorA_pulso() {
  contadorA++;
}

void ICACHE_RAM_ATTR contadorB_pulso() {
  contadorB++;
}

// Função para zerar as variáveis de volume total
void zerarVolume() {
  volume_total = 0;
}

// Função para verificar a variação percentual e acionar a saída digital se
necessário
void verificarVariacaoAcionarValv() {
  float variacaoPercentual = 0;
  if (fluxoA != 0 || fluxoB != 0) {
    variacaoPercentual = abs((fluxoB - fluxoA) / (fluxoA != 0 ? fluxoA : fluxoB))
* 100;
  } else {
    variacaoPercentual = 0;
  }
  if (isinf(variacaoPercentual)) {
    variacaoPercentual = 0;
  }
  variacaoPercentual_global = variacaoPercentual;
  digitalWrite(PINO_LED_VM, (variacaoPercentual_global >=
limiar_variacao_percentual) ? HIGH : LOW);
}

```