

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM ELETRÔNICA

RUBENS CESAR VATRAS ARSENO
FILIFE MACHADO DE ALMEIDA
FELIPE FERREIRA DA SILVA LUIZ
MATEUS MENDES
PEDRO HENRIQUE MARIANO RABELLO

AQUA MONITOR: ESTRUTURA INOVADORA PARA
MONITORAMENTO DE PH EM ÁGUA

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM ELETRÔNICA

RUBENS CESAR VATRAS ARSENO
FILIFE MACHADO DE ALMEIDA
FELIPE FERREIRA DA SILVA LUIZ
MATEUS MENDES
PEDRO HENRIQUE MARIANO RABELLO

AQUA MONITOR: ESTRUTURA INOVADORA PARA
MONITORAMENTO DE PH EM ÁGUA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em Eletrônica.

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário da Instituição.

Bueno, Adriel Andre.

B928e

Estudo sobre a geração de energia elétrica à partir da fabricação de um protótipo portátil para o uso da energia eólica / Adriel Andre Bueno...[et al.].

– Mogi Guaçu, 2016.

65 f.

Orientador: Prof.º. Diogo Pedriali.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio) - Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Curso Eletrotécnica, 2016.

1. Energia eólica. 2. Energia limpa. 3. Fonte alternativa. 4. Praticidade e II. Cavalcanti, Marcos Soares. III. Guimarães, Acessibilidade. I. Pedriali, Diogo.

Paulo Afonso. IV. Openheimer, Diogo H. Monteiro. V. Etec “Euro Albino de Souza” do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. VI. Eletrotécnica. VII. Título.

CDD: 621.4

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM ELETRÔNICA

RUBENS CESAR VATRAS ARSENO
FILIFE MACHADO DE ALMEIDA
FELIPE FERREIRA DA SILVA LUIZ
MATEUS MENDES
PEDRO HENRIQUE MARIANO RABELLO

AQUA MONITOR: ESTRUTURA INOVADORA PARA
MONITORAMENTO DE PH EM ÁGUA.

Monografia aprovada por banca examinadora em 18 de novembro de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Luis Carlos Pompeu

Prof. José Carlos Monfredini

Mogi Guaçu – SP
2025

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia aos nossos professores que permitiram a realização desse projeto, também aos nossos colegas que compartilharam os desafios de escrita e de pesquisa, muito obrigado pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos ao professor Diogo Pedriali, cuja orientação foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação e apoio foram fundamentais desde a concepção da ideia do projeto até a realização desta pesquisa. Agradecemos também pela valiosa colaboração na elaboração deste artigo científico e temos plena confiança de que sua contribuição continuará sendo indispensável na construção do nosso Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Estendemos também nossos agradecimentos aos colegas do grupo, que além de coautores deste artigo, são parte fundamental em todas as etapas do projeto, contribuindo com empenho, ideias e parceria ao longo da atual jornada.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de uma torre autônoma de coleta de pH, projetada para realizar medições contínuas e automatizadas em corpos d'água como piscinas e lagos. O sistema utiliza um microcontrolador ESP32, com conectividade Wi-Fi integrada, que permite o envio de dados para uma plataforma online de supervisão em tempo real. A torre foi equipada com sensor de pH de alta precisão, motores de corrente contínua para locomoção e servo motor para posicionamento vertical do sensor, além de fontes de alimentação autônomas baseadas em painéis solares e power bank. O objetivo principal é garantir a obtenção de dados confiáveis e representativos por meio de medições distribuídas em 16 pontos distintos, possibilitando análise mais precisa da qualidade da água. A metodologia utilizada fundamenta-se em pesquisa aplicada, com testes sistemáticos para validação da precisão dos sensores e estabilidade do sistema em condições reais de uso. O projeto também incorpora medidas de segurança elétrica, protocolos de comunicação baseados em HTTP e interface de visualização amigável ao usuário. A análise teórica abrange conceitos fundamentais como pH, sensores analógicos, energia fotovoltaica, comunicação sem fio e interação homem-máquina, articulando fundamentos científicos e tecnológicos à prática de engenharia aplicada. A relevância do projeto está em sua acessibilidade, baixo custo, viabilidade de replicação e impacto social e ambiental, contribuindo com o monitoramento da qualidade da água e a preservação de ecossistemas. Os resultados indicam que o sistema é eficiente, estável e adaptável a diferentes contextos, podendo ser utilizado em aplicações educacionais, ambientais e comunitárias. A proposta representa uma solução inovadora, sustentável e tecnicamente viável para monitoramento de parâmetros físico-químicos em ambientes aquáticos.

Palavras-chave: ESP32. pH. Monitoramento da água. Sensor de pH. Internet das Coisas (IoT).

ABSTRACT

This project presents the development and implementation of an autonomous pH data collection tower, designed to perform continuous and automated measurements in water bodies such as swimming pools and lakes. The system is based on the ESP32 microcontroller, which features integrated Wi-Fi connectivity, enabling realtime data transmission to an online supervisory platform. The tower is equipped with a high-precision pH sensor, DC motors for movement, and a servo motor for vertical positioning of the sensor, in addition to autonomous power sources based on solar panels and a power bank. The main goal is to ensure the collection of reliable and representative data through measurements taken at 16 different points, allowing for a more accurate analysis of water quality. The methodology is grounded in applied research, including systematic testing to validate sensor accuracy and system stability under real-world conditions. The project also includes electrical safety measures, HTTP-based communication protocols, and a user-friendly graphical interface. The theoretical foundation encompasses key concepts such as pH, analog sensors, photovoltaic energy, wireless communication, and human-machine interaction, combining scientific and technological principles with practical engineering. The relevance of the project lies in its affordability, replicability, and positive social and environmental impact, contributing to the monitoring of water quality and the preservation of aquatic ecosystems. The results demonstrate that the system is efficient, stable, and adaptable to various contexts, making it suitable for educational, environmental, and community applications. This work represents an innovative, sustainable, and technically feasible solution for monitoring physicochemical parameters in aquatic environments.

Key words: pH. Water quality. ESP32. Monitoring. IoT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placa de Fenolite.	26
Figura 2 - Diodo	26
Figura 3 - ESP32 Wroom-32	30
Figura 4 - Micro Servo Motor	43
Figura 5 - Representação tridimensional do modelo proposto	54
Figura 6 - Representação tridimensional lateral do modelo proposto.	55
Figura 7 - Representação tridimensional com devida proteção do modelo proposto. .	56
Figura 8 - Representação tridimensional com devida proteção do modelo proposto com visão do projeto.	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ph	Potencial hidrogeniônico
ADMIN	Administrador
ETEC	Escolas Técnicas do Estados de São Paulo
BNC	Bayonet Neill-Concelman
CC	Corrente continua
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IoT	Internet of Things
IHM	interação homem-máquina
PCB	Printed Circuit Board
JSON	JavaScript Object Notation
SoC	System on Chip
CPU	Central processing unit
BMS	Battery Management System (Sistema de Gerenciamento de Bateria)
GPIO	General Purpose Input/Output (Entrada/Saída de Uso Geral)
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
PWM	Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)
USB	Universal Serial Bus
WLAN	Wireless Local Area Network (Rede Local Sem Fio)
Wi-Fi	Wireless Fidelity
PVC	Policloreto de vinilo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
OBJETIVO GERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
JUSTIFICATIVA	15
ANÁLISE FINANCEIRA	15
ANÁLISE SOCIAL	16
ANÁLISE AMBIENTAL	17
ANÁLISE DE SEGURANÇA	18
RELEVÂNCIA	18
ACESSIBILIDADE	19
2 DESENVOLVIMENTO	20
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA	22
2.2 TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO	23
2.3 RECURSOS NECESSÁRIOS	25
2.3.1 MICROCONTROLADORES	28
2.3.2 PH	30
2.3.3 SENSORES	32
2.3.4 ENERGIA FOTOVOLTAICA	35
2.3.5 BATERIA	41
2.3.6 MOTORES ELÉTRICOS	42
2.3.7 COMUNICAÇÃO SEM FIO	43
2.3.8 COMUNICAÇÃO HOMEM/MÁQUINA	45
2.4 CRONOGRAMA	47
2.5 DESENHOS E DETALHAMENTOS	49
2.6 CUSTOS	52
2.7 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	53
2.8 PROTOCOLO DE TESTES	53
2.8.1 EXECUÇÃO DOS TESTES	54
2.8.2 COLETA DE DADOS DOS TESTES	54
2.8.3 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES	54

2.9 MELHORIAS	55
2.10 ASPECTOS POSITIVOS.....	55
2.11 RISCOS.....	55
2.12 DIFERENCIAIS	55
2.13 RECOMENDAÇÕES.....	56
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
3.1 TRABALHOS FUTUROS	57

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água é uma atividade essencial em diversos contextos ambientais, recreativos e econômicos, especialmente quando envolve o contato direto com seres humanos ou organismos aquáticos. Entre os parâmetros mais relevantes para essa análise está o potencial hidrogeniônico (pH), que mede a acidez ou alcalinidade da água e influencia diretamente processos biológicos, químicos e físicos nos ecossistemas aquáticos. Em ambientes como piscinas, lagos ornamentais, criadouros de peixes e tanques de cultivo, o controle do pH é fundamental para assegurar condições ideais à saúde humana, ao bem-estar animal e à eficiência no uso de produtos químicos de tratamento.

Apesar da sua importância, a coleta e a medição do pH ainda são predominantemente realizadas de forma manual, o que implica em limitações como a baixa frequência de amostragem, erros humanos, falta de padronização e necessidade constante de intervenção. Esse cenário se torna ainda mais desafiador quando a medição precisa ser feita em vários pontos de um mesmo corpo d'água, a fim de garantir representatividade e confiabilidade dos dados obtidos. Diante dessa lacuna, surge a necessidade de uma solução automatizada, acessível e eficiente, capaz de realizar coletas de forma precisa e com mínima interferência humana.

Este projeto tem como foco principal automatizar a coleta de dados de pH, por meio do desenvolvimento de uma torre flutuante autônoma, equipada com sensor de pH, microcontrolador ESP32 e comunicação via Wi-Fi com uma plataforma supervisória online. O sistema foi projetado para medir o pH em até 16 pontos diferentes, possibilitando uma análise mais abrangente da qualidade da água. A movimentação da torre é realizada por motores elétricos controlados automaticamente, e sua alimentação energética é feita por painéis solares, garantindo autonomia e sustentabilidade.

O público-alvo deste trabalho são principalmente profissionais responsáveis pela manutenção de piscinas (piscineiros) e cuidadores de peixes ou gestores de criadouros e aquicultura, que necessitam de informações confiáveis e em tempo real sobre as condições da água. Além disso, o projeto também pode beneficiar instituições educacionais, centros de pesquisa ambiental e gestores de parques urbanos ou áreas de lazer que contenham corpos d'água artificiais ou naturais.

Dessa forma, o presente trabalho propõe não apenas uma inovação tecnológica, mas também uma alternativa prática, econômica e socialmente relevante para o monitoramento contínuo do pH da água, contribuindo para o bem-estar humano, a preservação ambiental e o avanço da automação no setor.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é aprimorar um sistema de coleta de dados de pH por meio da reestruturação e otimização de seu projeto eletrônico e

computacional, com foco em maior precisão, estabilidade e confiabilidade na aquisição e transmissão das informações. O projeto original será analisado criticamente para identificação de limitações relacionadas ao desempenho do sensor, interferências externas, consumo energético e eficiência do processamento de sinais.

As melhorias propostas incluem a substituição de componentes por versões de maior desempenho e menor ruído, a implementação de circuitos de condicionamento de sinal mais robustos e a introdução de técnicas de filtragem digital para correção de desvios e instabilidades. Também será incorporado um sistema de calibração automática com compensação de temperatura, visando garantir a acurácia das leituras em diferentes condições ambientais.

Do ponto de vista computacional, o sistema será reprogramado utilizando uma plataforma de microcontrolador de maior capacidade (como o ESP32), permitindo comunicação sem fio via Wi-Fi ou Bluetooth, além da integração com serviços de nuvem para armazenamento e visualização remota dos dados em tempo real. Por fim, será desenvolvida uma interface gráfica amigável para que o usuário possa monitorar os parâmetros de pH de forma clara e intuitiva, tornando o sistema mais acessível e aplicável em contextos de pesquisa, educação e monitoramento ambiental.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico deste projeto é realizar medições de pH em aproximadamente 16 pontos distintos de uma piscina ou lago, de modo a obter uma média mais precisa desse parâmetro. A escolha por múltiplos pontos de medição se justifica pela necessidade de maior representatividade dos dados para garantir a confiabilidade dos resultados.

Além disso, busca-se estabelecer a comunicação via Wi-Fi com um site supervisor. Essa plataforma contará com uma tela de login e dois tipos de perfis de acesso: o perfil ADMIN, responsável pelo controle dos horários das medições e pela definição de cargos, e o perfil de usuário comum, que terá acesso apenas aos valores medidos. O perfil ADMIN também poderá visualizar essas medições.

Outro aspecto importante é o balanceamento da estrutura do dispositivo, para que ele permaneça estável e flutue adequadamente na água. A estrutura base já foi desenvolvida, mas ainda é necessário instalar os componentes eletrônicos e realizar a distribuição de peso de forma equilibrada para garantir sua estabilidade.

Por fim, serão adicionados três motores de corrente contínua (motores CC), os quais permitirão o deslocamento da embarcação para realizar as medições nos 16 pontos previamente definidos. Esses motores serão controlados por meio de um microcontrolador ESP32, permitindo uma movimentação precisa. Pretende-se também que o sistema supervisorio possibilite a configuração dos pontos de medição.

1.2 JUSTIFICATIVA

Iremos utilizar o ESP32, por ele ter Wi-Fi implementado e assim facilitando a comunicação com a internet (Babiuch; Folynek; Smutny, 2019). O sensor de pH foi escolhido pelo seu baixo custo, pois nosso trabalho tem como objetivo atender nossas expectativas com um custo mais baixo, também escolhemos o sensor pelo fato dele ser programável tendo uma medição mais precisa e confiável além dele poder fazer comunicação com o esp32. E foi optado por utilizar um Power Bank pelo fato de ele armazenar mais carga.

1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Para o desenvolvimento do projeto, foi realizado um levantamento de custos com base na aquisição dos componentes eletrônicos e estruturais necessários para a montagem do sistema. O valor total estimado foi de R\$ 465,00, sendo este montante arrecadado por meio de uma contribuição coletiva ("vaquinha") entre os integrantes da equipe. Algumas peças também foram doadas por ex-alunos da instituição, e todas as aquisições foram feitas com orientação técnica do professor orientador, buscando sempre o melhor custo-benefício.

A seguir, apresenta-se a discriminação dos principais itens adquiridos:

-ESP32 (1 unidade) – R\$ 20,00

Comprado de um ex-aluno, com valor abaixo da média de mercado (R\$ 50,00), utilizado como microcontrolador principal do sistema.

-Sensor de pH (1 unidade) – R\$ 245,00

Adquirido na plataforma Mercado Livre, escolhido por apresentar boa precisão de leitura e compatibilidade com o ESP32.

-Jumpers (vários) – R\$ 1,00 (por unidade)

Utilizados para realizar as conexões entre os módulos e o circuito principal (comprado em loja física).

-Power Bank (1 unidade) – R\$ 55,00

Fonte de alimentação portátil escolhida por sua alta autonomia, adquirida na loja Shopee.

-Servo motor (1 unidade) – R\$ 15,00

Responsável pelo posicionamento do sensor de pH na água. Escolhido por seu custo acessível e eficiência (Mercado Livre).

Placas solares fotovoltaicas (2 unidades) – R\$ 60,00 cada

Utilizadas como fonte de energia renovável para recarga do sistema (adquiridas online).

-Diodos 1N4007 (6 unidades) – R\$ 1,20 (pacote com 10 unidades)

Empregados para evitar o retorno de corrente nos circuitos de alimentação.

-Placa de fenolite (1 unidade) – R\$ 20,00

Utilizada para montagem do circuito impresso (PCB), permitindo a conexão física entre os terminais do ESP32 e os demais componentes.

Esse investimento foi planejado para garantir a execução do projeto com eficiência, funcionalidade e baixo custo, sem comprometer a precisão dos dados ou a estabilidade do sistema.

1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

A torre de coleta de pH da água, aplicada em lagos e piscinas, oferece benefícios significativos para a saúde, segurança e bem-estar das pessoas que utilizam esses espaços. O controle contínuo do pH é fundamental para garantir que a água esteja em condições adequadas para o banho, lazer ou contemplação, evitando riscos como irritações na pele, olhos e até a proliferação de microorganismos nocivos.

Em piscinas públicas ou privadas, o monitoramento automático do pH contribui para uma gestão mais eficiente da água, reduzindo o uso excessivo de produtos químicos e diminuindo custos com manutenção. Já em lagos especialmente em parques, condomínios ou áreas de preservação a torre auxilia na conservação ambiental, alertando para alterações que possam indicar poluição ou desequilíbrio ecológico.

Além do aspecto técnico, o projeto também tem um impacto social importante ao promover ambientes mais seguros e agradáveis para a população. Com dados confiáveis sobre a qualidade da água, os responsáveis pela manutenção desses espaços podem tomar decisões rápidas e corretas, melhorando a experiência dos usuários e prevenindo problemas de saúde pública.

Portanto, a torre de coleta de pH representa uma solução acessível e eficaz para o monitoramento da água em ambientes de uso coletivo, unindo tecnologia, saúde e sustentabilidade em benefício direto das pessoas e do meio ambiente.

1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

Dessa forma, o projeto atua como uma ferramenta preventiva, que ajuda a evitar degradações maiores e reduz os impactos negativos ao ecossistema aquático.

Além disso, em ambientes naturais ou seminaturais, como lagos de parques, condomínios e áreas de lazer, o controle do pH pode colaborar com a manutenção da biodiversidade local, protegendo organismos aquáticos sensíveis a mudanças bruscas na composição da água.

Portanto, mesmo não sendo um projeto de intervenção direta no meio ambiente, a torre de coleta de pH exerce uma função estratégica na proteção e preservação da qualidade da água, reforçando práticas de monitoramento ambiental e gestão consciente dos recursos naturais.

1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

O projeto é totalmente seguro, pelo fato de que todo o circuito eletrônico vai estar fechado, assim estando isolado e impossibilitando de qualquer curto acontecer por conta de contato com a água, e além disso o circuito estando isolado também vai prevenir do usuário deste produto não levar qualquer tipo de choque com o nosso sistema.

E sobre a conectividade a internet, o projeto só acessa o site do supervisor assim mantendo uma conexão segura e comunicação apenas com aquele site, assim não tendo possibilidade de fazer sua senha de internet ou qualquer outro dado que for colocado no site.

1.2.5 RELEVÂNCIA

A torre de coleta de pH da água é um projeto de grande utilidade por oferecer uma solução prática e eficiente para o monitoramento da qualidade da água. O controle do pH é essencial, pois variações significativas podem indicar contaminação, presença de substâncias químicas ou alterações que comprometem o uso seguro da água. Essas mudanças afetam diretamente a saúde das pessoas e a estabilidade dos ambientes aquáticos.

O projeto se destaca por permitir a medição contínua e automatizada do pH, facilitando a identificação precoce de problemas e permitindo ações corretivas rápidas. Isso contribui para a prevenção de doenças relacionadas à água e reduz o uso desnecessário de produtos químicos no tratamento, tornando o processo mais seguro e econômico.

Além de seu valor técnico, a torre também pode ser utilizada como ferramenta de apoio em projetos educativos e de conscientização, promovendo o uso responsável da água e incentivando o cuidado com os recursos naturais.

Dessa forma, o projeto demonstra sua relevância por atender a necessidades reais de controle de qualidade da água, contribuindo para a saúde pública, a segurança e a sustentabilidade.

1.2.6 ACESSIBILIDADE

A torre de coleta de pH da água é um projeto acessível tanto do ponto de vista econômico quanto operacional. Um dos principais diferenciais é o baixo custo de produção, que permite sua implementação em diferentes contextos, inclusive por instituições com orçamento limitado, como escolas, centros comunitários ou projetos de pesquisa.

Além disso, o sistema pode ser construído com materiais de fácil obtenção e utilizar sensores e componentes eletrônicos de baixo custo, sem comprometer a qualidade da medição. Isso garante que o projeto seja replicável, escalável e adaptável a diferentes necessidades.

Em termos de usabilidade, o funcionamento da torre é simples, podendo ser operado por pessoas com conhecimentos básicos em eletrônica ou monitoramento ambiental. Isso facilita sua adoção por comunidades e pequenos grupos, sem a necessidade de profissionais altamente especializados.

Portanto, o projeto se mostra acessível tanto financeiramente quanto tecnicamente, ampliando seu potencial de aplicação prática e tornando viável o monitoramento contínuo da qualidade da água em diversos cenários.

2 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve os fundamentos técnicos, teóricos e práticos envolvidos na construção da torre de coleta de pH automatizada. A proposta integra conhecimentos de eletrônica, automação, química ambiental e tecnologia da informação, com foco na criação de uma estrutura funcional, autônoma, segura e de fácil replicação.

O projeto teve início com a identificação do problema: a necessidade de realizar medições regulares de pH em corpos d'água de forma precisa, eficiente e com o mínimo de intervenção humana. Situações como o manejo de piscinas públicas e privadas, bem como o cuidado com ambientes aquáticos controlados — como tanques de piscicultura e lagos ornamentais — exigem controle rigoroso do pH para evitar riscos à saúde e prejuízos econômicos. A proposta, portanto, é automatizar o processo de coleta e transmissão dos dados, facilitando o monitoramento contínuo e remoto.

A torre foi projetada com base em uma plataforma flutuante dotada de componentes eletrônicos, motores, sensores e fonte de alimentação independente. O coração do sistema é o microcontrolador ESP32, escolhido por sua capacidade de processamento, conectividade Wi-Fi integrada e compatibilidade com sensores analógicos, como o sensor de pH tipo BNC, responsável pelas medições da acidez da água.

A movimentação da estrutura na superfície da água é garantida por três motores CC, enquanto um servo motor aciona verticalmente o sensor até o ponto de medição. O sistema é alimentado por um Power Bank recarregável, que, por sua vez, recebe energia de duas placas solares fotovoltaicas, integradas a um circuito de controle de carga baseado no módulo TP4056. O circuito completo foi montado sobre uma placa de fenolite, com conexões seguras e organizadas.

O sistema realiza medições em 16 pontos definidos previamente, coletando os dados em tempo real e enviando-os a um servidor web por meio de comunicação HTTP. Os dados podem ser visualizados por usuários cadastrados através de um painel supervisorio com níveis de acesso diferenciados, permitindo que administradores configurem horários, visualizem históricos e gerenciem usuários.

A montagem do protótipo seguiu etapas estruturadas de prototipagem eletrônica, programação do microcontrolador, testes de calibração do sensor e validação do deslocamento automatizado. O projeto também foi avaliado quanto à estabilidade da plataforma flutuante, balanceamento de peso e impermeabilização dos circuitos para garantir segurança e durabilidade.

Por fim, os testes em ambientes reais — como lagos e piscinas — permitiram validar a eficácia da torre, demonstrando seu potencial como ferramenta útil para profissionais como piscineiros, técnicos em controle de qualidade da água e cuidadores de peixes, além de ser uma alternativa aplicável em projetos de educação ambiental e monitoramento urbano.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Este projeto se apoia em uma base teórica interdisciplinar que abrange conceitos da química, da eletrônica embarcada, da automação, da comunicação sem fio e da sustentabilidade energética. A seguir, são descritos os principais fundamentos científicos e tecnológicos que sustentam o desenvolvimento da torre autônoma de medição de pH.

O potencial hidrogeniônico (pH) é um indicador crítico da qualidade da água, utilizado para determinar seu caráter ácido, neutro ou básico. Segundo Beattie *et al.* (2014), a tensão superficial da água apresenta estabilidade significativa mesmo com alterações de pH, evidenciando a complexidade das interações na interface ar/água e a importância da precisão na medição desse parâmetro em ambientes naturais e controlados.

A acidificação da água do mar, causada principalmente pela dissolução do dióxido de carbono atmosférico, é outro fator que reforça a importância do monitoramento contínuo. Marion *et al.* (2011) destacam que pequenas variações no pH marinho podem afetar drasticamente a vida aquática e a solubilidade de compostos essenciais.

Do ponto de vista computacional, o ESP32 é um microcontrolador moderno, com recursos integrados de Wi-Fi e Bluetooth, ideal para aplicações de Internet das Coisas (IoT). Conforme Babiuch, Foltýnek e Smutny (2019), sua arquitetura permite o processamento local de dados, a leitura de sensores e o envio de informações para

plataformas online em tempo real, com eficiência energética e boa capacidade de conectividade.

A alimentação autônoma do sistema é viabilizada com o uso de painéis solares e o módulo TP4056, um carregador linear para baterias de íon de lítio. Gaikwad et al. (2020) demonstram que o TP4056, aliado a fontes solares, garante recargas seguras e automáticas com alta eficiência, reduzindo a necessidade de manutenção humana em sistemas remotos.

No aspecto da comunicação sem fio, Loureiro et al. (2003) enfatizam o papel das tecnologias IEEE 802.11 (Wi-Fi) no desenvolvimento de sistemas móveis e distribuídos, especialmente em aplicações que requerem mobilidade e conectividade contínua. Essa abordagem é essencial para que o sistema possa enviar dados remotamente para usuários e servidores supervisórios.

Por fim, Fernandes et al. (2021) discutem a interação homem-máquina (IHM) em contextos digitais, destacando que o sucesso de soluções automatizadas depende da usabilidade, acessibilidade e confiabilidade percebida pelos usuários. Assim, o projeto buscou criar uma interface intuitiva e funcional, alinhada com as expectativas de operadores como piscineiros e cuidadores de peixes.

2.1.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA

A metodologia científica adotada neste projeto tem como base os princípios da pesquisa aplicada, de caráter quantitativo, experimental e tecnológico. O enfoque está na experimentação prática, observação empírica e análise objetiva de dados obtidos por meio de medições sistemáticas do pH da água em diversos pontos, com controle rigoroso das variáveis envolvidas.

O desenvolvimento do protótipo foi estruturado em etapas sequenciais, com foco em garantir a reprodutibilidade, confiabilidade e validade dos dados coletados. Para isso, estabeleceu-se um protocolo técnico de testes com controle de qualidade em todas as fases do processo: desde a seleção dos componentes eletrônicos, até a calibração dos sensores de pH e a programação do ESP32, responsável pela automação e comunicação dos dados com o sistema supervisório.

A etapa de calibração do sensor de pH incluiu testes com soluções tampão padronizadas (pH 4, 7 e 10), a fim de verificar a precisão da leitura, conforme padrão

de uso laboratorial e prático. Essa calibração foi validada com repetição de medições, análise da estabilidade dos dados e aplicação de correções digitais, como o uso de filtros de média móvel e compensação térmica, reduzindo a influência da temperatura nas leituras.

Durante os testes de campo, a coleta de dados foi realizada tanto em ambientes controlados quanto em condições reais de uso (como lagos e piscinas), de modo a avaliar o comportamento do sistema em diferentes cenários. As medições obtidas em 16 pontos distintos permitiram identificar desvios ou anomalias, possibilitando ajustes finos no firmware do ESP32 e na lógica de controle dos motores.

Para garantir a qualidade da comunicação sem fio, foram empregados protocolos HTTP sobre Wi-Fi, com envio de pacotes JSON a um servidor web. De acordo com Babiuch, Foltýnek e Smutny (2019), essa abordagem é uma das mais eficazes para dispositivos ESP32 atuando como cliente HTTP, permitindo troca bidirecional de dados com estabilidade e segurança.

O monitoramento do tempo de resposta, da taxa de perda de pacotes e da integridade dos dados transmitidos garantiu a confiabilidade da comunicação, validando o uso da plataforma como ferramenta de supervisão remota e suporte à tomada de decisão.

Por fim, todas as etapas do projeto foram conduzidas em conformidade com os princípios da ética científica, com documentação sistemática dos testes, uso de referências confiáveis e colaboração entre os membros da equipe. O rigor metodológico aplicado visou não apenas à entrega de um protótipo funcional, mas também à construção de uma base sólida para replicação, validação contínua e aplicação em diferentes contextos.

2.2 TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO

Este trabalho se fundamenta em conhecimentos teóricos e técnicos das áreas de eletrônica, química, automação e tecnologias de informação, aplicados ao desenvolvimento de um sistema de monitoramento autônomo da qualidade da água. A seguir, são descritos os principais tópicos que sustentam a concepção e implementação do projeto.

2.2.1 Microcontroladores

Os microcontroladores são componentes essenciais em sistemas embarcados, pois integram processador, memória e interfaces de entrada e saída em um único circuito integrado. No projeto, utilizou-se o ESP32, um microcontrolador da Espressif Systems com conectividade Wi-Fi e Bluetooth, adequado para aplicações em Internet das Coisas (IoT). Sua arquitetura de dois núcleos e capacidade de leitura de sinais analógicos permite a integração com sensores como o de pH, além de possibilitar comunicação com plataformas supervisórias.

2.2.2 pH e sua Importância

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida da concentração de íons hidrogênio em uma solução aquosa, sendo um parâmetro fundamental para a avaliação da qualidade da água. Valores de pH fora da faixa ideal (6,5 a 8,5) podem afetar negativamente os organismos aquáticos e indicar a presença de poluentes ou desequilíbrios químicos. A medição contínua do pH permite a identificação precoce de alterações ambientais.

2.2.3 Sensores

Sensores são dispositivos capazes de converter grandezas físicas em sinais elétricos. O projeto emprega um sensor de pH com conector BNC, capaz de realizar medições em tempo real com boa estabilidade e precisão. O uso de sensores analógicos requer condicionamento de sinal e digitalização para posterior processamento pelo microcontrolador.

2.2.4 Energia Fotovoltaica

A utilização de energia solar no projeto garante sua autonomia energética. Painéis fotovoltaicos captam a radiação solar e a convertem em energia elétrica, que é armazenada em Power Banks por meio de controladores de carga (como o TP4056). Esse modelo de alimentação é sustentável e reduz a necessidade de manutenção.

2.2.5 Comunicação sem Fio

A comunicação sem fio é realizada via Wi-Fi, utilizando o protocolo HTTP para envio de dados ao sistema supervisório. O ESP32 é responsável por estabelecer essa comunicação com servidores remotos, garantindo o acesso aos dados

coletados de forma segura e em tempo real. Essa arquitetura é fundamental para o monitoramento remoto e contínuo dos parâmetros da água.

2.2.6 Interação Homem-Máquina (IHM)

A interface desenvolvida permite que os usuários interajam com o sistema de forma intuitiva e funcional. A IHM é acessada por meio de um painel web com perfis de usuário distintos (administrador e comum), viabilizando o acompanhamento das medições e a configuração dos parâmetros do sistema.

2.3 RECURSOS NECESSÁRIOS

Os recursos necessários para a realização do nosso projeto se baseiam em um ESP32 para fazer o controle do sistema por um todo, outro componente principal é o Sensor pH que vai ser graças a ele que coletaremos a informação do pH da água. Vai ser usados diodos para o impedir a corrente voltar para os sistemas de alimentação (Power Bank e Placas Solares Fotovoltaicas), pelo fato de ele servir como uma barragem somente passar a corrente para um sentido não tendo chance dele voltar para o sistema, é como se fizesse uma via de sentido único, os jumpers são para a gente poder ligar cada componente um aos outros e assim fazendo tanto a alimentação e comunicação do sistema. Agora falando sobre a alimentação do sistema, ela vai ser feita a partir de duas placas solares que elas vão mandar sua energia para a placa de controle de carga e esta placa vai administrar se as placas vão alimentar diretamente o sistema, ou se ela vai abastecer o Power Bank que ele no nosso projeto está sendo usado como uma bateria recarregável graças a placa de controle de carga, o Power Bank ele tanto vai ser alimentado pelas placas solares e vai alimentar o circuito, tendo que alimentar o ESP32, os motores (CC e Servo) que necessitam de 5V e o ESP32 alimenta somente 3,3V, outro que vai precisar desta alimentação de 5V é o sensor de pH, que no caso o ESP32 somente vai fazer a comunicação com o sensor de pH, pelo fato dele não ter a tensão para alimentar o sensor.

Outro recurso que vai ser utilizado é o a placa de fenolite que está vai ser feito a construção de um circuito de **PCB** (Printed Circuit Board ou em português Placa de Circuito Impresso), que nela vai ser soldada o ESP32 para usarmos as entradas desejadas para comunicação.

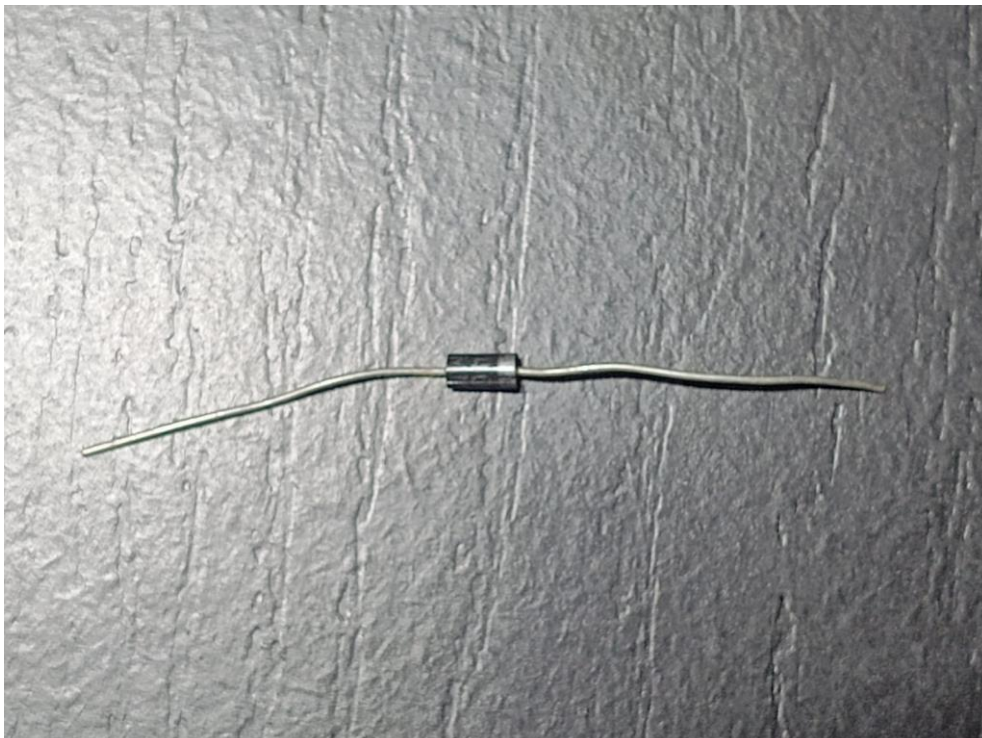
Logo abaixo irá ter imagens para ilustrar alguns componentes que serão usados no projeto:

Figura 1 - Placa de Fenolite.



Fonte: Autoria própria

Figura 2 - Diodo



Fonte: Aatoria própria

Tabela 1 – Lista de materiais.

Componente	Quantidade	Função no Projeto	Valor Aproximado (R\$)
ESP32	1	Microcontrolador para processamento e controle.	40,00
Sensor pH	1	Medição do pH no projeto.	245,00
Diodo	6	Vai impedir a corrente voltar para as fontes de alimentação.	1,20
Jumpers (fios)	Vários	Conexão entre os sistemas.	10,00
Power Bank	1	Alimentação do sistema.	55,00
Servo Motor	1	Controle da orientação do sensor.	15,00
Placa Solar Fotovoltaica	2	Recarga da bateria.	60,00
Placa de controle de carga	1	Controla a carga enviada pelas placas solares e Power Bank.	10,00

Motor CC	3	Vai fazer a movimentação do projeto na água.	
Placa de fenolite	1	Fazer a conexão entre componentes	30,00

Fonte: Aatoria própria

2.3.1 MICROCONTROLADORES

Para falar sobre o ESP32 é preciso explicar o que ele é. Ele é um microcontrolador que foi inventado em 1971 o TMS1000 idealizado por Gary Boone e Michael Cochram, e um microcontrolador é considerado um computador completo em miniatura desenvolvido em um único circuito integrado, é isso que difere um microcontrolador de um microprocessador, o microprocessador depende de outros componentes para funcionar, como memória RAM entre outros para ele funcionar corretamente. E dentro do microcontrolador tem diversas unidades de processamentos e outros componentes necessários para executar diversas tarefas que vão ser requeridas pelo microcontrolador dentre elas, memórias de leitura, escrita de dados e armazenamento da firmware, conversores de sinais analógico/e /analógico, e portas programáveis de entrada e saída de diversos outros dispositivos através de um único dispositivo(Araujo; Cavalcante; Oliveira Da Silva, [S.d.]). Que no projeto é o ESP32 e ele vai fazer o controle de motores e também vai gerenciar informações enviadas pelo sensor de pH.

2.3.1.1 ESP32

Como foi dito antes o ESP32 é um microcontrolador, que o mesmo é muito poderoso do tipo SoC (System on Chip), isto é que ele tem todos os componentes na sua placa, por isso ele é classificado como um microcontrolador sendo basicamente um computador completo, tendo uma CPU (processador), memória (RAM (memória de armazenamento temporário) e ROM (memória de armazenamento permanente)), com controladores de comunicação sendo o de WiFi, Bluetooth dual-mode e uma

variedade de periféricos, ele é sucessor avançado do chip do ESP8266, pela principal implementação de dois núcleos com clock em diferentes versões de até 240Mhz, isto significa que o processamento das informações foi melhorado, pois aumentou o clock do processamento o que aumenta a velocidade do mesmo. E em comparação com o ESP8266 também foi aumentado o número de GPIO (Entrada/Saída de uso geral) de 17 para 36 com isso aumentando as possibilidades de dispositivos para serem controlados simultaneamente pelo ESP32, e os canais PWM (Pulse Width Modulation, ou Modulação por Largura de Pulso) para 16, estes canais servem para controlar a potência entregue a uma carga elétrica, um exemplo de uso deste canal é o controle de velocidade de motores DC, e é equipado com 4 MB de memória flash (é o tipo de memória que deixa a informação armazenada mesmo com o dispositivo desligado).

O chip do ESP32 foi desenvolvido pela empresa Espressif Systems, além da Espressif tem outros fabricantes que produzem placas com este chip, como a SparkFun (com o ESP32 Thing DB), WeMoS (com os modelos TTGO, D1, Lolin32 e Lolin D32), Adafruit (com o Huzzah32), DF Robot (com o ESP32 FireBeetle), entre outros, e alguns oferecem uma qualidade e outros uma inferior dependendo do uso (Babiuch; Foltynnek; Smutny, 2019). No projeto utilizamos o ESP32 da Espressif Systems, pelo fato de ser o ESP32 mais conhecido para uso geral, além dele ser mais barato comparado a outros, por exemplo com o TTGO que custa por volta de R\$ 200,00, e além de que a maior parte dos modelos citados são do exterior, necessitando fazer a conversão de dólar para real, isto deixando o produto bem caro e também precisando pagar o preço da entrega, por estes fatores fora comprado um da Espressif Systems que foi vendido por um antigo aluno da Etec por volta de R\$ 20,00.

A maneira mais fácil de escrever um código para o ESP32 é através da plataforma Arduino (Arduino IDE (Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado)), que é uma plataforma de código aberto projetada para prototipagem rápida, ou seja, ele é uma plataforma onde pode ser feita a programação de microcontroladores com base em Atmel, mas que com o tempo a Arduino IDE começou a ter suporte para mais microcontroladores, com isso a

Espressif Systems decidiu usar a plataforma Arduino criando um plugin chamado Arduino core para o chip Wi-Fi ESP32, que instala o suporte para o desenvolvimento de microcontroladores ESP32 no ambiente do Arduino IDE (Babiuch; Foltynek; Smutny, 2019). Dentro da própria Arduino IDE tem diversas bibliotecas sobre o ESP32, estas bibliotecas são códigos previamente programados para exercer uma certa função, e estas bibliotecas ajudam e agilizam muito na programação, como por exemplo a “Wifi.h” que nela tem códigos para fazer a conexão do ESP32 com o WiFi, basta colocar o código que vai pedir o nome da rede e o que irá pedir a senha e com isso o ESP32 vai estar conectado à rede que você tiver acesso.

Logo abaixo estará a imagem do ESP32 que vai ser usado em nosso projeto:

Figura 3 - ESP32 Wroom-32



Fonte: Autoria própria

2.3.2 PH

O pH é uma grandeza físico-química que representa a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa, sendo definido como o logaritmo negativo da atividade dos

íons hidrogênio (H^+) presentes em solução: $pH = -\log_{10}(a_{H^+})$. Essa medida é essencial para entender e controlar processos químicos, bioquímicos e ambientais, uma vez que o pH influencia reações de equilíbrio, solubilidade de substâncias e toxicidade de compostos.

Segundo Beattie et al. (2014), mesmo com forte adsorção de íons hidroxila (OH^-) na interface ar/água, a tensão superficial da água pura mantém-se praticamente constante entre pH 1 e 13, o que demonstra a complexidade do comportamento interfacial do pH em soluções aquosas. Isso se explica pela isoterma de adsorção de Gibbs, que mostra que as concentrações de hidroxila e hidrônio se equilibram para manter a eletroneutralidade da interface, resultando em estabilidade na tensão superficial (Beattie et al., 2014).

No caso da água do mar, o pH tem comportamento mais específico devido à sua composição química complexa, rica em sais, íons e compostos dissolvidos. De acordo com Marion et al. (2011), o pH médio da água marinha gira em torno de 8,1 a 8,3, sendo influenciado pela dissolução de dióxido de carbono (CO_2), que forma ácido carbônico, reduzindo o pH (fenômeno conhecido como acidificação oceânica). A medição do pH marinho é complicada por fatores como salinidade elevada, presença de íons interferentes (SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , etc.) e múltiplas escalas de pH utilizadas (como a “pH total”, “pH livre” e “pH em escala de água do mar”).

Portanto, o pH da água do mar não é apenas uma medida estática, mas uma variável dinâmica, sensível a mudanças climáticas e a emissões de CO_2 antropogênico, exigindo abordagens analíticas específicas para sua correta avaliação e monitoramento (Marion et al., 2011).

2.3.2.1 NÍVEIS DE PH

Os níveis de pH são classificados com base na concentração relativa de íons H^+ e OH^- em uma solução. A escala varia de 0 a 14:

pH < 7: meio ácido – predominância de íons H^+ ; pH = 7: meio neutro – equilíbrio entre H^+ e OH^- ; pH > 7: meio básico (ou alcalino) – predominância de íons OH^- .

Na prática, o pH ideal para ambientes aquáticos naturais, como lagos e oceanos, situa-se entre 6,5 e 8,5. Variações fora dessa faixa podem afetar o metabolismo de organismos aquáticos e a solubilidade de nutrientes e metais. Para

água do mar, especificamente, a faixa considerada normal é entre 7,4 e 8,4, com pequenas variações naturais conforme temperatura, salinidade, profundidade e atividade biológica.

Alterações nos níveis de pH afetam diretamente a solubilidade de compostos como o carbonato de cálcio, essencial para organismos calcificantes (corais, moluscos). Com o aumento da absorção de CO₂ atmosférico, os oceanos tendem a acidificar, o que pode causar impactos ecológicos severos nos ecossistemas marinhos (Marion et al., 2011).

2.3.3 SENSORES

Antes de abordar o sensor de PH vamos entender mais sobre sensores. No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, domésticos, etc., é preciso determinar condições (variáveis) do sistema. É necessário obter valores das variáveis físicas do ambiente de forma precisa, e aí entra os sensores.

Sensores servem para se comunicar com o circuito elétrico, mandando uma variável(medição) de acordo com os acontecimentos externos, podendo ser responsável para o acionamento de algum componente, ou comandar determinada ação.

Em sensores podemos ter sensores analógicos e digitais onde sensores analógicos podem assumir um valor variável ao longo do tempo e já o digital pode assumir apenas dois, vou abordar mais especificamente abaixo.

Sensores Analógicos:

Esse sensor como já dito antes, ele pode assumir um número variável ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação (Weldling, 2010).

Em um sensor analógico ideal para a variação de uma determinada condição é preciso de outra variação na mesma proporção de uma tensão ou resistência. Podemos notar que grande parte dos sensores são analógicos, pois na maioria das vezes os parâmetros que serão medidos também são, um exemplo seria o sensor de luminosidade que pode assumir vários valores, variando sua intensidade, ou o sensor de velocidade que pode variar bastante de acordo com o valor, podendo ser variável de 0 até a velocidade da luz (299 792 458 m / s). Por exemplo, quando o LDR, cujo

componente varia sua resistência de acordo com a luminosidade, quando submetido a uma luz mais intensa, pode verificar que sua resistência diminuirá gradativamente. A utilização desses sensores em um circuito analógico é realizada sem problemas, mas ser for utilizar ele para fazer o monitoramento através de um circuito digital, como um microcontrolador ou um computador, esse sinal deverá ser convertido em um sinal digital equivalente, que podem ser gravadas e processadas de forma mais fácil.

Sensores Digitais:

Já falando sobre os sensores digitais eles se baseiam apenas em níveis de tensão bem definidos. Tais níveis que podem ser definidos como “HIGH” ligado e “LOW” desligado ou somente “0” ou “1”. Ou seja, sensores digitais têm estados bem definidos pode alterar entre ligado ou desligado apenas, não sendo possível ter um valor intermediário entre eles. Um par óptico, constituído por emissor e receptor é um bom exemplo de sensor digital simples, onde existe apenas dois tipos de variação. Se o feixe infravermelho atinge o receptor o teremos o nível de tensão baixo, mas se algo bloqueia a passagem do feixe, teremos alta tensão, assim não havendo oscilação entre esses dois pontos (Luís Fernando Patsko, 2006).

2.3.3.1 SENSOR DE PH

Depois de dar essa breve explicação sobre sensores, iremos falar sobre o sensor no qual escolhemos, que é o sensor de pH 4502c eletrodo sonda BNC (Bayonet Neill-Concelman), que trabalha de 5-10mA, com um intervalo de detecção de temperatura de 0-80 centígrados (é um termo antigo para se referir à escala Celsius de temperatura), com um tempo de resposta de 5 segundos, com uma estabilidade de tempo de 60s, tendo o consumo de 0,5W de energia, tendo como humidade de trabalho 95% (humidade relativa) e humidade nominal de 65%, tendo a vida útil de 3 anos e um peso de 25g com um tamanho de 42 mm x 32 mm x 20 mm, ele tem sua faixa de medição de 0,00 a 14,00 pH, com um erro alcalino de 0.2pH com tempo de resposta de 1 minuto, e o comprimento do cabo sendo de 70cm (MERCADO LIVRE, 2025).

O pH corresponde ao chamado potencial hidrogeniônico de uma solução, ou seja, a concentração de íons de hidrogênio (H⁺). A partir da medição desse potencial,

é possível saber o grau de alcalinidade (dentro da faixa de 8 a 14), acidez (dentro da faixa 0 a 6) ou neutralidade de uma solução (POMPEU; AMBROSANO; VILHENA, 2019).

Esse sensor foi escolhido pelo seu baixo custo, pois nosso trabalho tem como objetivo atender nossas expectativas com um custo mais baixo, também escolhemos o sensor pelo fato dele ser programável tendo uma medição mais precisa e confiável além dele poder fazer comunicação com o esp32, que faz conexão com a internet, podendo assim, o sensor fazer a medição, mandar para o esp32 e jogar na internet para um supervisor, o que deixa mais fácil o monitoramento do PH no lago ou piscina. Mas não existe apenas uma forma de medir o PH, iremos citar outras formas de medição e também dizer por que escolhemos o sensor de PH.

Alguns dos modos que podemos medir o PH é através de reagente indicadores, tiras de teste de PH, métodos com eletrodos metálicos (eletrodo de hidrogênio, eletrodo de quinidrona e método do eletrodo de antimônio) e métodos com eletrodos de vidro. Corantes indicadores, como o laranja de metila ou fenolftaleína (é um exemplo de indicador ácido-base sintético muito usado em laboratório) que são compostos orgânicos com absorção na faixa visível. Eles alteram sua coloração de acordo com as atividades dos íons de hidrogênio, o que acaba provocando uma mudança no máximo de absorção do composto e que conseqüentemente muda sua cor.

Já o método do eletrodo de hidrogênio ele é considerado padrão-ouro entre todos os métodos de medição de pH. A atividade dos íons de hidrogênio é determinada por uma por uma medição potencio métrica que é utilizado o eletrodo padrão do hidrogênio e um eletrodo de referência. O eletrodo padrão consiste em um eletrodo de platina imerso em uma solução de íons de hidrogênio com concentração de 1,00M. Para garantir uma camada saturada de hidrogênio adsorvido na superfície de platina, o gás hidrogênio é continuamente borbulhado ao redor do eletrodo de platina. No entanto esse método acaba não sendo adequado para do dia a dia por conta do manuseio de gás hidrogênio.

Já o eletrodo de quinidrona pode ser utilizado para a determinação potencio métrica do PH e era usado antes da introdução do eletrodo de vidro. A quinidrona é uma

mistura equimolar de quinina e hidroquinona que quando dissolvida na água a quinidrona forma um par de redox (envolve o fenômeno de transferência de cargas) que é dependente do pH. O potencial de oxirredução do equilíbrio resultante é proporcional ao pH da solução. Um eletrodo de platina é usado para medir esse potencial redox. O medido de quinidrona é frequentemente utilizado para verificar se um medidor de ORP (potencial de oxirredução) está funcionando corretamente, utilizando essa solução de quinidrona com um determinado pH. Esse método tem baixa utilidade por conta da sua baixa taxa de reprodução.

Já o método de medição usando o eletrodo de vidro ele é considerado também um método padrão pois é mais comumente utilizado. Ele é constituído por um bulbo de membrana de vidro, que permite de forma seletiva a passagem de íons de hidrogênio, e por uma solução interna com concentração fixa de HCl ou uma solução de tampão de cloreto em contato com um eletrodo de referência interna. Quando um novo eletrodo é imerso nessa solução, esta superfície externa de bulbo acaba sendo hidratada fazendo a troca por íons sódio por íons de hidrogênio, formando assim uma camada superficial de hidrogênio. O acúmulo de cargas no interior da membrana é proporcional a quantidade de íons hidrogênio do lado exterior (Yuqing; Jianrong; Keming, 2005). Após isso é utilizado a equação de Nernst (cientista alemão que foi um dos fundadores da físico-química moderna) o que acaba deixando mais complexo a forma de medição, optamos pelo sensor de pH por ser uma forma mais simples e mais autônoma de fazer essa medição, utilizando uma conexão Wi-fi para mandar dados em tempo real ao nosso supervisor.

2.3.4 ENERGIA FOTOVOLTAICA

As células fotovoltaicas são constituídas por um material semicondutor – o silício – ao qual são adicionadas substâncias, ditas dopantes, de modo a criar um meio adequado ao estabelecimento do efeito fotovoltaico, isto é, conversão direta da potência associada à radiação solar em potência elétrica DC. A célula é o elemento mais pequeno do sistema fotovoltaico, produzindo tipicamente potências elétricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A).

Para obter potências maiores, as células são ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos (tipicamente com potências da ordem de 50 a 100 W) e painéis fotovoltaicos (com potências superiores).

Hoje em dia, os sistemas fotovoltaicos são usados num conjunto vasto de aplicações, de que se destacam:

- Aplicações de média potência (dezenas ou centenas de quilowatt);
- Eletrificação rural: abastecimento de cargas domésticas em locais remotos sem rede, bombagem de água e irrigação, complemento de abastecimento de locais remotos com ou sem rede;
- Produção descentralizada ligada à rede.
- Aplicações de pequena potência (décimas ou unidades de quilowatt) - Relógios e calculadoras;
- Acessórios de veículos automóveis;
- Sinais rodoviários (móveis e estáticos) e parquímetros; - Telefones de emergência, transmissores de TV e de telemóvel; - Frigoríficos médicos em locais remotos.

Em muitas destas aplicações, os sistemas fotovoltaicos substituem com vantagem outros meios de produção alternativos, designadamente nas aplicações de pequena potência, onde a sua difusão é muito significativa. Por outro lado, foi por intermédio da indústria espacial, onde a vantagem competitiva dos sistemas fotovoltaicos é significativa, que estes iniciaram o seu desenvolvimento.

As aplicações de média potência (entre as dezenas e as centenas de quilowatt) são aquelas que naturalmente mais interessam aos engenheiros electrotécnicos. Os sistemas fotovoltaicos, sozinhos ou em associação com outras renováveis, são já competitivos para alimentação de certos locais remotos onde as soluções alternativas convencionais – gerador diesel ou rede eléctrica – são claramente inferiores do ponto de vista económico e apresentam inconvenientes ambientais não negligenciáveis. Já no modo de funcionamento em produção descentralizada ligada à rede de energia eléctrica, a situação é completamente diferente: os sistemas fotovoltaicos estão ainda longe de ser competitivos, quer com as fontes de produção convencionais, quer

principalmente com outras energias renováveis. O elevado investimento e a baixa utilização anual da potência instalada são as principais razões para a fraca penetração que se verifica nos sistemas ligados à rede. Em aplicações de média potência, os painéis fotovoltaicos podem ser operados principalmente de três formas:

- Ligados à rede de energia eléctrica, à qual entregam toda a energia que a radiação solar lhes permite produzir; para este efeito é necessário um inversor que serve de elemento de interface entre o painel e a rede, de modo a adequar as formas de onda das grandezas eléctricas DC do painel às formas de onda AC exigidas pela rede;
- Em sistema isolado, alimentando diretamente cargas; neste modo de funcionamento, o critério de dimensionamento é a radiação disponível no mês com menos sol, uma vez que é necessário assegurar o abastecimento durante todo o ano; em associação com os coletores fotovoltaicos é ainda necessário dispor de:
 - Baterias, de modo a assegurar o abastecimento nos períodos em que o recurso é insuficiente ou não está disponível; as baterias são carregadas quando o recurso disponível permite obter uma potência superior à potência de carga;
 - Regulador de carga, que efetua a gestão da carga por forma a obter perfis compatíveis com a radiação disponível e com a capacidade das baterias.
- Inversor, requerido se houver cargas alimentadas em AC;
- Em sistema híbrido, alimentando diretamente cargas isoladas, em conjunto com outros conversores de energias renováveis, por exemplo, o eólico; neste modo de operação os dispositivos requeridos são os mencionados para o funcionamento em sistema isolado, podendo existir também um meio de produção convencional, geralmente o gerador diesel, para apoio e reserva.

Um átomo de silício é formado por catorze prótons e catorze electrões. Na camada mais exterior, conhecida como banda de valência, existem quatro electrões. Quando se constitui um cristal de silício, os átomos alinham-se segundo uma estrutura em teia (chamada teia de diamante), formando quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos.

Em cada ligação covalente, um átomo partilha um dos seus electrões de valência com um dos electrões de valência do átomo vizinho. Como resultado desta

partilha de electrões, a banda de valência, que pode conter até oito electrões, fica cheia: os electrões ficam presos na banda de valência e o átomo está num estado estável. Para que os electrões se possam deslocar têm de adquirir energia suficiente para passarem da banda de valência para a banda de condução. Esta energia é designada por hiato e no caso do cristal de silício vale 1,12V.

Quando um fóton da radiação solar contendo energia suficiente atinge um electrão da banda de valência, este move-se para a banda de condução, deixando uma lacuna no seu lugar, a qual se comporta como uma carga positiva. Neste caso, diz-se que o fóton criou um par electrão-lacuna. Uma célula fotovoltaica constituída por cristais de silício puro não produziria energia eléctrica. Os electrões passariam para a banda de condução, mas acabariam por se recombinar com as lacunas, não dando origem a qualquer corrente eléctrica. Para haver corrente eléctrica é necessário que exista um campo eléctrico, isto é, uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Através do processo conhecido como dopagem do silício, que consiste na introdução de elementos estranhos com o objetivo de alterar as suas propriedades eléctricas, é possível criar duas camadas na célula: a camada tipo p e a camada tipo n, que possuem, respectivamente, um excesso de cargas positivas e um excesso de cargas negativas, relativamente ao silício puro. O boro é o dopante normalmente usados para criar a região tipo p. Um átomo de boro forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de silício, mas como só possui três electrões na banda de valência, existe uma ligação apenas com um electrão, enquanto as restantes três ligações possuem dois electrões. A ausência deste electrão é considerada uma lacuna, a qual se comporta como uma carga positiva que viaja através do material, pois de cada vez que um electrão vizinho a preenche, outra lacuna se cria. A razão entre átomos de boro e átomos de silício é normalmente da ordem de 1 para 10 milhões. O fósforo é o material usado para criar a região n. Um átomo de fósforo tem cinco electrões na sua banda de valência, pelo que cria quatro ligações covalentes com os átomos de silício e deixa um electrão livre, que viaja através do material. A razão entre átomos de fósforo e de silício é próxima de 1 para 1.000.

Na região onde os dois materiais se encontram, designada junção p-n, cria se, portanto, um campo eléctrico que separa os portadores de carga que a atingem: os

electrões, excitados pelos fótons com energia suficiente para excitar elétrons da banda de valência para a banda de condução, são acelerados para um terminal negativo, ao passo que as lacunas são enviadas para um terminal positivo. Nestas condições, ligando os terminais a um circuito que se fecha exteriormente através de uma carga, circulará corrente elétrica (Castro, [S.d.]).

2.3.4.1 PAINEL FOTOVOLTAICO

O silício monocristalino é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. O rendimento máximo atingido em laboratório ronda os 24%, o qual em utilização prática se reduz para cerca de 15%. A produção de silício cristalino é cara. O silício policristalino, constituído por um número muito elevado de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma quota de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de electrões e encorajam a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída. Por este motivo os rendimentos em laboratório e em utilização prática não excedem os 18% e 12%, respectivamente. Em contrapartida, o processo de fabricação é mais barato do que o do silício cristalino. O silício amorfo não tem estrutura cristalina, apresentando defeitos estruturais que, em princípio, impediriam a sua utilização em células fotovoltaicas, uma vez que aqueles defeitos potenciavam a recombinação dos pares elétricos lacuna. No entanto, se ao silício amorfo for adicionada uma pequena quantidade de hidrogênio, por um processo chamado hidrogenização, os átomos de hidrogênio combinam-se quimicamente de forma a minimizar os efeitos negativos dos defeitos estruturais. O silício amorfo absorve a radiação solar de uma maneira muito mais eficiente do que o silício cristalino, pelo que é possível depositar uma fina película¹⁶ de silício amorfo sobre um substrato (metal, vidro, plástico). Este processo de fabrico é ainda mais barato do que o do silício policristalino. Os equipamentos solares domésticos (calculadoras, relógios) são habitualmente feitos com células de silício amorfo, representando cerca de 4% do mercado. Em laboratório é possível obter rendimentos da ordem de 13%, mas as propriedades conversoras do material deterioram-se em utilização prática, pelo que os rendimentos descem para cerca de 6% (Castro, [S.d.]).

2.3.4.2 PLACA CONTROLADORA DE FOTOVOLTAICA

A placa que faz o controle da tensão é o módulo carregador TP4056, o TP4056 é um circuito integrado destinado à recarga de baterias de íon de lítio de célula única. Ele atua como um carregador linear com controle de corrente constante (CC) e tensão constante (CV), sendo particularmente útil em sistemas embarcados autônomos, como nós sensores de Internet das Coisas (IoT), devido à sua alta eficiência, baixo custo e simplicidade de integração.

De acordo com Gaikwad et al. (2020), o TP4056 foi utilizado como carregador principal de uma bateria recarregável de 4000 mAh, alimentada por um painel solar. Esse módulo se destaca por seu tamanho compacto, o que o torna apropriado para aplicações portáteis como as que utilizam sensores ambientais em redes sem fio (WSN). Além disso, o TP4056 pode ser alimentado tanto por conexão USB quanto por adaptadores de parede, proporcionando versatilidade em fontes de alimentação.

O módulo apresenta proteção contra sobretensão e polaridade reversa, o que o torna seguro para aplicações críticas. Ele controla automaticamente o ciclo de carga em três etapas: pré-carga (quando a tensão da bateria está muito baixa), carga de corrente constante e carga de tensão constante, desligando-se automaticamente quando o carregamento é concluído.

A corrente máxima de carga padrão é de 1 A, embora esse valor possa ser ajustado por meio da resistência conectada ao pino PROG. Esse controle preciso de carga é essencial para garantir a durabilidade e segurança das baterias Li-ion, uma vez que esse tipo de bateria é sensível a sobrecargas.

Sua operação é baseada na topologia linear, o que o diferencia de carregadores comutados (switching chargers), pois resulta em menor interferência eletromagnética, uma característica desejável em aplicações sensíveis como sensores ambientais.

Segundo os autores, a aplicação do TP4056 em conjunto com painéis solares demonstrou ser eficiente e confiável, contribuindo para a autonomia energética do nó sensor, funcionando exclusivamente com energia solar e sem necessidade de intervenção humana frequente (Gaikwad et al., 2020).

2.3.5 BATERIA

A bateria, ou célula eletroquímica, é definida como um dispositivo capaz de converter diretamente a energia liberada em uma reação química em energia elétrica. Essa conversão ocorre por meio de processos eletroquímicos de oxidação e redução que envolvem a transferência controlada de elétrons através de um circuito externo. De acordo com Varela et al. (2002), “uma fonte eletroquímica de potência ou bateria pode ser definida como um dispositivo capaz de converter diretamente a energia liberada numa reação química em energia elétrica” (Varela et al., 2002).

Além de fornecer energia elétrica de forma portátil, as baterias desempenham papel fundamental no armazenamento de energia, sendo aplicadas em uma diversidade de áreas como telefonia móvel, informática, veículos elétricos e sistemas de energia renovável, como solar e eólica. Essa versatilidade deve-se às características intrínsecas dos sistemas eletroquímicos, que podem ser projetados para diferentes capacidades, voltagens e durabilidades. A compreensão dessa definição é essencial para o desenvolvimento e a inovação em tecnologias de armazenamento energético, especialmente quando se trata das chamadas baterias secundárias ou recarregáveis — como as de íon-lítio — que vêm ganhando destaque pelo seu alto desempenho e eficiência energética.

2.3.5.1 POWER BANK

O Power Bank é um dispositivo portátil de armazenamento de energia elétrica, utilizado para recarregar aparelhos eletrônicos como celulares, tablets e smartphones em situações em que não há acesso a fontes convencionais de energia. No projeto relatado por Souza et al. (2025), esse dispositivo foi construído a partir do reaproveitamento de baterias de lítio 18650 extraídas de laptops inutilizados, conectadas em série e paralelo e acopladas a uma placa BMS e a um conversor de tensão step down, permitindo o fornecimento estável de 5 V por porta USB, como ocorre em carregadores comerciais.

Segundo os autores, a opção por um Power Bank se deu principalmente pela sua portabilidade, versatilidade de uso e compatibilidade universal, já que ele pode ser transportado facilmente e utilizado em qualquer local, inclusive em situações escolares ou comunitárias onde o acesso à rede elétrica pode ser limitado. Além disso, diferentemente de baterias recarregáveis isoladas, que exigem circuitos

adicionais para uso seguro, o Power Bank oferece uma solução integrada, com proteção contra sobrecarga e sobreaquecimento, além de permitir o carregamento de múltiplos dispositivos.

Essa escolha também está diretamente alinhada ao conceito de metareciclagem e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), uma vez que o projeto promoveu o reaproveitamento de materiais eletrônicos descartados de forma ambientalmente responsável e educativa. Como destacam Souza et al. (2025, p. 6), “o Power Bank, bateria externa simples e compacta, pode ser levado a qualquer lugar e permite carregar aparelhos em situações em que não há disponíveis fontes usuais (como tomadas elétricas).”(Souza; Corci Batista; Ferreira, [S.d.]).

2.3.6 MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é um dispositivo utilizado para converter energia elétrica, proveniente da rede de alimentação, em energia mecânica. Seu funcionamento baseia-se nos princípios fundamentais do eletromagnetismo, os quais afirmam que cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos. Ademais, quando dois campos magnéticos de mesma polaridade interagem, ocorre uma força de repulsão entre eles, fenômeno que é explorado para gerar o movimento rotativo característico dos motores (Daniel et al., [S.d.]).

2.3.6.1 SERVO MOTOR

O Servo motor é um dispositivo eletromecânico que permite o controle preciso da posição angular, da velocidade e do torque. Ele é composto, em geral, por três elementos fundamentais: um motor (que pode ser de corrente contínua ou alternada), um sistema de realimentação — geralmente composto por um encoder ou potenciômetro — e um circuito eletrônico de controle integrado.

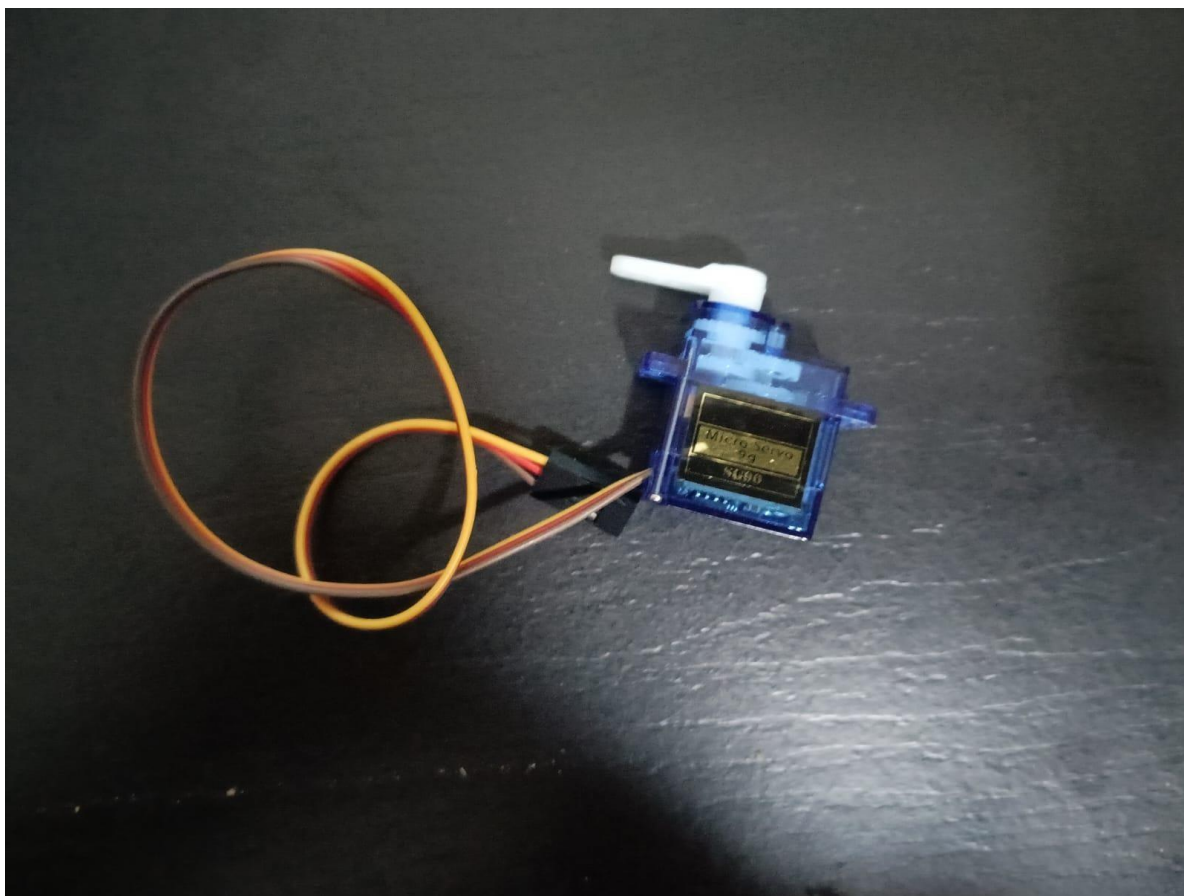
Diferentemente dos motores de corrente contínua convencionais, o Servo motor opera por meio de sinais de controle específicos, normalmente baseados em pulsos de largura modulada (PWM), os quais definem a posição desejada. Essa capacidade de posicionamento preciso torna o Servo motor amplamente utilizado em

aplicações que exigem elevado grau de precisão, como braços robóticos, impressoras 3D, sistemas de automação industrial e modelismo.

No presente projeto, o Servo motor será empregado para promover o deslocamento vertical do sensor de pH, possibilitando que este atinja a superfície da água de maneira eficiente e controlada. Tal abordagem garante maior confiabilidade na medição, ao alinhar o sensor adequadamente com o ponto de coleta A.

Abaixo estará uma imagem do micro servo motor que vai ser utilizado no projeto:

Figura 4 - Micro Servo Motor



Fonte: A autoria própria

2.3.7 COMUNICAÇÃO SEM FIO

A comunicação sem fio é um paradigma tecnológico que permite a troca de informações entre dispositivos computacionais sem a necessidade de cabos ou conexões físicas diretas. Essa forma de comunicação ocorre por meio da propagação

de ondas eletromagnéticas no espaço livre, viabilizando mobilidade, ubiquidade e acesso remoto a redes de dados.

Segundo Loureiro et al. (2003), a comunicação sem fio é parte essencial do paradigma da computação móvel, que visa oferecer ao usuário a capacidade de acessar serviços, aplicações e informações a qualquer hora e em qualquer lugar, independentemente de sua posição física. Essa mobilidade é sustentada por dispositivos como celulares, PDAs e sensores inteligentes, que utilizam padrões variados de redes sem fio como Bluetooth, IEEE 802.11 (Wi-Fi), RFID, e redes celulares 2G, 3G e 4G.

A comunicação sem fio é viabilizada por infraestruturas que operam em diferentes escalas e topologias, desde redes pessoais (PANs), passando por redes locais (WLANs), até redes metropolitanas e globais, cada uma com especificidades técnicas quanto à taxa de transmissão, alcance, consumo energético e protocolos empregados.

Além disso, Loureiro et al. destacam que o avanço das tecnologias sem fio proporcionou a formação de redes ad-hoc, como as piconets do Bluetooth, e o uso de comutação por pacotes, como ocorre em sistemas 3G/4G. Essas características tornam a comunicação sem fio altamente adaptável, permitindo não apenas comunicação ponto-a-ponto, mas também a criação de infraestruturas dinâmicas e distribuídas de conectividade móvel.

O crescimento da comunicação sem fio também impõe desafios técnicos, como gerenciamento de energia, segurança da informação e desenvolvimento de aplicações adaptáveis ao ambiente móvel, que é naturalmente variável em termos de qualidade do sinal, largura de banda e latência (Loureiro et al., [S.d.]).

2.3.7.1 WI-FI

O termo Wi-Fi refere-se a um conjunto de tecnologias de comunicação sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11, que permitem a criação de redes locais sem fio (WLAN – Wireless Local Area Network). Essas redes são capazes de transmitir dados em alta velocidade por meio da propagação de ondas de rádio, substituindo conexões físicas e promovendo maior flexibilidade no acesso à informação.

De acordo com Loureiro et al. (2003), o padrão IEEE 802.11 foi desenvolvido para permitir a comunicação em redes locais com base em três métodos distintos de acesso ao meio físico: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS (Direct

Sequence Spread Spectrum) e infravermelho. O Wi-Fi é comumente chamado de "Ethernet sem fio" por ser uma extensão natural do padrão IEEE 802.3 (Ethernet com fio), facilitando sua integração a redes já existentes.

A arquitetura básica do Wi-Fi é composta por conjuntos de serviços básicos (BSS - Basic Service Set), que podem operar em modo ad hoc, quando dispositivos se comunicam diretamente, ou em modo infraestruturado, quando a comunicação é mediada por um ponto de acesso (Access Point). Essa organização torna possível a mobilidade dos usuários sem perda de conectividade, característica essencial para aplicações de computação móvel.

As diferentes versões do padrão 802.11 (como 802.11a, 802.11b, 802.11g e posteriores) oferecem taxas de transmissão variáveis, que vão desde 1 Mbps até mais de 50 Mbps, adequando-se a diferentes contextos de uso, como escritórios, ambientes acadêmicos e espaços públicos. O padrão 802.11a, por exemplo, foi projetado para uso em ambientes externos, como ilustrado por iniciativas de acesso público em locais como Nova York (Loureiro et al., [S.d.]).

Além disso, o uso do Wi-Fi é favorecido por fatores como custo reduzido, facilidade de instalação, compatibilidade com dispositivos móveis e integração com redes IP, o que o torna uma das tecnologias sem fio mais adotadas globalmente.

2.3.8 COMUNICAÇÃO HOMEM/MÁQUINA

A Interação Homem-Máquina (IHM) é um campo interdisciplinar que estuda como os seres humanos se relacionam com sistemas computacionais, dispositivos digitais e máquinas inteligentes. Trata-se de uma interface entre um organismo biológico (o ser humano) e um sistema eletrônico ou mecânico (a máquina), mediada por tecnologias de informação e comunicação (TICs), com o objetivo de otimizar a troca de informações, a eficiência operacional e a experiência do usuário.

De acordo com Fernandes et al. (2021), a IHM é um fenômeno cada vez mais presente no cotidiano, impulsionado pelo avanço da computação e pela popularização de dispositivos digitais. A interação entre humanos e máquinas não apenas mudou a forma como nos comunicamos, mas também transformou as dinâmicas sociais, culturais e éticas, criando novas dependências tecnológicas e desafios para a sociedade contemporânea.

O estudo destaca que a comunicação humana passou por uma transformação significativa, saindo do modelo presencial e direto, para um modelo mediatizado por tecnologias digitais, como smartphones, computadores e assistentes virtuais. Esses meios digitais não apenas facilitam a comunicação, mas introduzem uma nova linguagem e comportamento na relação com a informação.

Além disso, o artigo trata a IHM como um fator de interdependência entre humanos e máquinas, evidenciando que a sociedade atual depende cada vez mais de sistemas automatizados para atividades básicas, como transporte, comunicação, segurança e gestão de dados. Tecnologias como inteligência artificial, reconhecimento facial e realidade aumentada já são integradas em diversos setores da sociedade, o que reforça a necessidade de desenvolver interfaces mais seguras, éticas e inclusivas.

A pesquisa realizada pelos autores mostrou que a maioria da população jovem demonstra elevado grau de dependência das tecnologias digitais e está altamente adaptada à comunicação mediada por máquinas. No entanto, essa integração também levanta questões éticas complexas, como o reconhecimento da IA como “nova espécie” e os limites da automação sobre aspectos humanos, como a empatia, a tomada de decisão e a afetividade (Fernandes et al., 2021).

2.3.8.2 COMUNICAÇÃO ENTRE O ESP32 E O SITE PARA OS DADOS

O ESP32 é um microcontrolador da classe System on Chip (SoC) com conectividade integrada Wi-Fi 802.11 b/g/n e Bluetooth dual mode, o que o torna ideal para aplicações de Internet das Coisas (IoT). Dentre as diversas possibilidades de uso, destaca-se sua capacidade de se comunicar com servidores web, possibilitando a troca bidirecional de dados em tempo real, fundamental para aplicações como monitoramento remoto, sistemas de automação e coleta de dados ambientais.

Segundo Babiuch et al. (2019), uma das formas mais comuns de comunicação do ESP32 com a internet é por meio da configuração do microcontrolador como cliente HTTP ou como servidor web embarcado. Nesse contexto, o dispositivo pode enviar dados coletados de sensores para um servidor remoto via requisições HTTP POST ou GET, ou ainda disponibilizar uma interface web própria para visualização dos dados diretamente no navegador de um usuário.

Além disso, o ESP32 pode ser integrado a protocolos seguros como HTTPS ou criptografia AES, tornando a transmissão de dados mais segura, especialmente em sistemas sensíveis como aplicações na área da saúde ou controle de microgrids (micro-redes elétricas). Essa comunicação também pode ser realizada com APIs RESTful, permitindo a interoperabilidade com sistemas baseados em nuvem e aplicações web modernas.

A troca de dados pode ser implementada em diversas plataformas de desenvolvimento suportadas pelo ESP32, como:

Arduino Core para ESP32: Ideal para prototipagem rápida e aplicações simples, utilizando funções como WiFiClient, HTTPClient, entre outras, para realizar comunicações com servidores web.

ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework): Voltado para projetos mais complexos, com suporte ao sistema FreeRTOS, permitindo maior controle sobre tarefas concorrentes e uso mais eficiente dos dois núcleos do processador.

MicroPython: Alternativa que possibilita o desenvolvimento usando a linguagem Python, facilitando a prototipagem para desenvolvedores com menos experiência em C/C++.

Na prática, uma aplicação típica inclui a leitura de sensores ambientais (como temperatura ou qualidade do ar), processamento local no ESP32 e o envio periódico dos dados a um site via rede Wi-Fi. O dispositivo também pode receber comandos do servidor para alterar comportamentos locais, como ativar um atuador ou modificar parâmetros de operação, tornando a interação dinâmica e responsiva (Babiuch; Folynek; Smutny, 2019).

2.4 CRONOGRAMA

1º Semestre de 2025

02/03- Definir tema e palavras chaves e critérios de pesquisa

02/04 - Pesquisar artigos

02/04 -Escrever o artigo

12/04 – Termina do artigo científico.

18/04 – Entrega do (i) cronograma de trabalho (*.xls), (ii) análise dos temas propostos pelo grupo indicando o tema inovador que será trabalhado (*.xls), a sequência inicial de (iii) tópicos que serão desenvolvidos (*.doc) e o (iv) artigo

científico. Todos os documentos deverão estar revisados, em formato editável e deverão ser disponibilizados via e-mail institucional.

20/05 – Compra dos componentes do projeto.

05/06 - Recebimento dos componentes

07/06 - Começo do projeto oficial

18/06 - Montagem mecânica e eletrônica

28/06 - Programação e testes

13/07 - Com protótipo funcional realização de coleta de dados

14/07 - Fazer análise de dados

16/07 - Aponta os resultados

22/07 - Discussão dos resultados

30/07 – Finalização do protótipo.

02/08 – Pré-apresentação do desenvolvimento do projeto (*.ppt).

06/08 – Ter feito 50% da monografia.

12/08 - Revisão da monografia.

18/08 - Verificação de melhoras do protótipo.

20/08 – Entrega da (v) monografia em processo de desenvolvimento, e os (vi) dados para a criação da ficha catalográfica (*.doc). Todos os documentos deverão estar revisados, em formato editável e deverão ser disponibilizados via e-mail.

2º Semestre de 2025

25/08 – Começo da produção do pôster.

25/08 – 50% do projeto oficial feito.

01/09 – Termina da programação do projeto.

05/09 – Termina da produção do pôster físico.

10/09 – Termina de revisão da monografia digital.

17/09 – Entrega da monografia revisada e finalizada, em formato *.doc, via email.

24/09 – Entrega do pôster revisado e finalizado, em formato *.ppt, via e-mail.

01/10 – Treinar apresentação para a banca e estar com tudo pronto. E estar com pôster pronto e monografia impressa.

05/11 – Entrega de 2 cópias impressas da monografia para os componentes da banca.

12/11 – Treino de pré-apresentação do projeto para a banca examinadora.

19/11 – Apresentação Final do DTCC para a banca de avaliação.

26/11 – Entrega da monografia (*.doc), pôster (*.ppt), termo de autenticidade (*.doc) e termos de autorização de divulgação (*.doc). Todos os documentos deverão estar revisados, em formato editável e deverão ser disponibilizados via email.

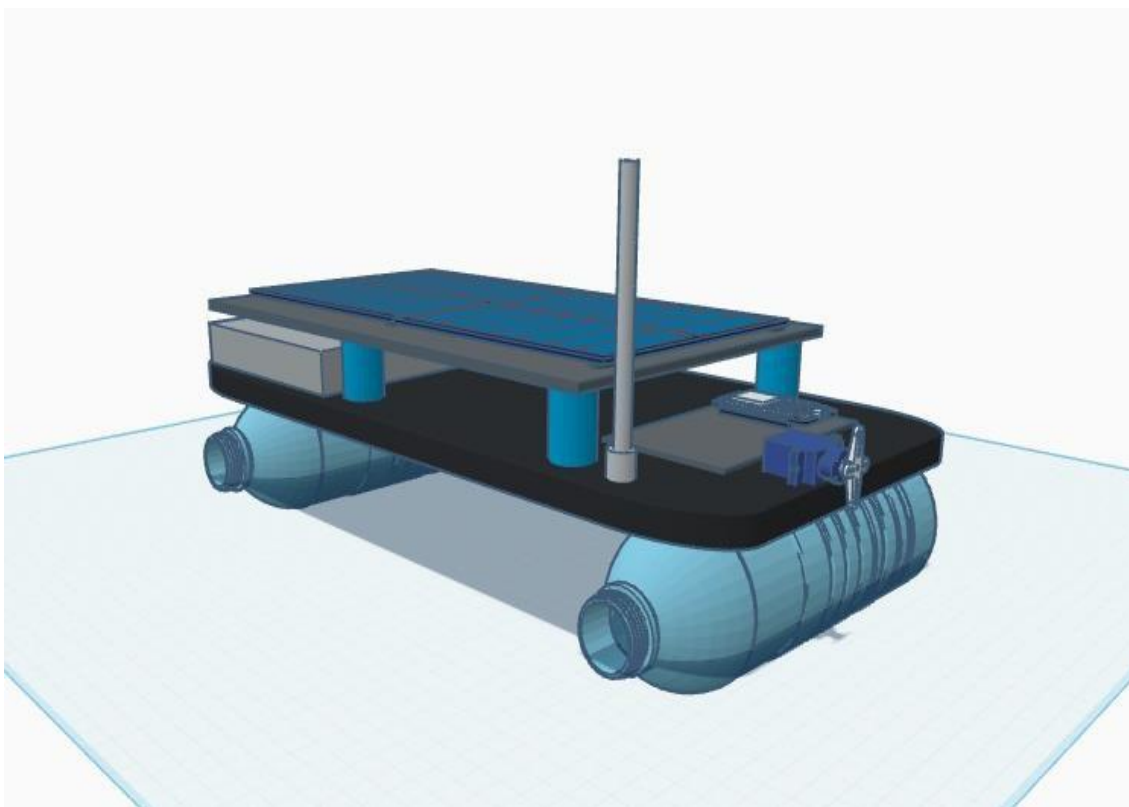
10/12 – Entrega de mídia removível contendo os arquivos retornados via email pelo professor orientador (monografia, pôster, termo de autenticidade e termos de autorização de divulgação (todos em formato *.pdf).

17/12 – Reunião de fechamento da disciplina.

2.5 DESENHOS E DETALHAMENTOS

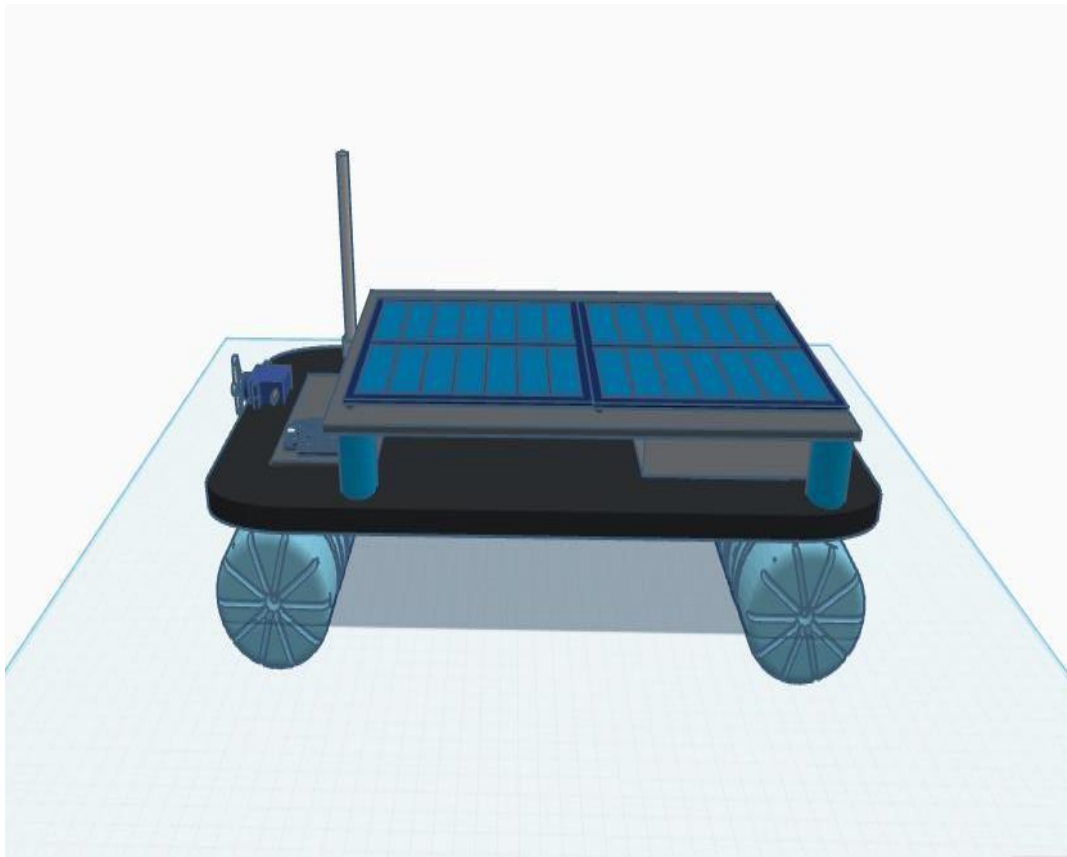
As imagens a seguir apresentam uma representação tridimensional do modelo proposto para o projeto:

Figura 5 - Representação tridimensional do modelo proposto



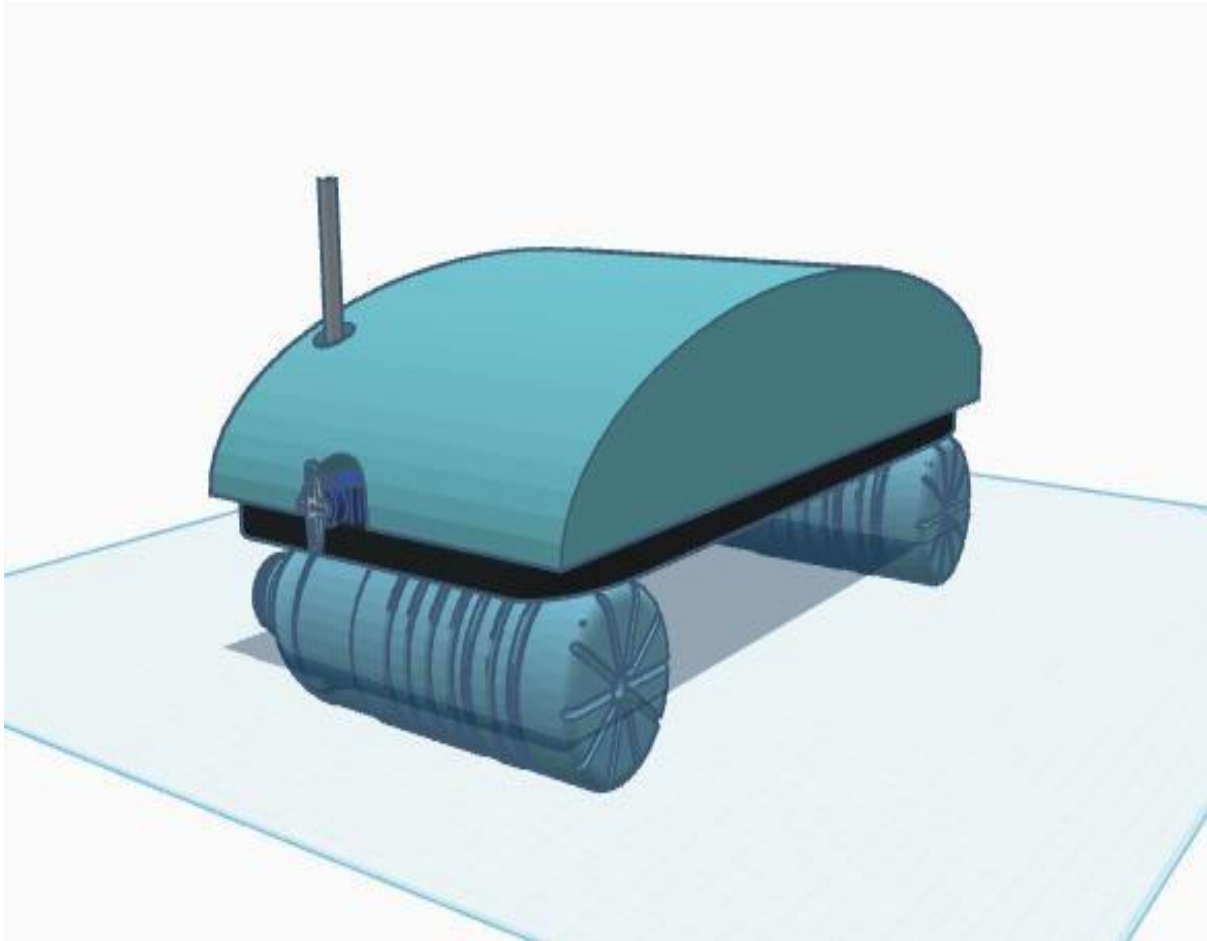
Fonte: Aatoria própria

Figura 6 - Representação tridimensional lateral do modelo proposto.



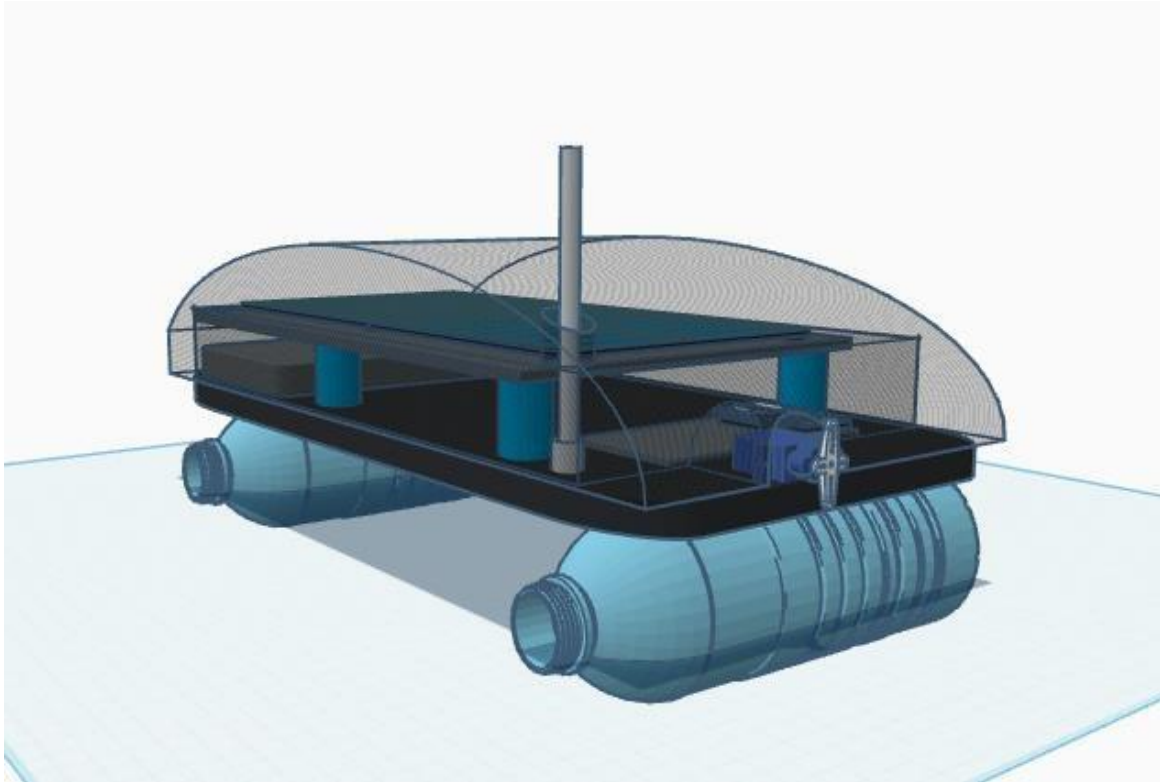
Fonte: Autoria própria

Figura 7 - Representação tridimensional com devida proteção do modelo proposto.



Fonte: Autoria própria

Figura 8 - Representação tridimensional com devida proteção do modelo proposto com visão do projeto.



Fonte: Aatoria própria

2.6 CUSTOS

1 Esp-32 (valor; R\$ 20,00), compramos de um ex-aluno, com um valor mais em conta, pois um componente na internet está em média de R\$50,00.

1 Sensor pH (valor R\$ 245,00) utilizamos esse pois é um dos mais acessíveis e que tem uma melhor precisão de medida (comprado na loja online: mercado livre).

Jumpers (valor R\$ 1,00 UN) utilizado para fazer as conexões (comprado em loja física).

1 Power Bank (valor R\$ 55,00) escolhido para alimentar o projeto todo, por ter uma alta autonomia (comprado na loja online: shopee).

1 Servo motor (valor R\$15,00) foi mais acessível, e faz o serviço que precisamos (comprado no site online: mercado livre).

2 Placas solares (valor R\$60,00 UN) foi escolhido porque é um meio de energia mais econômica e mais eficiente (comprado em loja online: mercado livre).

6 Diodos (valor R\$1,20 10UN) foi escolhido o modelo 1N4007 pelo fato de atender os parâmetros do nosso circuito. (comprado em loja online: mercado livre).

1 Placa de fenolite (valor R\$20,00 UN) Esta placa vai ser a base para a PCB que vai fazer o ESP32 se conectar com os outros componentes.

GASTOS TOTAIS: R\$ 485,00

*esse valor foi arrecadado por meio de “vaquinha” entre os autores, e alguns componentes foram doados, e as compras desses componentes foi com orientação do orientador.

2.7 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Para executar a construção do projeto o grupo desenhou o circuito de alimentação para fazer as soldas necessárias e será feito o isolamento com o termo retrátil, logo em seguida foi feita uma base com uma chapa metálica com dois canos PVC e a partir desta base serão colocados os componentes de maneira balanceada.

Além de ser posicionado 4 paredes com algumas chapas e sendo fixadas com silicone para vedar a base para evitar qualquer tipo de água entrando no circuito. Também é posicionado uma espécie de telhado que vai ter dois cortes para ser encaixado as placas solares para aumentar a incidência de sol em cima delas, ambas serão fixadas nesta placa também com silicone para vedar completamente o circuito.

2.8 PROTOCOLO DE TESTES

Para ser feito os primeiros testes, foi feito medições para ver se o circuito está com a parte de geração e abastecimento de energia está funcionando. Depois desta etapa foi feito o teste da programação para ver se ele está comunicando corretamente com o site, e também para ver se o sensor está fazendo as medições corretamente, foi seguido as instruções de uma matéria do site “Usina info”

(STRAUB, 2022), onde mostra como se deve regular o modulo de pH 4502C, após ter feito essa calibragem é feito testes em líquidos nos quais se tem a media de pH, para ter como se basear se o liquido é alcalino, acido ou neutro sendo assim o sensor deve mostrar um valor aproximado se estiver tudo certo.

2.8.1 EXECUÇÃO DOS TESTES

Na execução dos testes foi feito os testes de medição para ver se está chegando o necessário para alimentar o circuito, no qual chegou a conclusão que a bateria selecionada para o projeto possa estar errada, mas falta ser comprovado colocando o circuito no sol por algum tempo e analisar o funcionamento do carregamento. O teste da programação foi realizado, e este deu certo a comunicação entre o ESP32 e o Wi-Fi foi concluída com êxito obedecendo a todos os comandos. O último teste que realizamos foi de testar o sensor de pH. Pegamos água oxigenada (cloro) para deixar a água alcalina, e água com limão e vinagre de álcool para realizar o teste de um material ácido e somente água como material de teste neutro.

2.8.2 COLETA DE DADOS DOS TESTES

A coleta de dados dos testes é realizada pela sonda de pH na qual imprime os valores de pH lidos, que estes ficam no site onde mostra quando foi feito a medição, durante o funcionamento do circuito, caso o circuito desligue esta medição é resetada. Com isso é apenas observar os dados e analisar conforme a mistura testada.

2.8.3 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES

Para a construção deste sistema foram realizadas etapas com o objetivo final de manter o pH próximo de um valor predeterminado. Na primeira etapa, o valor do pH é medido e comparado com o valor de referência (PH da água 7). Essa etapa é realizada com o auxílio do microcontrolador baseado em esp32, e um eletrodo sensor capaz de medir o valor do pH e um módulo responsável por receber o sinal recebido pelo eletrodo e transmitir para o microcontrolador. Candido *et al.* (2019)

2.9 MELHORIAS

A principal melhoria seria fazer a base se mover de forma automática, com motores CC e também com um módulo de GPS que faria o mapeamento da área de coleta de dados na qual o projeto atua. Outra melhoria ser sobre a parte de abastecimento e armazenamento de energia para o projeto funcionar por mais tempo, assim ele ficando mais autônomo e não precisando de tanta atenção, e também deixar as medições automáticas e também adicionando um histórico contendo o horário e o pH medido.

2.10 ASPECTOS POSITIVOS

O projeto funciona de maneira manual, ele é sustentável usando energia limpa para funcionar, pode ser aplicado em algumas áreas, como piscinas ou até mesmo em algum tipo de processo de produção que necessite ficar atento no pH da mistura.

2.11 RISCOS

O maior risco é o isolamento do circuito for mal feito e acabar tendo alguma infiltração de água no projeto assim queimando o projeto e podendo acabar completamente com o projeto. Outro risco é se alguém que não saber como se regular o módulo do sensor pode acabar tendo problemas depois de um tempo, pois o módulo pode acabar perdendo sua precisão com o tempo precisando de manutenção na parte deste módulo.

2.12 DIFERENCIAIS

O projeto funciona de forma autônoma com as medições sendo realizadas a cada 5 minutos, na programação este valor pode ser redefinido. É abastecido através de energia limpa por painéis solares. Se comunica de forma remota através do Wi-Fi conectado com um site local, no qual pode ser acessado de qualquer lugar, contanto que o ESP32 e o dispositivo que quer acessar o site estejam conectados no mesmo Wi-Fi.

2.13 RECOMENDAÇÕES

Como principal direcionamento para estudos futuros é a parte de um sensor GPS para auxiliar a movimentação desta base, tendo que dividir a área estudada em 16 pontos ou mais dependendo do tamanho da área, onde cada um seria um ponto de coleta de medição, assim tendo um cálculo na programação que tirasse uma média de todas as medições, e também que mostrasse a medição individual de cada ponto. E também que seja feito um estudo mais aprofundado sobre pH e tratamento da água, para que dependendo do valor lido a programação possa analisar o valor e dar uma solução ou uma instrução do que fazer para o líquido atinja o pH ideal. Outra coisa para se fazer são cálculos para chegar em uma bateria ideal para o projeto, e também que seja estimado placas solares melhores que possam fazer a carga do circuito com maior facilidade.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto, foi desenvolvido um sistema completo para monitoramento automatizado do pH utilizando um microcontrolador ESP32, com interface web para controle e visualização dos dados. A integração entre o hardware (sensor de pH e servo motor) e o software (servidor web, autenticação, agendamento) permitiu uma solução prática e acessível para medições em tempo real e agendadas.

Durante o desenvolvimento, foram enfrentados desafios como a implementação do sistema de autenticação, o controle do servo motor para movimentação automática, e a sincronização do tempo via NTP para garantir o funcionamento correto dos agendamentos. No entanto, a utilização de bibliotecas e protocolos padronizados facilitou a superação dessas dificuldades.

Como melhorias futuras, recomenda-se a implementação de uma base de dados externa para armazenamento mais robusto das leituras, notificações via email ou SMS para alertas de medições, e a inclusão de outros parâmetros de qualidade da água para uma análise mais completa.

Por fim, o projeto mostrou-se funcional e escalável, podendo ser adaptado para diferentes aplicações de monitoramento ambiental e industrial.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

Temos como trabalhos futuros, implementar um banco de dados remoto para armazenar as leituras de pH, permitindo acesso e análise dos dados em tempo real via internet. Também vamos adicionar sistema de alertas via SMS, e-mail ou aplicativo móvel para informar o usuário quando o pH ultrapassar limites predefinidos. Vamos integrar sensores adicionais para medir outros parâmetros da água, como temperatura, turbidez, condutividade, entre outros. Desenvolveremos uma interface web ou aplicativo móvel mais intuitivo, com gráficos dinâmicos e histórico detalhado das medições. Também iremos implementar modos de baixo consumo para uso em sistemas autônomos alimentados por bateria ou energia solar. Integraremos controle automático de válvulas ou bombas para correção do pH com base nas leituras obtidas. Fortaleceremos os nossos mecanismos de segurança da aplicação, com criptografia dos dados e autenticação multifatorial.

REFERÊNCIAS

ABREU, Andréia Santos de; MESQUITA, Jam Alves; ANCHIETA, José de. **Abordagens do processo ensino-aprendizagem e o professor**. 1997. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ak2/jamalves/Abordagem.html>>. Acesso em: 03 set. 2018.

ARAUJO, Warley Monteiro; CAVALCANTE, Maxwell Machado; OLIVEIRA DA

SILVA, Rogério. **VISÃO GERAL SOBRE MICROCONTROLADORES E PROTOTIPAGEM COM ARDUINO OVERVIEW ON MICROCONTROLLERS AND ARDUINO PROTOTYPING**. [S.l.: S.n.].

BABIUCH, Marek; FOLTYNEK, Petr; SMUTNY, Pavel. **Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing**. Krakow-Wieliczka: Institute Of Eletrical And Eletronics Engineers, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334572715_Using_the_ESP32_Microcontroller_for_Data_Processing. Acesso em: 25 nov. 2025

BEATTIE, James K. *et al.* **PH and the surface tension of water**. **Journal Of Colloid And Interface Science**, [S.L.], v. 422, p. 54-57, 25 maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2014.02.003>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24655828/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

CANDIDO Vilmar Francisco, *et al.* **SISTEMA DE MONITORAMENTO E CORREÇÃO DE PH PARA AQUÁRIOS DOMÉSTICOS**. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Eletrônica Departamento Acadêmico de Mecânica Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/34924/1/CT_COMET_2019_2_01.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

CASTRO, Rui M. G. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO Energias Renováveis e Produção Descentralizada **INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA**. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<http://enerp4.ist.utl.pt/ruicastro>>.

DANIEL, Guilherme et al. BENGALA ELETRÔNICA: **PRODUTO PARA DEFICIENTES VISUAIS**. Disponível em: <<https://revista.ubm.br/index.php/ensinoextensao1/article/view/1834/474>>

FERNANDES, Lucas Rocha et al. **Interação homem-máquina e as formas de comunicação humana**. Research, Society and Development, v. 10, n. 14, p. e90101420777, 26 out. 2021.

GAIKWAD, Vishal *et al.* **Optimizing Power Consumption for Solar Powered Rechargeable Lithium Ion (Li-ion) Battery Operated IoT Based Sensor Node Using WeMos D1 Mini.** In: *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 1 mar. 2020.

LUÍS FERNANDO PATSKO. **Tutorial Aplicações, Funcionamento e utilização de sensores.** Disponível em: <<http://www.maxwellbohr.com.br><http://www.automato.com.br>>. Acesso em: 15 out. 2025.

MARION, G. M. *et al.* **PH of seawater.** *Marine Chemistry*, v. 126, n. 1–4, p. 89–96, 20 set. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/251563288_PH_of_seawater>. Acesso em: 15 out. 2025.

POMPEU, G. B.; AMBROSANO, G. B.; VILHENA, M. B. **Potential of hydrogen (pH) differentially modulates cadmium stress response in abscisic acid-deficient sitiens tomato mutant.** *Bragantia*, Campinas, SP, IAC, v. 78, n. 3, p. 317-327, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2018326> > DOI: 10.1590/1678-4499.2018326.

RIDWAN HAKIM, Muhammad *et al.* **Design and Construction of a Prototype of a Water Clustering System at a Water Treatment Plant at an Airport Using an Esp 32 Microcontroller Based on the Internet of Things (IoT) and Fuzzy Logic.** *Journal of Nesia Engineering Science (JNESc)* JNESc, v. 1, n. 2, 2024.

SOUZA, James A.; CORCI BATISTA, Michel; FERREIRA, Marcello. **Metareciclagem no ensino de Física na Educação Básica no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU a partir de pesquisa tecnológica.** <https://www.researchgate.net/publication/388353711_Metarecycling_in_Physics_Education_in_Basic_Education_within_the_Context_of_the_UN_Sustainable_Development_Goals_through_Technological_Research>

STRAUB, Matheus Gebert. **Sensor de pH Arduino Como Calibrar e Configurar?** 2022. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-pharduino-como-calibrar-econfigurar/?srsltid=AfmBOopq9m015jkvJaijQTmleKHVPUBFkwBF0ewiLfMKix4RV9VOb0ns>> Acesso em: 15 set. 2025.

DA SILVA, Rogério Oliveira; ARAUJO, Warley Monteiro; CAVALCANTE, Maxwell Machado. Visão Geral Sobre Microcontroladores e Prototipagem com Arduino. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 36–46, 2019. Disponível em: <https://projecaociencia.com.br/index.php/Projecao4/article/view/1357>. Acesso em: 25 nov. 2025.

YUQING, Miao; JIANRONG, Chen; KEMING, Fang. ***New technology for the detection of pH. Journal of Biochemical and Biophysical Methods***, 29 abr. 2005

APÊNDICE 1 – Código do projeto

```
// === BIBLIOTECAS ===

#include <WiFi.h> // Biblioteca para conectar o ESP32 a redes Wi-Fi

#include <WebServer.h> // Biblioteca para criar um
servidor web simples #include <ESP32Servo.h> //
Biblioteca para controlar servos motores no ESP32

// === CONFIGURAÇÃO DO WI-FI ===

const char* ssid = "Fe"; // Nome da rede Wi-Fi (SSID)
const char* password = "gogf9168"; // Senha da rede Wi-
Fi

WebServer server(80); // Cria um servidor web na porta
80 (padrão HTTP)

// === SERVO MOTOR ===

Servo servo; // Cria um objeto servo

const int servoPin = 18; // Define o pino 18 para controle
do servo

// === SENSOR DE PH ===

const int phPin = 35; // Pino analógico conectado ao
sensor de pH const int NUM_SAMPLES = 20; // Número
de amostras para média da

leitura

// === PÁGINA HTML (INTERFACE WEB) === const
char* htmlPage = R"rawliteral(

<!DOCTYPE html>

<html>
```

```
<head>

<meta charset="UTF-8">

<title>Controle Oceânico</title>

<style> body {

background: linear-gradient(to bottom, #0077be,
#001f3f); /* Fundo azul

oceano */

color: white;

font-family: Arial, sans-serif; text-align: center;

padding: 40px;

} h1 {

color: #00bfff; /* Azul claro para o título */

}

button {

background-color: #005f73;

border: none; color: white; padding: 15px 30px;

margin: 10px; font-size: 18px; cursor: pointer;

border-radius: 5px;

}

button:hover {

background-color: #0a9396; /* Efeito ao passar o
mouse */
```

```

}

#ph-value { font-size: 24px; margin-top: 20px;

color: #90e0ef;

}

</style>

</head>

<body>

<h1>Nero Health</h1>

<!-- Botões para controlar o servo -->

<button    onclick="fetch('/descer')">Descer    Servo
(90°)</button>

<button    onclick="fetch('/subir')">Subir    Servo
(0°)</button>

<!-- Botão para ler valor de pH -->

<button onclick="getPH()">Ler pH</button>

<!-- Espaço para mostrar o valor do pH -->

<div id="ph-value">Valor de pH: --</div>

<script>

// Função JavaScript que requisita o valor de pH ao
ESP32 function getPH() {

fetch('/ph') // Faz requisição para o endpoint /ph

.then(response => response.text()) // Converte resposta
em texto

```

```
.then(data => {  
  
document.getElementById('ph-value').innerText = "Valor  
de pH: " +  
  
data; // Mostra na página  
  
});  
  
}  
  
</script>  
  
    </body>  
  
    </html>  
  
)rawliteral"; // Fim do bloco HTML  
  
// === FUNÇÃO PARA LER MÉDIA DO ADC (SENSOR  
DE pH) === float readAdcAverage() {  
  
long sum = 0; // Variável para somar as leituras for (int i  
= 0; i < NUM_SAMPLES; i++) { // Repete o número de  
amostras sum +=
```