

Maria Julia dos Santos Prates

Miguel Costa Borges de Lima

Samuel Lellis de Godoy Gonçalves

**BlueClarity - MONITORAMENTO REMOTO E ANÁLISE INTELIGENTE DE
TURBIDEZ EM FAZENDAS MARINHAS UTILIZANDO ESP-LORA**

CAMPINAS

2025

**IFSP – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SÃO PAULO CÂMPUS DE CAMPINAS
CURSO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM ELETRÔNICA**

**BlueClarity - MONITORAMENTO REMOTO E ANÁLISE INTELIGENTE DE
TURBIDEZ EM FAZENDAS MARINHAS UTILIZANDO ESP-LORA**

Projeto De Iniciação Científica Programa

PIBIFSP - PACTEC

Orientador: Prof. Dr. eng. Edson Anício Duarte.

Coorientador: Prof. Eduardo Galembeck

CAMPINAS

2025

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de um sensor automatizado de turbidez para o monitoramento contínuo da qualidade da água salgada. A turbidez é um parâmetro óptico que indica a concentração de partículas suspensas na água, sendo essencial para o controle da poluição e a preservação dos ecossistemas aquáticos. A proposta busca automatizar o processo de medição, atualmente realizado de forma manual, por meio da integração de um sistema mecânico de limpeza ao sensor, a fim de evitar a incrustação biológica — principal desafio em ambientes marinhos. Essa inovação garantirá maior precisão nas leituras ao longo do tempo. Além disso, será implementado um sistema de transmissão remota de dados em tempo real, possibilitando a análise contínua da qualidade da água. Espera-se que a solução contribua para a eficiência do monitoramento ambiental e para práticas mais sustentáveis na aquicultura.

Palavras Chaves: Turbidez; monitoramento marinho; Instrumentação.

ABSTRACT

The aim of this research is to develop an automated turbidity sensor for continuous monitoring of saltwater quality. Turbidity is an optical parameter that indicates the concentration of suspended particles in water and is essential for controlling pollution and preserving aquatic ecosystems. The proposal seeks to automate the measurement process, which is currently performed manually, by integrating a mechanical cleaning system into the sensor in order to prevent biological fouling — a major challenge in marine environments. This innovation will ensure greater accuracy in readings over time. In addition, a real-time remote data transmission system will be implemented, enabling continuous analysis of water quality. The solution is expected to contribute to the efficiency of environmental monitoring and more sustainable practices in aquaculture.

Keywords: Turbidity; marine monitoring; Instrumentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamento do Sensor de Turbidez.....	7
Figura 2: Custos médios estimados para a produção de algas no Brasil.....	9
Figura 3: Sensor de turbidez.....	10
Figura 4: Funcionamento da Higroeletricidade.....	11
Figura 5: Organograma.....	12
Figura 6: Diagrama de Blocos.....	13
Figura 7: Lista de materiais.....	14
Figura 8: Desenho mecânico.....	14
Figura 9: Desenho do Sistema de Autolimpeza.....	15
Figura 10: Ambiente de programação da IDE.....	16
Figura 11: Ambiente de programação do VS Code.....	17
Figura 12: Esquema elétrico.....	17
Figura 13: Projeção das Placas de Circuito Impresso em 2D.....	18
Figura 14: Projeção das Placas de Circuito Impresso em 3D.....	18
Figura 15- Teste de bancada.....	19
Figura 16: Leitura do Sensor.....	19
Figura 17: Placas de Circuito Impresso Confeccionadas.....	20
Figura 18: Sistema Autolimpante Bombeado.....	20
Figura 19: Ambiente de Nuvem na Plataforma ThingSpeak.....	21
Figura 20: Mapeamento Tridimensional com Visual Encoding.....	22
Figura 21: Taxa de Perda e Erro Absoluto.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Justificativa (o “PORQUÊ”).....	8
1.2 Objetivos (o “PARA QUE”).....	9
1.2.1 Objetivos específicos.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 Organograma.....	12
2.2 Diagrama de Blocos.....	13
2.3 Lista de Materiais.....	13
2.4 Desenho Mecânico.....	14
2.5 Programação.....	15
2.6 Hardware.....	17
3. RESULTADOS.....	19
4. CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

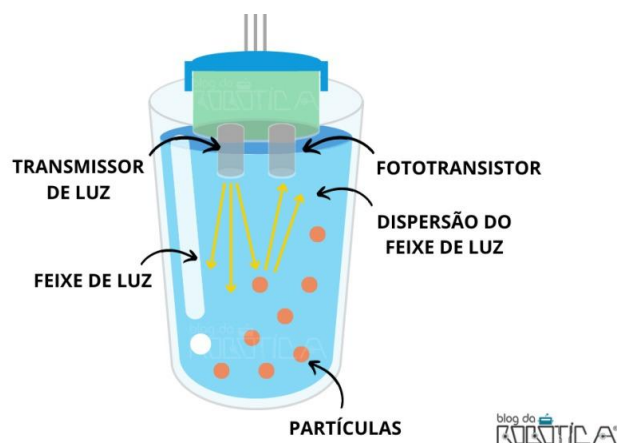
A qualidade da água é um fator determinante para a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, sobretudo em ambientes marinhos voltados à aquicultura. Entre os parâmetros utilizados em sua avaliação, destaca-se a turbidez, diretamente associada à concentração de partículas em suspensão que reduzem a penetração da luz na coluna d'água. Níveis elevados de turbidez podem indicar a presença de poluentes, sedimentos ou matéria orgânica, configurando um importante indicativo de impactos ambientais (CAHU et al., 2007).

Apesar da relevância desse parâmetro, os métodos disponíveis para sua medição ainda apresentam limitações: além do elevado custo, a maioria depende de procedimentos manuais, restringindo a frequência e a precisão do monitoramento (DELGADO, 2021). Nesse cenário, a automação surge como um avanço necessário, possibilitando medições contínuas e em tempo real da qualidade da água (RODRIGUES et al., 2021; MOREIRA; CRUZ; AMORIM, 2014).

Entretanto, sensores de turbidez aplicados em ambientes salinos enfrentam um desafio recorrente: a bioincrustação. A adesão de micro-organismos, algas e sedimentos compromete a transmissão do feixe de luz e, conseqüentemente, a confiabilidade das leituras (FERREIRA, 2020). Para superar essa limitação, este projeto de Iniciação Científica propõe o desenvolvimento de um sensor de turbidez automatizado, energizado através de energia limpa renovável e equipado com um sistema mecânico de autolimpeza, capaz de assegurar medições consistentes ao longo do tempo.

Além do mecanismo de limpeza, o sistema será integrado a uma rede neural de análise, em tempo real, das condições da fazenda e a uma plataforma de monitoramento remoto, em que os dados coletados serão processados e transformados em um mapa tridimensional, disponibilizado em ambiente web. Essa abordagem busca facilitar a visualização e interpretação dos resultados, contribuindo para uma gestão mais eficiente e intuitiva da aquicultura.

Figura 1: Funcionamento do Sensor de Turbidez



Fonte: Blog do Robótica

1.1 Justificativa (o “PORQUÊ”)

Atualmente, a medição da turbidez pode ser realizada manualmente, com a automação desse processo irá representar um avanço significativo, permitindo monitoramento contínuo e preciso do ambiente. Esse parâmetro é essencial para o controle da poluição e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

O principal desafio do projeto é o desenvolvimento de um sistema autolimpante para aumentar a vida útil do sensor quanto embarcado, pois, em usos de sensores de turbidez em ambientes marinhos, a incrustação biológica é o fator que mais degrada as medições do equipamento. Micro-organismos, algas e depósitos de lodo aderem à superfície dos sensores, comprometendo a precisão das medições ao interferirem na passagem da luz. Para solucionar esse problema, esta pesquisa propõe a inovação de um sistema de limpeza pressurizada integrado ao sensor, prevenindo o acúmulo de resíduos e garantindo leituras mais confiáveis ao longo do tempo.

Este projeto possui um forte viés de inovação, uma vez que os sensores de uso contínuo com sistema de limpeza possuem valores na ordem de R\$ 15.000,00. Esta proposta seria uma automação no sistema do sistema de limpeza de um sensor comercial de menor custo, possibilitando assim a sua implementação com redução de custo e diminuição da mão de obra com a eliminação do monitoramento diário.

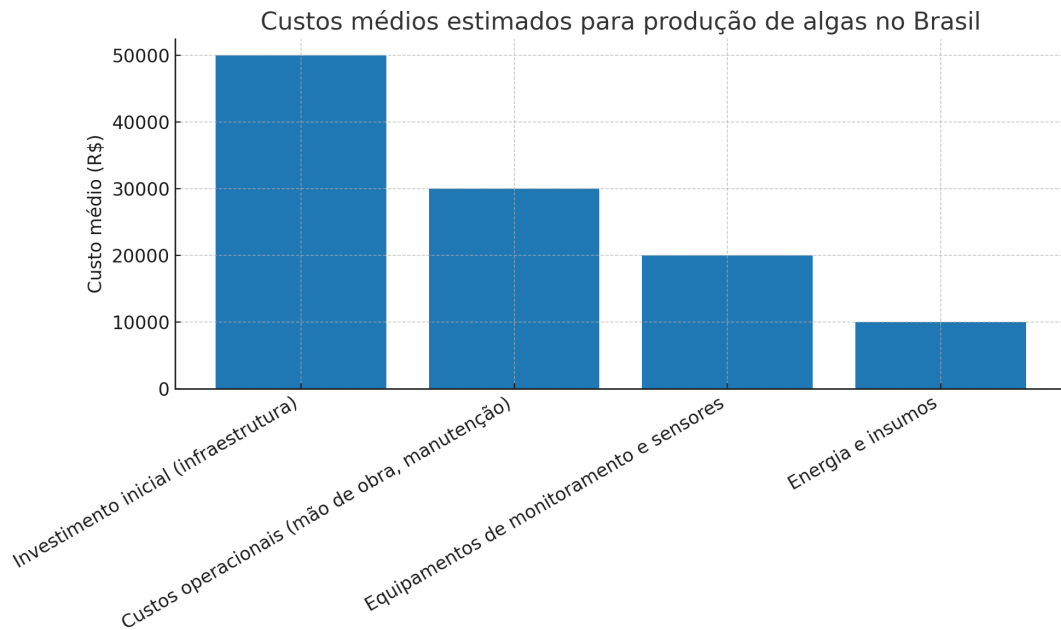
Para alinhar inovação tecnológica com práticas sustentáveis, o projeto será alimentado por energia verde, combinando a captação solar com o aproveitamento da higroneletricidade (Figura 4). Essa abordagem contribui para a redução de impactos ambientais e para a viabilidade do sistema em locais com infraestrutura limitada.

Com o sistema de monitoramento remoto, os dados ficarão armazenados em uma plataforma na web com acesso fácil aos pesquisadores.

Além disso, será implementado um sistema de monitoramento remoto, permitindo a transmissão de dados em tempo real. Essa tecnologia possibilitará a análise contínua da qualidade da água, otimizando práticas de cultivo aquícola e contribuindo para a viabilidade e eficiência de soluções automatizadas no controle ambiental.

Apesar de seu potencial estratégico para a produção de alimentos e para o desenvolvimento econômico, a maricultura apresenta grandes desafios voltados à sustentabilidade, como a eutrofização das águas, o acúmulo de resíduos orgânicos, a disseminação de doenças e os impactos sobre a biodiversidade local (TUNA; TAGLIOLATTO, 2015). Somam-se a esses fatores os elevados custos de produção (VALENTI, WAGNER & BARROS et al, 2021; Figura 2) e a crescente demanda por algas, que intensificam a necessidade de soluções mais eficientes. Nesse contexto, este projeto propõe o uso de ferramentas de inteligência artificial capazes de analisar, em tempo real, as melhores condições de cultivo. O objetivo é alinhar produtividade, custo-benefício e práticas sustentáveis, reduzindo despesas sem comprometer a eficiência do processo.

Figura 2: Custos médios estimados para a produção de algas no Brasil



Fonte: próprios autores

1.2 Objetivos (o “PARA QUE”)

Desenvolver sensor de turbidez autolimpante conectado à uma rede LoRa para transmissão de dados, para utilização em ambientes marinhos, utilizando equipamentos comerciais de IoT.

1.2.1 Objetivos específicos

- a) Criar um algoritmo de controle;
- b) Prototipar desenho 3D do encapsulamento mecânico;
- c) Produzir uma placa de circuito do equipamento;
- d) Realizar a validação em bancada do protótipo;
- e) Desenvolver um ambiente web para armazenar e mostrar os dados;
- f) Testar o protótipo em ambiente real de uma fazenda marinha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A proposta central deste projeto é desenvolver um instrumento de medição de turbidez da água em ambientes salinos, com sistema autolimpante e interconectado através de uma rede LoRa (Long Range Wide Area Network) - um protocolo de comunicação sem fio projetado para redes de longa distância e baixo consumo de energia.

Inicialmente foi proposto utilizar um sensor comercial de turbidez que opera na faixa de tensão de 3,3 a 5V e possui uma saída analógica, viabilizando sua calibração para diferentes situações. O sensor adotado é mostrado na figura 3.

Figura 3: Sensor de turbidez



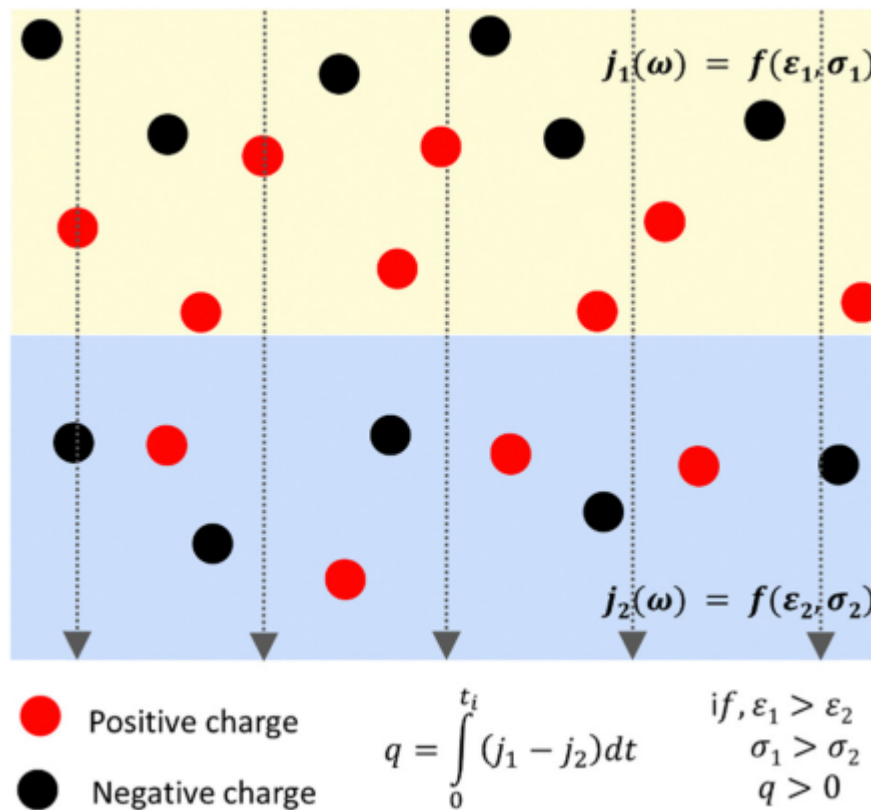
Fonte: <https://www.breletronica.com.br>

Acoplado a este sensor será instalado um sistema autolimpante, desenvolvido a partir do bombeamento de água em alta pressão. A proposta fundamenta-se em um intento de aumentar o tempo de vida útil do sensor quando está em uso em águas marinhas, levando em consideração que a grande incrustação biológica é o fator que mais degradante das medições do equipamento.

Os valores medidos são enviados - através do protocolo LoRaWAN de um módulo LoRa - para um servidor em nuvem, onde os dados permanecem armazenados na plataforma de análise IoT, ThingSpeak.

Para alimentação do circuito, o projeto utiliza baterias de Lítio-Íon recarregadas por uma combinação da captação solar com o aproveitamento constante da higroeletricidade (GOUVEIA, RUBIA F.; GALEMBECK, FERNANDO, 2009), tecnologia emergente descoberta por pesquisadores brasileiros da Unicamp, liderados por Fernando Galembeck, que se origina de gotículas de água no ar, capazes de adquirir carga elétrica ao interagir com partículas de poeira (Figura 4).

Figura 4: Funcionamento da Higroeletricidade



Fonte: próprios autores

Para o desenvolvimento do projeto elétrico utilizou-se o software *Proteus versão education* para projeto e simulação do circuito elétrico. A programação do hardware foi realizada na linguagem C e, utilizando-se o ambiente *Arduino IDE*, e, programação dos recursos digitais, empregou-se a linguagem Python, no ambiente VS Code.

O grupo foi organizado com um organograma para definir as atividades de responsabilidade de cada integrante e um cronograma para listar as tarefas, prazos e responsabilidades de cada um dentro do grupo.

Para o desenvolvimento deste projeto foram desenvolvidos os seguintes itens:

- a) ORGANOGRAMA;**
- c) DIAGRAMA DE BLOCOS;**
- d) LISTA DE MATERIAIS;**
- e) DESENHO MECÂNICO;**

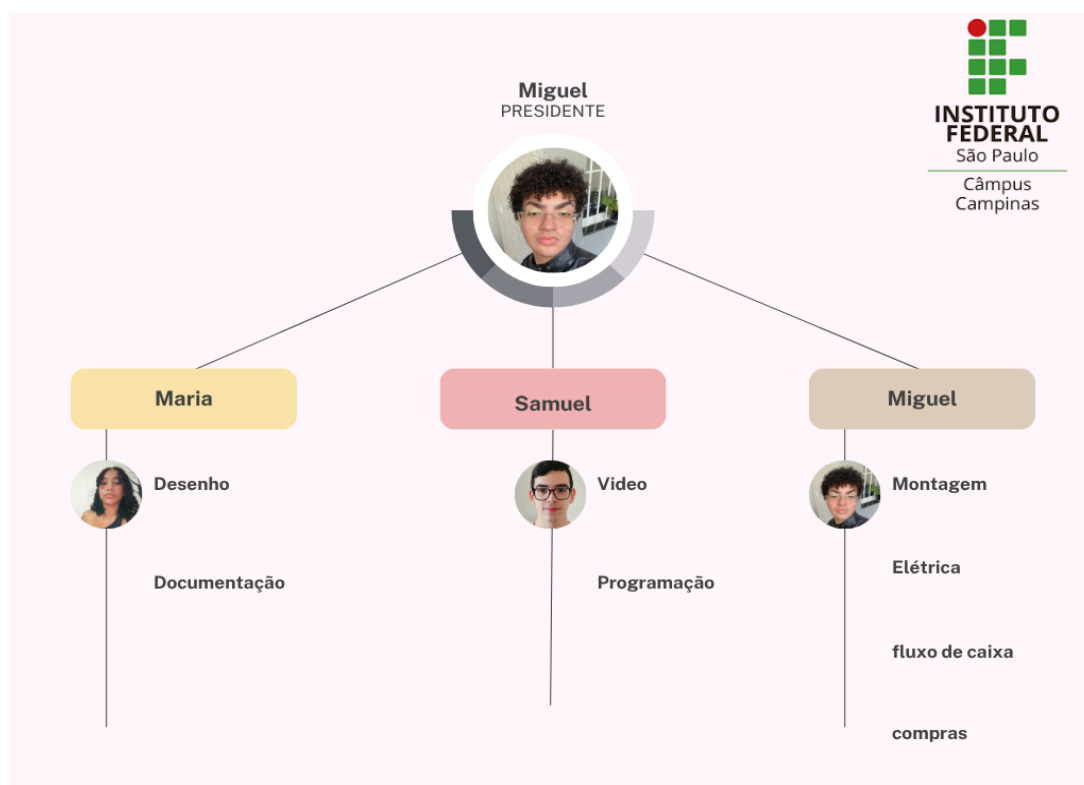
f) PROGRAMAÇÃO;

g) HARDWARE.

2.1 Organograma

O Organograma apresentado na figura 5 mostra como o grupo foi organizado para desenvolver as atividades do projeto.

Figura 5: Organograma

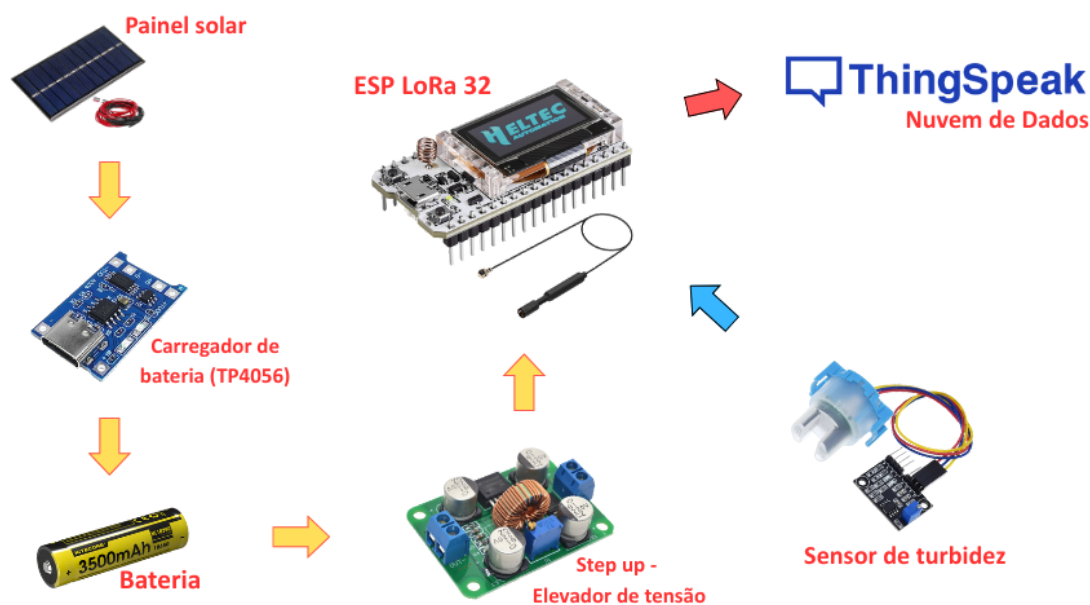


Fonte: próprios autores

2.2 Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos mostra como os componentes se interligam e é apresentada na figura 6.

Figura 6: Diagrama de Blocos



Fonte: próprios autores

Ao analisar a Figura , observa-se que o protótipo funciona da seguinte forma: inicialmente, o microcontrolador irá operar no modo Deep-sleep, ou seja, irá operar a cada hora para adquirir os dados de turbidez, enviar para a nuvem e volta a hibernar. Neste modo de funcionamento há uma enorme economia de energia quando comparado a um funcionamento contínuo.

Para a alimentação do protótipo, será utilizada uma placa solar, conectada a um dispositivo BMS para carga de baterias e seguida um step-up, que é um elevador de tensão, que alimenta o microcontrolador.

2.3 Lista de Materiais

A lista de materiais é mostrada na figura 7. Para este protótipo foi gasto cerca de R\$ 396,70 em materiais comerciais.

Figura 7: Lista de materiais

Produtos	Quantidade	Valor Unitário	Valor Final	Valor Total
Painel Solar de 12v - 3w	1	R\$ 47,90	R\$ 47,90	R\$ 684,95
Carregador de bateria - TP4056	1	R\$ 0,35	R\$ 0,35	
Bateria Recarregável Nitecore - 18650 de 3500 mAh	1	R\$ 106,86	R\$ 106,86	
Módulo LILYGO LoRa32 V2.1	1	R\$ 105,39	R\$ 105,39	
Regulador De Tensão Step Up - XL6009	1	R\$ 14,99	R\$ 14,99	
Sensor de Turbidez Arduino Para Monitoramento da Água - ST100	3	R\$ 121,21	R\$ 363,63	
Mini Bomba D'Água	1	R\$ 45,83	R\$ 45,83	

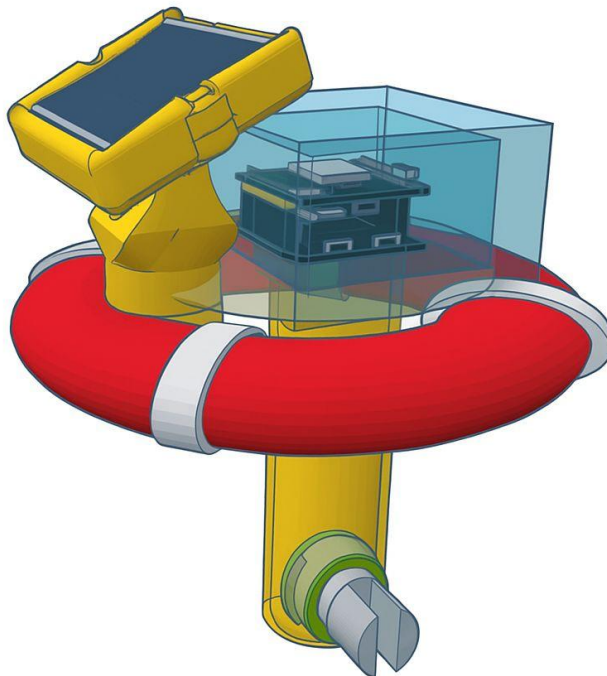
Fonte: próprios autores

2.4 Desenho Mecânico

O desenho mecânico do sistema autolimpante passa por duas estampas, uma vez que o uso de energia e incrustações são os maiores fatores críticos do projeto. A primeira proposta é um sistema autolimpante com o uso de jatos de água e o segundo é um sistema de tubos concêntricos com remoção mecânica das impurezas com o uso de escovas.

A figura 8 mostra o desenho proposto do conjunto, onde tem-se a placa solar, o microcontrolador, o sensor de turbidez e a bóia de flutuação, deixando assim o sistema autônomo. O desenho foi modelado na plataforma *tinkercad.com*.

Figura 8: Desenho mecânico



Fonte: próprios autores

A figura 9 retrata o sistema de autolimpeza com servo motor desenvolvido para otimizar o sensor e garantir maior vida útil e melhor funcionamento do projeto. O modelo foi construído também na plataforma virtual Tinkercad.

Figura 9: Desenho do Sistema de Autolimpeza



Fonte: próprios autores

2.5 Programação

Para a programação, será utilizada a linguagem C no ambiente do Arduino IDE focada para controle do microcontrolador ESP32.

O programa utiliza bibliotecas específicas para criar uma lógica de repetição que realiza constantemente a leitura da tensão enviada pelos fotoresistores presentes no sensor de turbidez. A partir dos referidos dados, um sistema determinístico estabelece o nível de NTU da amostra aquosa analisada.

Entre as medições, o microcontrolador entra no modo hibernação profunda para economia de energia, denominado de “*deep-sleep mode*”.

A figura 10 mostra o ambiente de programação do hardware com um trecho do código empregado.

Figura 10: Ambiente de programação da IDE

```
sensor_de_turbidez.ino
1 // Define o pino de Leitura do Sensor
2 int SensorTurbidez = A0;
3
4 // Inicia as variáveis
5 int i;
6 float voltagem;
7 float NTU;
8
9 void setup() {
10 // Inicia a comunicação Serial
11 Serial.begin(9600);
12 }
13
14 void loop() {
15 // Inicia a leitura da voltagem em 0
16 voltagem = 0;
17
18 // Realiza a soma dos "i" valores de voltagem
19 for (i = 0; i < 800; i++) {
20 | voltagem += ((float)analogRead(SensorTurbidez) / 1023.0) * 5.0;
21 }
22
23 // Realiza a média entre os valores lidos
24 voltagem = voltagem / 800;
25 voltagem = ArredondarPara(voltagem, 1);
26
27 // Se Voltagem menor que 2.5, fixa o valor de NTU
28 if (voltagem < 2.5) {
29 | NTU = 3000;
30 }
31 else if (voltagem > 4.2) {
32 | NTU = 0;
33 | voltagem = 4.2;
34 }
```

Fonte: próprios autores

Conjuntamente, utilizar-se-á o ambiente VS Code em linguagem Python para o desenvolvimento da inteligência artificial integrada ao sistema de funcionamento do sensor de turbidez - outorgando maior previsibilidade e seguras análises quanto aos níveis de turbidez - e para a projeção de um mapeamento multidimensional (Figura 11) em ambiente web baseado nos valores de turbidez, viabilizando uma interpretação e visualização mais intuitiva dos dados.

Figura 11: Ambiente de programação do VS Code

```
.vscode > SIC_2024 > IA_TerraAlert_RLo.py
1 import numpy as np
2 import pandas as pd
3 import seaborn as sns
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 from sklearn.linear_model import LogisticRegression
6
7 # Dados de ocorrência de deslizamento (1)
8 X_ocorrencia = np.array
9 > ([...]
31
32 ])
33
34 # Dados simulados de "não ocorrência" de deslizamento (0)
35 X_nao_ocorrencia = np.array
36 > ([...]
58 ])
59
60 # Concatenar os dados de ocorrência e não ocorrência
61 X = np.vstack((X_ocorrencia, X_nao_ocorrencia))
62
63 # Labels de ocorrência (1) e não ocorrência (0)
64 Y = np.array([1] * len(X_ocorrencia) + [0] * len(X_nao_ocorrencia))
65
66 # Configuração e treinamento do modelo de regressão logística
67 model = LogisticRegression(C=0.5)
68 model.fit(X, Y)
69
70 # Previsão de probabilidades para as amostras reais
71 probabilidades = model.predict_proba(X)[:, 1] * 100 # Percentual de probabilidade de deslizamento para cada entrada
72
73 # Criar um Dataframe para facilitar a visualização
74 df = pd.DataFrame(X, columns=['Umidade do Ar (%)', 'Precipitação (mm)', 'Velocidade do Vento (m/s)'])
75 df['Probabilidade de Deslizamento (%)'] = probabilidades
```

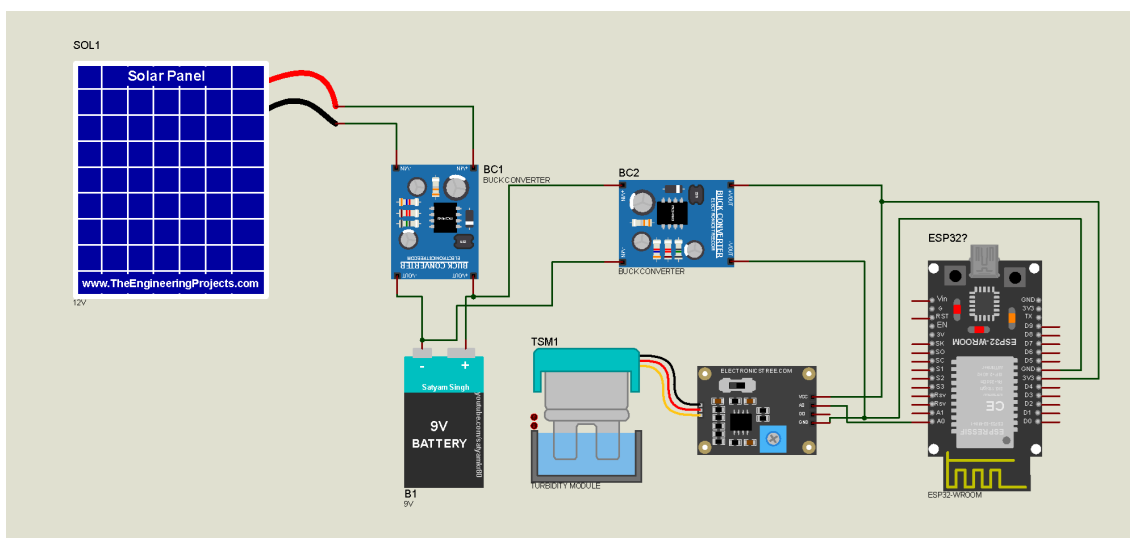
Fonte: próprios autores

2.6 Hardware

Para desenvolver o esquema elétrico do projeto foi utilizado o software Proteus versão Education. A figura 12 mostra o esquema elétrico desenvolvido.

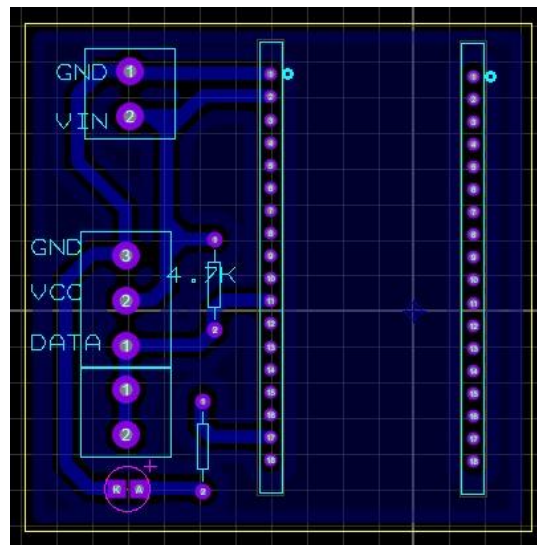
Os circuitos foram montados em matriz de contatos e posteriormente - através do *Proteus Version Education* - foram desenvolvidas placas de circuito impresso (Banzi, 2011; De Rodrigues, 2015; Mcroberts, 2015; Monk, 2014). As Figuras 13 e 14 retratam a projeção das placas CI.

Figura 12: Esquema elétrico



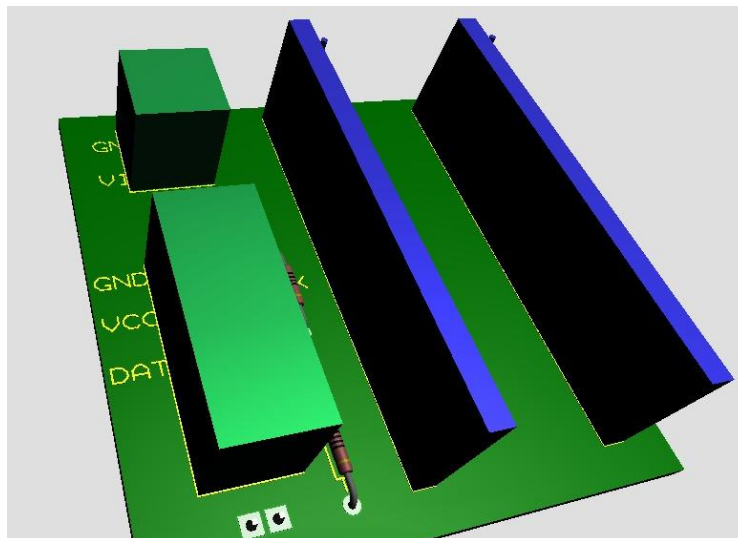
Fonte: próprios autores

Figura 13: Projeção das Placas de Circuito Impresso em 2D



Fonte: próprios autores

Figura 14: Projeção das Placas de Circuito Impresso em 3D



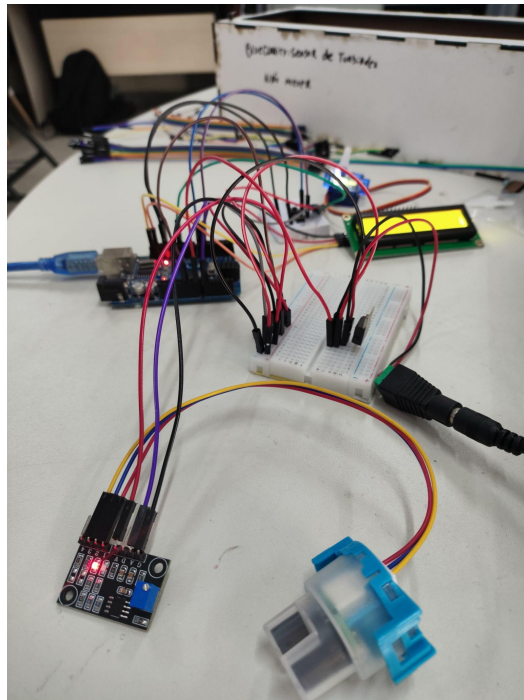
Fonte: próprios autores

Com a utilização do software foi possível fazer a simulação do circuito e acelerar o processo de desenvolvimento, uma vez que foram ajustados às ligações, os tempos iniciais e também definido quem seriam as entradas e saídas do dispositivo aspirado.

3. RESULTADOS

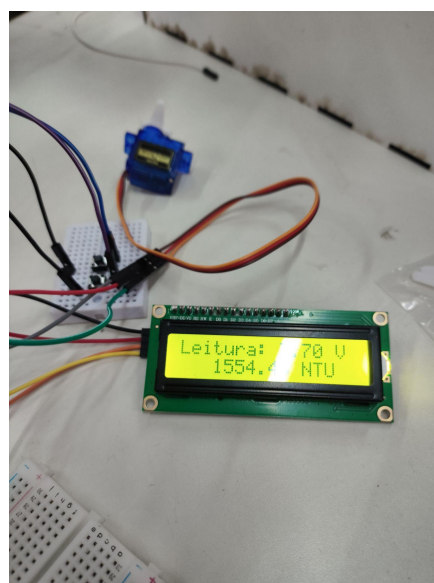
Os resultados preliminares do projeto obtidos em bancada apresentam-se com total êxito, exibindo-se nas Figuras 15 e 16 - que mostram o protótipo montado em fase de testes em bancada. A Figura 17 evidencia as placas de circuito impresso já confeccionadas e prontas para implementação.

Figura 15- Teste de bancada



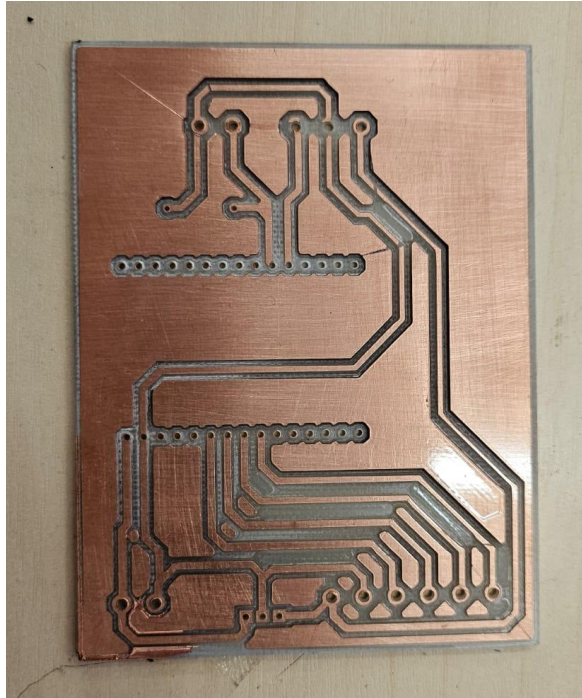
Fonte: próprios autores

Figura 16: Leitura do Sensor



Fonte: próprios autores

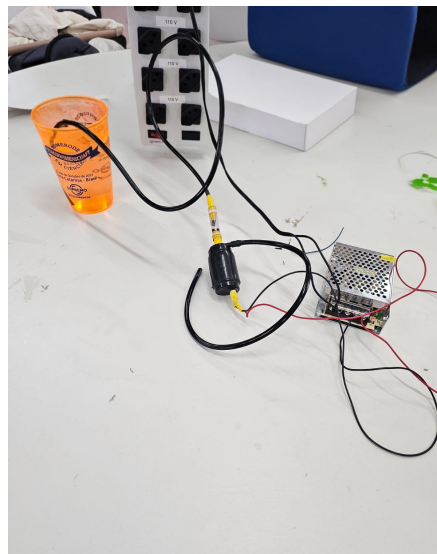
Figura 17: Placas de Circuito Impresso Confeccionadas



Fonte: próprios autores

Em relação ao sistema de limpeza pressurizado, a Figura 18 retrata seus sistemas de bombeamento e energização, empregados, também, em fase de bancada para garantir um melhor funcionamento e maior segurança e confiabilidade ao implementá-los em ambiente salino real.

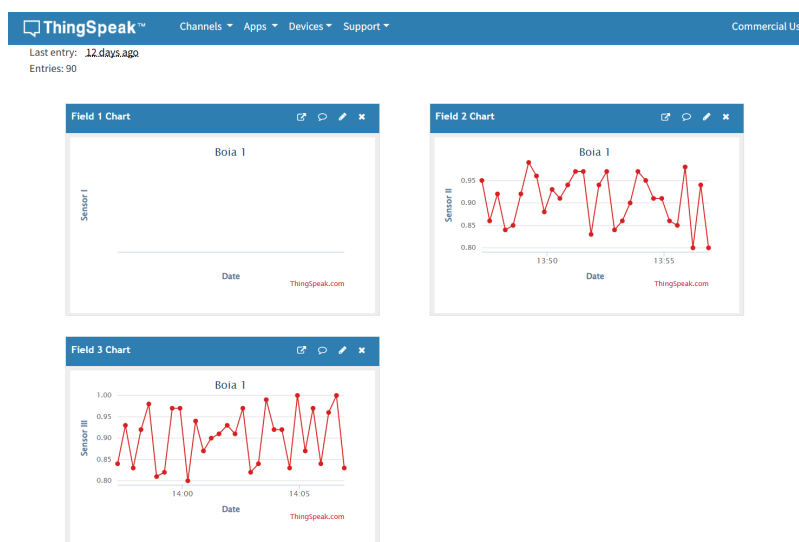
Figura 18: Sistema Autolimpante Bombeado



Fonte: próprios autores

Conjuntamente, o ambiente de recebimento dos dados de medição em nuvem da plataforma IoT ThingSpeak (Figura 19) apresenta-se totalmente configurado e finalizado, já interligando os protocolos das boias de comunicação via rádio e servindo como armazenamento temporário para os valores de treinamento do modelo de rede neural desenvolvido.

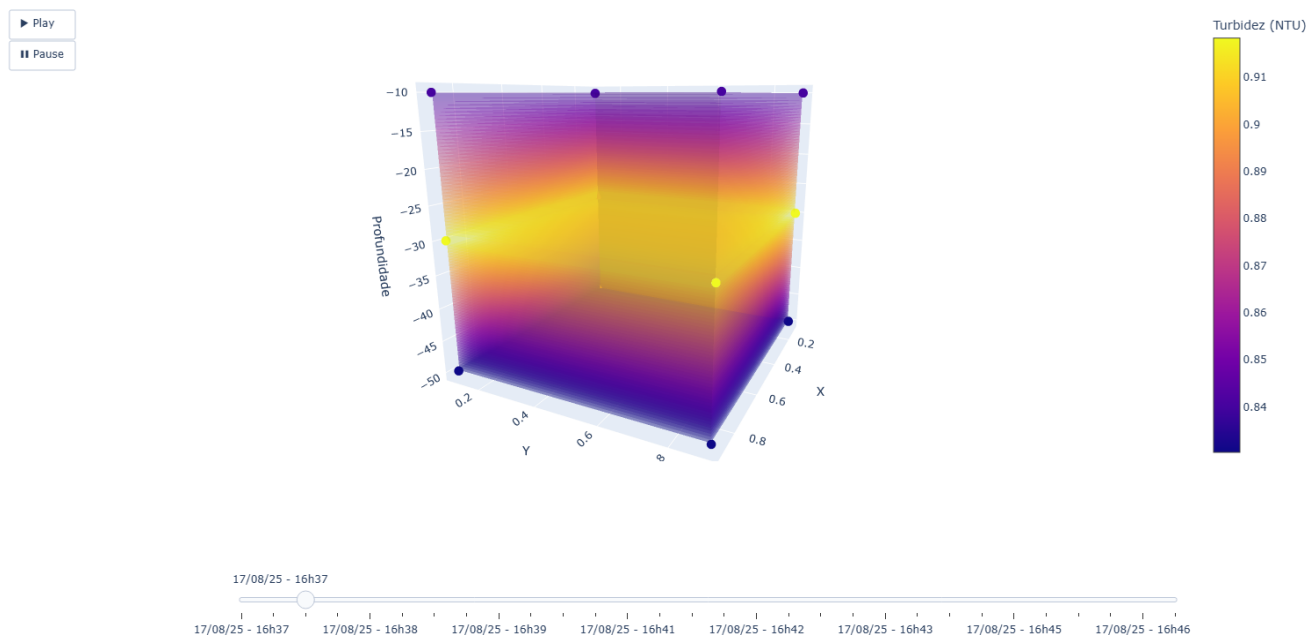
Figura 19: Ambiente de Nuvem na Plataforma ThingSpeak



Fonte: próprios autores

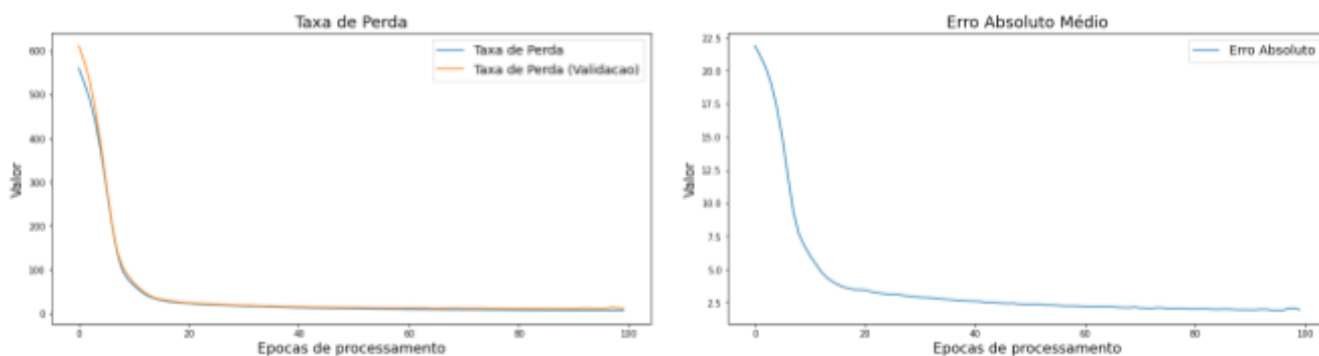
O mapeamento tridimensional e a análise e previsão pela IA foram finalizados e testados utilizando dados provenientes dos testes em bancada e números simulados. A figura 20 apresenta o mapa 3D - cujas cores e diferenças de nível indicam as variações de turbidez da água na área de cultivo em diferentes profundidades, permitindo visualizar os dados e sua progressão ao longo do tempo através da linha do tempo (timeline) - finalizado e disponibilizado localmente em web. A figura 21 apresenta o resultado preliminar dos treinamentos da inteligência artificial, com a taxa de perda e os erros absolutos do modelo pelas épocas de processamento.

Figura 20: Mapeamento Tridimensional com Visual Encoding



Fonte: próprios autores

Figura 21: Taxa de Perda e Erro Absoluto



Fonte: próprios autores

4. CONCLUSÃO

O projeto de medição da turbidez da água está em andamento com resultados promissores. Até o momento, as atividades estão seguindo conforme o planejado, com um protótipo sendo validado em bancada. A equipe agora se concentra na evolução do design e na realização de testes operacionais com o modelamento do sistema de autolimpeza do sensor.

A proposta é realizar os testes em uma fazenda marinha no litoral norte do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ANZI, M. Primeiros passos com o Arduino. São Paulo: Novatec, 2011.
- CAHU, C. G. A. et al. A importância da qualidade da água na aquicultura. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 2, n. 1, p. 17–28, 2007.
- DE RODRIGUES, R. F.; CUNHA, S. L. S. Arduino para físicos. 2015.
- DELGADO, A.; BRICIU-BURGHINA, C.; REGAN, F. Antifouling strategies for sensors used in water monitoring: review and future perspectives. *Sensors (Basel)*, 2021.
- FERREIRA, M. S. et al. Bioincrustação em sensores aquáticos: desafios e soluções tecnológicas. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2020.
- GOUVEIA, R. F.; GALEMBECK, F. Electrostatic charging of hydrophilic particles due to water adsorption. *Journal of the American Chemical Society*, v. 131, p. 11381–11386, 2009.
- MCROBERTS, M. Arduino básico. Trad. Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec, 2011.
- MONK, S. 30 projetos com Arduino. Trad. Anatólio Laschuk. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- MOREIRA, D.; CRUZ, C. B. M.; AMORIM, M. C. C. T. Sensores aplicados ao monitoramento ambiental: fundamentos, tecnologias e aplicações. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 66, n. 3, p. 589–612, 2014.
- RODRIGES, L. B. et al. Automação no monitoramento da qualidade da água: uma revisão de sensores e sistemas remotos. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 21, n. 1, p. 95–110, 2021.
- SILVA, G. O que é water turbidity: turbidez da água e seus efeitos. *Guia do Piscicultor*, 2025.

T. MATOS; MARTINS, M. S.; HENRIQUES, R.; GONÇALVES, L. M. A review of methods and instruments to monitor turbidity and suspended sediment concentration. *Journal of Water Process Engineering*, v. 64, 2024.

VALENTI, W.; BARROS, H.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G.; CAVALLI, R. *Aquicultura no Brasil: uma indústria de um bilhão de dólares (Aquaculture in Brazil: a billion dollar industry)*. ResearchGate, 2021.