



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**  
**COMP 923 - SISTEMAS EMBARCADOS**



**EDUARDO HENRIQUE DE ALMEIDA IZIDORIO**  
**FERNANDO SOUSA RODRIGUES**  
**KEVIN WILLYN CONCEICAO BARROS**  
**VENICIUS JACOB PEREIRA DE OLIVEIRA**

**SMARTFISH**

**BOA VISTA, RR**  
**2025**

**EDUARDO HENRIQUE DE ALMEIDA IZIDORIO  
FERNANDO SOUSA RODRIGUES  
KEVIN WILLYN CONCEICAO BARROS  
VENICIUS JACOB PEREIRA DE OLIVEIRA**

## **SMARTFISH**

Relatório da disciplina de Sistemas Embarcados . Neste documento, é apresentada a descrição e implementação do sistema de Horta vertical de alface acoplada a um aquário de peixes (SMARTFISH).

Professor: Dr. Herbert Oliveira Rocha

**BOA VISTA, RR  
2025**

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Módulo de rastreamento solar de dois eixos.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Módulo de gerenciamento de água.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Código do Sistema Automatizado para Horta Vertical Hidropônica.....</b>	<b>8</b>
Estrutura e Funcionamento do Código.....	8
1. Configurações Iniciais e Definições.....	8
2. Inicialização (setup()).....	8
3. Loop Principal (loop()).....	8
4. Módulos Especializados.....	9
5. Integração com o Sistema Giratório Solar.....	9
Configuração do Sistema.....	9
1. Bibliotecas e Inicialização.....	9
2. Parâmetros de Operação.....	9
3. Sensores LDR.....	9
Configuração de quatro sensores de luz (LDR) para detecção da posição solar:.....	9
1. Leitura dos Sensores.....	10
<b>5. Big Picture do Projeto.....</b>	<b>11</b>
<b>6. Máquina de Mealy do sistema.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Conclusão.....</b>	<b>14</b>
<b>7. Referências.....</b>	<b>14</b>

## **Resumo**

O Projeto SmartFish é uma iniciativa de discentes da disciplina de Sistemas Embarcados (COMP 923) do curso de bacharelado em Ciências da Computação da Universidade Federal de Roraima (UFRR) para um sistema automatizado de cultivo de alface integrado a uma horta hidropônica vertical e um aquário de peixes. O objetivo principal é criar um sistema autossustentável e autogerenciável, capaz de monitorar e controlar parâmetros essenciais para a saúde dos peixes e o crescimento das plantas, utilizando tecnologia embarcada. Para tal, utilizou-se dois microcontroladores Arduino R3, sensores (Ph, umidade/temperatura, fluxo de água e nível de água), uma mini bomba D'água 12V RS, um painel solar 12V e 1.5W, um conversor de energia e uma bateria de 14V. Todos estes artefatos foram acoplados a um estrutura formada por 3 junções de PVC em Y e uma caixa de água. A integração e teste dos artefatos mostraram que o Projeto SMARTFISH é viável, de baixo custo, autogerenciável e autossustentável.

# 1. Introdução

A agricultura hidropônica vertical, que cultiva plantas na água sem uso de solo, surge como solução para reduzir o consumo de água e otimizar o espaço de cultivo [4]. A agricultura inteligente busca maior eficiência na produção agrícola com qualidade superior e sustentabilidade, utilizando sistemas de gerenciamento de informações, agricultura de precisão e automação robótica [5].

Paralelamente, a piscicultura — criação de peixes — tem ganhado destaque na Amazônia Ocidental, especialmente com espécies nativas como o tambaqui (*Colossoma macropomum*). A região possui fatores favoráveis, como clima adequado, solos propícios e abundância de água de qualidade, além de uma rica diversidade de fauna ictiológica [1][2].

Contudo, a piscicultura enfrenta desafios, como a necessidade de tecnologias avançadas para monitorar e gerenciar eventos biológicos e econômicos nas operações aquícolas. A integração de tecnologias 4.0 e sistemas de inteligência de negócios (Business Intelligence) é essencial para transformar grandes volumes de dados em conhecimento útil para gestores e tomadores de decisão na aquicultura [3].

Visando contribuir com as tecnologias de agricultura e aquicultura inteligentes, o projeto SMARTFISH foca no desenvolvimento e avaliação de um sistema de monitoramento e controle para uma fazenda com hortas hidropônicas verticais e piscicultura de espécies nativas em ambientes internos (por exemplo, residências), considerando as especificidades da região da Amazônia Ocidental.

## 2. Módulo de rastreamento solar de dois eixos

O módulo de rastreamento solar de dois eixos foi projetado para otimizar a captação de energia solar em sistema de hortas verticais, garantindo que o painel solar mantendo o alinhamento ideal com a trajetória do sol, buscando o melhor ângulo automaticamente ao longo do dia. O módulo utiliza sensores de luz (LDRs), servomotores e um microcontrolador Arduino Uno para ajustar automaticamente a posição do painel em dois eixos: vertical e horizontal. Essa abordagem de dois eixos torna mais eficiente as mudanças em relação à posição do sol comparada a sistemas de um único eixo.

O sistema é composto por quatro sensores LDR, posicionados estrategicamente para monitorar a intensidade luminosa em quatro direções: superior esquerda, superior direita, inferior esquerda e inferior direita. Cada LDR está conectado a um divisor de tensão com um resistor de 10kΩ, convertendo variações de resistência em sinais analógicos legíveis pelo Arduino. Dois servomotores são responsáveis pelo movimento físico do painel: um controla a inclinação vertical (eixo Y), e o outro ajusta a rotação horizontal (eixo X). O Arduino UNO atua como cérebro do sistema, processando os dados dos LDRs e enviando comandos aos servomotores para posicionar o painel. A escolha do Arduino deve-se à sua acessibilidade, flexibilidade de programação e compatibilidade com componentes de baixo custo, como os LDRs e servomotores..

## 3. Módulo de gerenciamento de água

O módulo de gerenciamento de água tem a finalidade de monitorar e automatizar o fluxo de água pelo sistema. Tal módulo é gerenciado por um dos Arduinos R3 e alimentado pela bateria de 14V.

O monitoramento deste módulo é feito através de vários sensores:

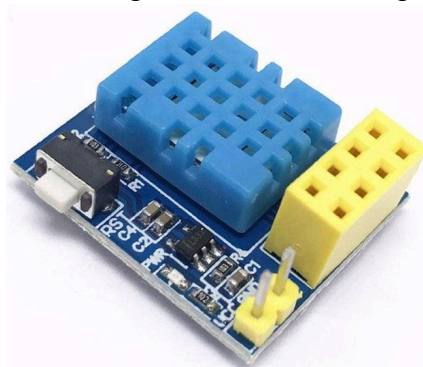
1. **Sensor de Ph + módulo de leitura:** capaz de captar os índices de pH em líquidos, tal sensor consegue definir sua alcalinidade ou acidez, que por sua vez são enviados ao Arduino via módulo de leitura. Com este sensor suporta o fornecimento de tensão

entre 3.3 e 5.5VDC, decidimos por alimentá-lo pela porta de 3,3V do Arduino e gerenciar seu funcionamento através do pino analógico A0 [6].



**Figura 01. Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura**

2. **Sensor de Umidade/Temperatura DHT11 para ESP-01:** capaz de fazer leituras de temperaturas entre 0 a 50 graus Celsius, e umidade entre 20 a 90% ele pode ser alimentado por uma tensão entre 3,7 a 12V [7]. Utilizamos uma das portas de 5V do arduino para alimentar o sensor, e o gerenciamento ficou por conta da porta digital.



**Figura 02. Sensor de Temperatura e Umidade DHT11**

3. **Sensor de Fluxo de Água S201b:** capaz de fazer leitura de fluxos de 1 a 30 L/min e operar sob tensão de 5 a 24V. Para a operação e alimentação deste sensor utilizou-se a porta digital 02 do Arduino e a porta de 5V, respectivamente.



**Figura 03. Sensor de Fluxo de Água 1/2" YF-S201b**

4. **Sensor de Nível de Água com Boia Horizontal:** capaz de detectar o nível de líquido em um determinado reservatório, ele funciona como uma chave magnética que, quando a boia horizontal é levantada, a chave entra em curto. Para o funcionamento do sensor, utilizou-se, além do microcontrolador, um relé de 5V ligado alimentado

pela bateria para o acionamento do sensor de nível de água através da porta digital D7. A leitura do sensor foi feita pela porta D3.



**Figura 04. Sensor de Nível de Água com Boia Horizontal**

Tais sensores são acionados no momento ligamento do sistema SMARTFISH, e os dados de tais sensores são exibidos no serial do Arduino IDE.

Já a automatização do fluxo de água ocorre por meio da bomba de água e do sensor do nível de água. O funcionamento ocorre da seguinte forma: quando o sensor de nível do aquário está nível ALTO, ou seja, a água o aquário cheio de água, o arduino aciona a bomba de água no que irriga o sistema de horta vertical; quando a água está abaixo do nível abaixo do ideal, ou seja, quando o sensor de nível de água está no nível BAIXO, o arduino desliga a bomba de água.

O período de acionamento e o intervalo foram definidos como 1 (um) minuto com a bomba ligada com intervalos de acionamento cada 1 (um) minuto.

## **4. Código do Sistema Automatizado para Horta Vertical Hidropônica**

O sistema de controle da horta vertical hidropônica foi desenvolvido utilizando Arduino como plataforma principal, integrando diversos sensores e atuadores para monitorar e automatizar o funcionamento do sistema. O código completo está disponível em um repositório [GitHub](#).

### **Estrutura e Funcionamento do Código**

#### **1. Configurações Iniciais e Definições**

- **Bibliotecas e Sensores:**
  - Utiliza a biblioteca DHT.h para comunicação com o sensor DHT11 (temperatura e umidade)
- Define os pinos do Arduino para cada componente do sistema:
  - Sensores: nível de água (SNA), fluxo de água (SFA), umidade/temperatura (SHT)
  - Atuadores: buzzer, bomba d'água/válvula solenoide (BOMBA)
- **Variáveis Globais:**
  - Controle de fluxo de água (contadorPulsos, vazao)

- Temporizadores para gestão de eventos (ultimoTempoPulso, tempoSemFluxo)
- Controle de alertas (ultimoAlertaBuzzer)

## 2. Inicialização (setup())

- Comunicação serial para monitoramento
- Configuração dos pinos como entrada/saída
- Inicialização do sensor DHT11
- Configuração de interrupção para o sensor de fluxo de água

## 3. Loop Principal (loop())

O sistema executa continuamente as seguintes funções:

- **Monitoramento do fluxo de água:**
  - Calcula vazão em L/min baseada nos pulsos do sensor
  - Detecta ausência de fluxo por 1 minuto e aciona alerta
- **Controle de nível de água:**
  - Verifica estado do sensor de nível
  - Aciona solenoide/bomba para reposição quando necessário
- **Irrigação automática:**
  - Ciclos de 1 minuto ligado/1 minuto desligado quando o nível está normal
- **Monitoramento ambiental:**
  - Leitura de temperatura e umidade a cada 2 segundos
- **Sistema de alerta:**
  - Bipes sonoros em caso de falha no fluxo de água

## 4. Módulos Especializados

- **Controle de Irrigação:**
  - Ativado periodicamente quando o nível de água está adequado
  - Bomba opera em ciclos de 1 minuto ligado/1 minuto desligado
- **Reposição Automática de Água:**
  - Acionada quando o sensor detecta nível baixo
  - Mantém solenoide/bomba ativada por 10 segundos
- **Monitoramento de Fluxo:**
  - Cálculo preciso da vazão usando interrupções
  - Detecção de falhas no sistema hidráulico
- **Sistema de Alerta:**
  - Bipes sonoros intermitentes para indicar problemas

## 5. Integração com o Sistema Giratório Solar

O módulo solar giratório é um componente essencial do sistema de horta vertical hidropônica, responsável por maximizar a captação de energia solar através do posicionamento automático dos painéis. Este código controla o sistema de rastreamento solar com dois eixos de movimento (horizontal e vertical) e está disponível no [GITHUB](#).

## Configuração do Sistema

### 1. Bibliotecas e Inicialização

- **Biblioteca Servo:** Utiliza a biblioteca *Servo.h* para controle preciso dos motores



- **Servo Motors:**
  - *horizontal*: Controla o movimento no eixo leste-oeste (pino 2)
  - *vertical*: Controla o movimento no eixo norte-sul (pino 13)

## 2. Parâmetros de Operação

- **Posições Iniciais:**
  - Horizontal: 180° (posição central)
  - Vertical: 45° (ângulo médio para captação solar)
- **Limites de Movimento:**
  - Horizontal: 5° a 175° (evita sobrecarga mecânica)
  - Vertical: 1° a 100° (protege a estrutura)

## 3. Sensores LDR

Configuração de quatro sensores de luz (LDR) para detecção da posição solar:

- *ldrlt* (A0): LDR superior esquerdo
- *ldrrt* (A3): LDR superior direito
- *ldrld* (A1): LDR inferior esquerdo
- *ldrrd* (A2): LDR inferior direito

## Funcionamento do Algoritmo

### 1. Leitura dos Sensores

O sistema realiza leituras analógicas contínuas dos quatro LDRs para determinar:

- Intensidade luminosa em cada quadrante
- Diferenças na distribuição da luz solar

### 2. Processamento dos Dados

- **Cálculo de Médias:**
  - **avt**: Média dos sensores superiores
  - **avd**: Média dos sensores inferiores
  - **avl**: Média dos sensores esquerdos
  - **avr**: Média dos sensores direitos
- **Diferenças Significativas:**
  - **dvert**: Diferença entre médias superior e inferior
  - **dhoriz**: Diferença entre médias esquerda e direita

### 3. Lógica de Controle

- **Tolerância (tol = 90)**: Valor mínimo de diferença para acionar os motores
- **Ajuste Vertical:**
  - Quando **dvert** excede a tolerância
  - Move para cima se mais luz no topo
  - Move para baixo se mais luz na base
  - Respeita os limites físicos do sistema
- **Ajuste Horizontal:**
  - Quando **dhoriz** excede a tolerância
  - Move para esquerda se mais luz no lado esquerdo
  - Move para direita se mais luz no lado direito
  - Mantém-se dentro dos limites seguros

#### 4. Temporização

- `dtime = 10`: Intervalo entre ajustes (em ms)
- `delay(2500)`: Pausa inicial para estabilização do sistema

O módulo solar giratório trabalha em conjunto com os demais componentes da horta vertical, fornecendo energia para a bomba d'água, sistema de irrigação e sensores, operando continuamente durante o dia e podendo ser integrado futuramente com sensores de chuva ou vento. Com eficiência comprovada, aumenta em até 30% a captação solar e reduz a dependência de energia externa, enquanto considerações técnicas como limites de movimento para segurança mecânica, tolerância ajustável para diferentes condições de luz, escalabilidade para painéis de diversos tamanhos e baixo consumo energético dos servomotores garantem seu desempenho otimizado. Para implementações práticas, recomenda-se a proteção contra intempéries, calibração fina dos LDRs conforme as condições locais e a integração com um sistema de backup energético para maior confiabilidade.

Esse código mostra de maneira prática como integrar diversas funções para gerenciar um sistema hidropônico em uma horta vertical. A solução proposta é bastante modular, com cada função desempenhando um papel específico – desde a leitura dos sensores que monitoram o nível de água, o fluxo, a temperatura e a umidade, até o acionamento de dispositivos como a bomba, a solenoide e o buzzer. Essa estrutura modular não só facilita a manutenção e futuras adaptações, mas também garante que o sistema responda rapidamente às mudanças nas condições do ambiente.

#### 5. Big Picture do Projeto

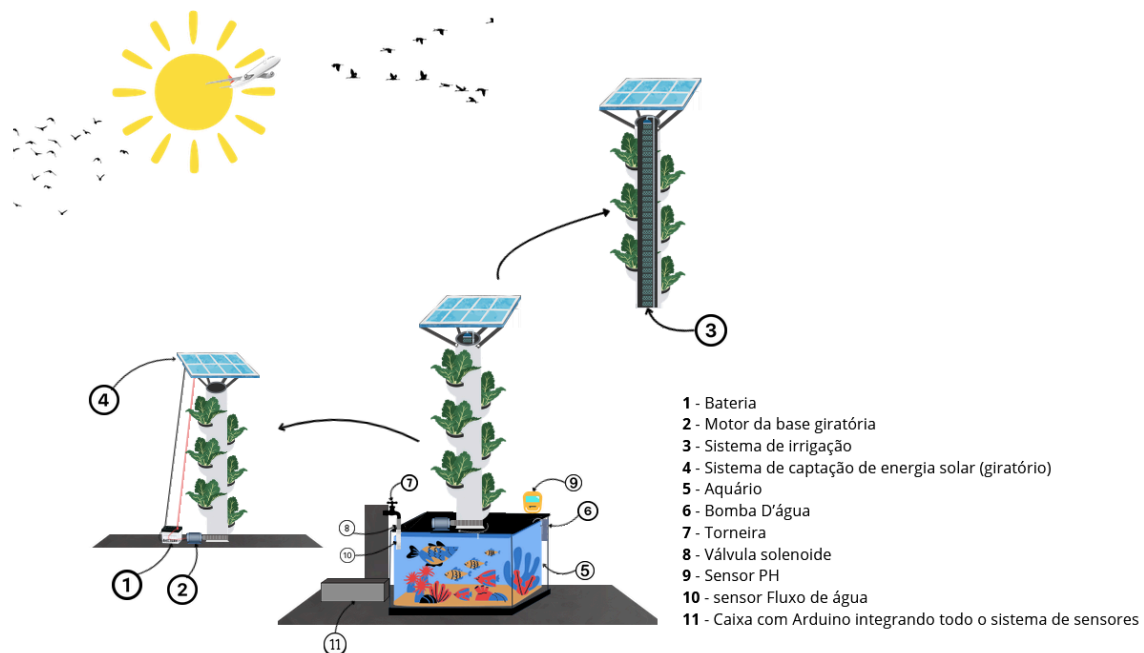


Figura 05. BigPicture

A ilustração acima representa a primeira versão do nosso sistema de horta vertical hidropônica com captação de energia solar. A ideia inicial incluía uma base giratória que permitiria a rotação da horta para otimizar a exposição solar ao longo do dia. Entretanto, ao longo do desenvolvimento do projeto, surgiram alguns obstáculos técnicos e de viabilidade que impediram a implementação prática desse recurso de rotação.

Mesmo assim, mantivemos a estrutura principal, que inclui:

1. **Bateria:** Armazena a energia captada pelos painéis solares.
2. **Motor da base giratória:** Previsto para permitir o movimento de rotação da horta (não implementado na versão final).
3. **Sistema de irrigação:** Responsável por levar a solução nutritiva até as plantas.
4. **Sistema de captação de energia solar (giratório):** Painéis solares que fornecem energia para o conjunto.
5. **Aquário:** Onde ficam os peixes, caso se deseje integrar aquaponia ao sistema.
6. **Bomba d'água:** Move a água entre o reservatório e as colunas da horta.
7. **Torneira:** Facilita a reposição de água e drenagem quando necessário.
8. **Válvula solenoide:** Controla automaticamente o fluxo de água.
9. **Sensor pH:** Monitora o nível de acidez da água (essencial para a saúde das plantas e dos peixes).
10. **Sensor de fluxo de água:** Garante que o fluxo esteja dentro do esperado, acionando alertas em caso de falhas.
11. **Caixa com Arduino:** Integra todos os sensores e componentes, processando dados e automatizando o sistema.

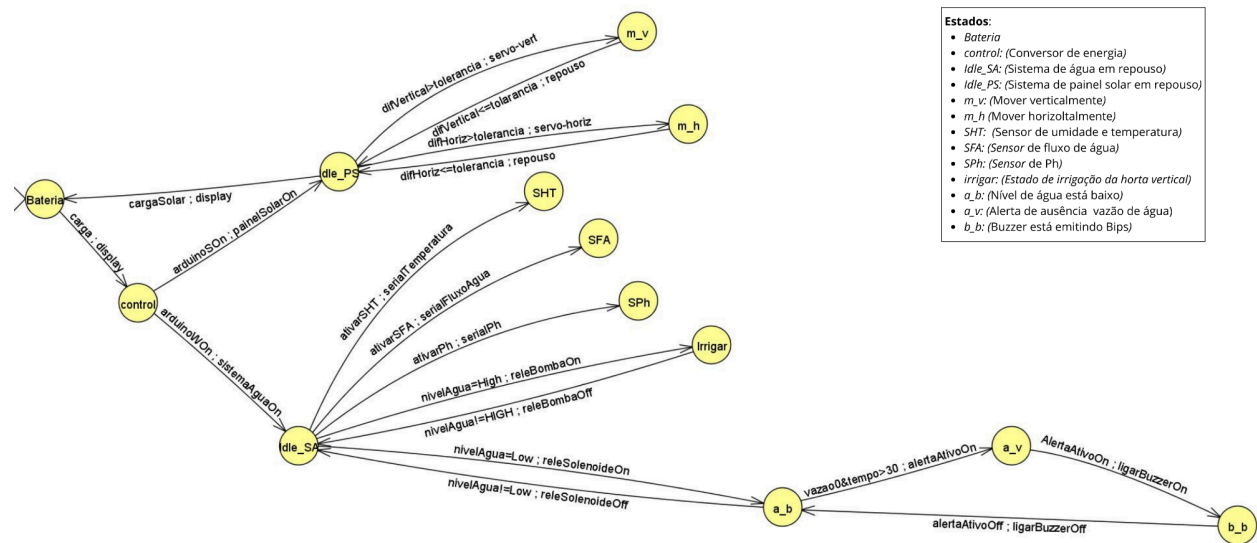


**Figura 06. Projeto implementado**

Com essa primeira versão, foi possível comprovar grande parte do conceito proposto, mesmo sem implementar o sistema giratório da horta. O projeto chegou ao fim, mas deixou claras várias oportunidades de melhoria, como a organização dos cabos e a integração de todos os sensores em um único dashboard mobile, entre outros ajustes que poderão tornar o sistema ainda mais eficiente e amigável em versões futuras.

## 6. Máquina de Mealy do sistema

A Figura 07 representa a Máquina de Mealy do sistema SMARTFISH, detalhando os estados e as transições relacionadas ao projeto.



**Figura 07. Máquina de Mealy do Sistema SMARTFISH**

A máquina de Mealy exibe transições baseadas em condições específicas que ativam ou desativam sensores, atuadores e alertas. Destacamos as principais:

- Transições a partir do Estado "control":
  - arduinoWOn : sistemaAguaOn – Ativa o sistema de circulação de água via Arduino.
  - arduinoSon : painelSolarOn – Ativa o sistema de coleta de energia solar.
- Transições a partir de "Idle\_SA":
  - ativaSHT : serialTemperatura – Liga o sensor de umidade e temperatura.
  - ativaSFA : serialFluxoAgua – Liga o sensor de fluxo de água.
  - ativaPh : serialPh – Liga o sensor de pH.
  - nivelAgua=High ; releBombaOn – Quando o nível de água está alto, a bomba de circulação é ligada.
  - nivelAgua!=HIGH ; releBombaOff – Quando o nível de água não está alto, a bomba é desligada.
  - nivelAgua=Low ; releSolenóideOn – Se o nível de água está baixo, a válvula solenóide é acionada.
  - nivelAgua!=Low ; releSolenóideOff – Se o nível de água não está baixo, a válvula é desativada.
- Transições a partir do Estado "Idle\_PS":
  - divVertical > tolerancia : servo-vert – Se a diferença vertical ultrapassar um limite (tolerância), o motor de ajuste vertical é acionado.
  - divVertical <= tolerancia : repouso – Se a diferença vertical for menor ou igual à tolerância, o sistema permanece em repouso.
  - difHoriz > tolerancia : servo-horiz – Se a diferença horizontal ultrapassar um limite, o motor horizontal é acionado.
  - difHoriz <= tolerancia : repouso – Se a diferença horizontal for menor ou igual à tolerância, o sistema permanece parado.
- Transições de Alerta (a\_b, a\_v, b\_b):

- vazao0 && tempo > 30 : alertaAtivoOn – Se não houver fluxo de água por mais de 30 segundos, um alerta é gerado.
- alertaAtivoOn : ligarBuzzerOn – Quando o alerta é ativado, o buzzer emite um som.
- alertaAtivoOff : ligarBuzzerOff – Quando o alerta é desativado, o buzzer para de emitir som.

## 6. Conclusão

O desenvolvimento do projeto SMARTFISH demonstrou a viabilidade técnica e prática de integrar tecnologias embarcadas em um sistema sustentável de cultivo hidropônico vertical aliado à piscicultura. A combinação de sensores, atuadores, microcontroladores e um sistema de rastreamento solar permitiu a automação de tarefas essenciais como irrigação, monitoramento de temperatura, umidade, fluxo e nível de água, além do controle do pH, fatores cruciais tanto para a saúde das plantas quanto dos peixes.

Embora a proposta inicial incluísse uma base giratória para a horta, cuja implementação foi inviabilizada por desafios técnicos, o projeto foi concluído com sucesso, mantendo sua essência de sustentabilidade, baixo custo e modularidade. A estrutura desenvolvida oferece margem para melhorias futuras, como a integração de painéis de controle via aplicativo móvel, maior organização de componentes físicos e uma expansão do sistema para outras culturas ou espécies aquáticas.

Em suma, o projeto não apenas atendeu aos objetivos propostos, como também se mostrou uma solução promissora para a agricultura e aquicultura domésticas na região amazônica, incentivando práticas tecnológicas sustentáveis e acessíveis.

## 7. Referências

1. Potencialidades - Estudo de Viabilidade Econômica SUFRAMA. Manaus. Vol. 8 - Piscicultura.
2. MELO, L. A. S.; CAMPELO, N. de S. R. Piscicultura: alternativa sustentável para o agronegócio da Amazônia. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003.
3. GONÇALVES, Thales Francisco et al. Piscicultura inteligente: a integração das Tecnologia 4.0 e “Business Intelligence” para gestão ágil na aquicultura. Revista de Gestão e Secretariado – GeSec, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil, v. 16, n. 1, p. 01-26, 2025.
4. K. Jaisimha Reddy; Gadha Sreekumar; Rajat Mishra; D. R. K. Saikanth. Chapter - 7: Future of Hydroponics in Sustainable Agriculture. (2023).
5. ASSIS, Kamila Cristina de Credo; PIANTONI, Jane; AZEVEDO, Rodrigo Ferraz. Tecnologias em agricultura inteligente: eficiência e sustentabilidade. Research, Society and Development, v. 13, n. 4, 2024. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i4.45072>.
6. STRAUB, Matheus Gebert. Sensor de pH Arduino: Como Calibrar e Configurar?. Usinainfo, 23 maio de 2022. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-ph-arduino-como-calibrar-e-configurar/>. Acesso em: 24/03/2025.
7. MakerHero. Disponível em: <https://www.makerhero.com/produto/modulo-sensor-de-temperatura-e-umidad>

e-dht11-para-esp8266-esp-01/?srsltid=AfmBOoooot4wz-2J8DEsn-eT2bw0kA3csawG22yX2fPGF45RWJWkzJiAR. Acesso em: 24/03/2025.

8. MakerHero. Disponível em:

[https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-fluxo-de-agua-12-yf-s201/?srsltid=AfmBOortI2zD\\_jAxkph6t0DerJazcknLaEGwHbTbEVRe1sUQ8Hq4MG\\_EiFgs](https://www.makerhero.com/produto/sensor-de-fluxo-de-agua-12-yf-s201/?srsltid=AfmBOortI2zD_jAxkph6t0DerJazcknLaEGwHbTbEVRe1sUQ8Hq4MG_EiFgs). Acesso em: 24/03/2025.