



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de um Sistema de
Monitoramento e controle da produção de
Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia**

Trabalho de Licenciatura

Onildo Duarte Sebastião Marraca

**Supervisor: Eng^o Ivone Cipriano
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

**Co-Supervisor: Eng^o Frederico Zile
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Outubro 2024



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento
e controle da produção de Peixe em Cativeiro**

Integrado à Hidroponia

Trabalho de Licenciatura

Onildo Duarte Sebastião Marraca

**Supervisor: Eng^o Ivone Cipriano
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

**Co-Supervisor: Eng^o Frederico Zile
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Outubro 2024

ONILDO DUARTE SEBASTIÃO MARRACA

Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica.

Supervisor: Eng^o Ivone Cipriano
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)
Co-Supervisor: Eng^o Frederico Zile
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)

Maputo, Outubro 2024

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Onildo Duarte Sebastião Marraca
entregou no dia ____/____/20 ____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de
Licenciatura com a referência: _____
intitulado: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de
Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

Maputo, _____ de _____ de 20_____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

*Eu, **Onildo Duarte Sebastião Marraca**, declaro por minha honra que o trabalho apresentado submetido como trabalho da disciplina de Trabalho de Licenciatura na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane é resultado das minhas investigações com base nos recursos que na base dos mesmos faço referência e que nunca foi objecto de avaliação em nenhuma instituição para obtenção de qualquer grau acadêmico.*



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA-RESUMO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Referência do tema: _____

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

Nome do autor: Onildo Duarte Sebastião Marraca

Supervisores: Engº Ivone Cipriano e Engº Frederico Zile e

RESUMO

Este trabalho tem como objectivo desenvolver um sistema de monitoramento e controle da produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia, de início procurou-se estudar o que é e como funciona esse processo de produção de peixe em cativeiro, isto é, que tecnologias são utilizados em sistemas de produção em cativeiro para controlar os factores críticos de produção, identificando os elementos do sistema e como é feita integração entre os sistemas. Como estamos a falar de criação de animais em cativeiro, é importante tomar em conta as condições o ambiente (habitat) e alimentação, para isso, a proposta do sistema consiste em criação de um protótipo que vai automatizar o processo de criação de peixe em cativeiro, inteligente e com recurso à IoT, com base com microcontrolador ESP32, com circuitos de sensores que colhem informações do meio(ambiente) aquático e bombas de água que interligam os subsistemas Piscicultura e hidropomia. Através de uma página web, o usuário consegue monitorar os valores medidos pelos sensores, também permitindo o acionamento das bombas consoante sua necessidade. Dados exibidos na página web, aso precisos e minimiza eventuais erros de pedição que podem ocorrer se for feita manualmente.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante Onildo Duarte Sebastião Marraca

Referência do tema _____ Data ___/___/___

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante Onildo Duarte Sebastião Marraca

Referência do tema _____ Data ___/___/____

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

Nome do estudante Onildo Duarte Sebastião Marraca

Referência do tema _____ Data ___/___/___

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)					
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)					
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)					
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)					
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)					
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)					
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)					
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)

Nota (=Total*20/35)

FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante Onildo Duarte Sebastião Marraca

Referência do tema _____ Data ___/___/___

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 * A + N2 * B) / 100$	
--	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DO TEMA DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

09/05/2024

1. TÍTULO DO TEMA

Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1. Definição do Problema

A pesca desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico de Moçambique, oferecendo oportunidades significativas para melhorar a segurança alimentar, promover o desenvolvimento rural e conservar o meio ambiente. No entanto, tanto a pesca enfrenta desafios que impactam sua sustentabilidade a longo prazo. A aquicultura emerge como uma solução promissora para enfrentar esses desafios. Essas práticas oferecem uma abordagem mais sustentável, reduzindo os impactos ambientais associados às técnicas convencionais como, poluição marinha, captura acidental (bycatch), pesca furtiva, sobrecaptura e esgotamento de estoques de peixes. Além disso sendo também bem importantes na contribuição na segurança alimentar, geração de empregos, contribuindo na economia interna e podendo também produtos produzidos nessas actividades ser exportados.

Segundo a FAO (2017) a produção de peixe em geral tem vindo a diminuir na última década no país, principalmente devido aos elevados custos dos factores de produção, às técnicas de produção precárias, aos serviços de extensão

limitados, ao fraco acesso ao mercado e à aplicação. Em 2019 Moçambique produziu 420.845 Toneladas, a qual não foi suficiente para cobrir as necessidades internas de consumo de pescado. Para cobrir o défice existente, o país tem recorrido à importação, tendo em 2019 sido importadas 77.769 toneladas de pescado, maioritariamente carapau (78%) (MIMAIP, 2019). Apesar do país possuir um enorme potencial para a aquacultura, o desenvolvimento desta actividade é ainda incipiente e praticada de forma dispersa e em regime de subsistência, pelas comunidades, com uma presença fraca de produtores comerciais.

Essa fraca adesão aos sistemas de produção aquacultural em Moçambique está fortemente ligada aos desafios enfrentados nas técnicas de produção, por exemplo no monitoramento e controle dos elementos essenciais para garantir uma produção eficaz e de qualidade.

Na aquacultura, por exemplo, o controle desses parâmetros é fundamental para garantir um ambiente propício ao crescimento saudável dos peixes. Variações nos níveis de pH podem afetar negativamente a saúde dos organismos aquáticos, enquanto níveis inadequados de oxigênio dissolvido podem levar à asfixia e mortalidade. Além disso, a temperatura da água desempenha um papel crucial no metabolismo dos peixes e no crescimento das plantas aquáticas, na piscicultura variações de temperatura podem causar stress nos peixes e com isso dificulta o crescimento deles, até causar doenças e posterior perdas na produção por mortalidade. Sem monitoramento adequado e controle desses fatores, os produtores enfrentam desafios na manutenção de condições ideais para o desenvolvimento dos animais aquáticos.

Geralmente são nessas actividades utilizados dispositivos manuais (medidores) para verificar os parâmetros de qualidade da água em actividades como aquicultura e hidroponia apresentam desvantagens significativas devido à sua dependência da intervenção humana direta. Esses métodos, que incluem kits de teste de qualidade da água, medidores portáteis e termômetros, embora forneçam informações importantes, são trabalhosos, demorados e propensos a erros. Além disso, a coleta limitada de amostras e a falta de monitoramento contínuo podem resultar em uma compreensão incompleta das condições ambientais em tempo real, dificultando a detecção precoce de problemas e a tomada de medidas cor-

retivas oportunas.

2.1. Relevância da pesquisa

Monitorar e controlar os parâmetros de qualidade da água em sistemas de produção de peixes em cativeiro é fundamental para garantir a saúde e o bem-estar dos peixes, o que influencia diretamente a produtividade. A qualidade da água impacta fatores como oxigenação, toxicidade e presença de nutrientes, essenciais para a sobrevivência e crescimento dos peixes. Por exemplo, níveis inadequados de oxigênio dissolvido podem causar estresse respiratório e mortalidade, enquanto um pH inadequado pode prejudicar a digestão e aumentar a toxicidade de compostos como a amônia.

Além disso, a manutenção de uma boa qualidade da água é vital para a sustentabilidade ambiental do sistema de produção. O controle rigoroso dos parâmetros de qualidade da água minimiza a liberação de poluentes e nutrientes excessivos nos corpos da água naturais, prevenindo a eutrofização e outros impactos ambientais negativos. Sistemas de monitoramento contínuo e controle automatizado ajudam a detectar e corrigir rapidamente qualquer problema, garantindo um ambiente estável e saudável para os peixes e reduzindo a necessidade de intervenções químicas ou medicinais. Dessa forma, a gestão adequada da qualidade da água promove tanto a sustentabilidade ambiental quanto a lucratividade e a eficiência da produção aquícola.

Segundo dados da FAO, Moçambique tem um enorme potencial para a aquicultura, mas este potencial é subutilizado devido a práticas tradicionais e ineficientes. Se mostrando ainda puramente artesanal e manual, isto é, verificação da qualidade da água, a limpeza dos tanques, alimentação, etc. sendo estes fatores importantes no desenvolvimento natural do peixe, colocando a qualidade do pescado em questão, podendo também obter perdas consideráveis na produção, e causando baixa produção, fazendo com que seja somente para olhado como meio subsistência ou comercialização local. Desenvolver um Sistema Integrado de Monitoramento e Controle da Produção de Peixes em Cativeiro integrado à Hidroponia é crucial para transformar o potencial subutilizado da aquicultura em Moçambique. Isso pode revolucionar práticas atualmente manuais e artesanais, oferecendo benefícios como melhor qualidade ambiental, redução

de riscos na produção e a possibilidade de reciclar eficientemente nutrientes através da aquaponia, utilizando dispositivos que possa fazer a medição contínua de parâmetros críticos na produção.

Quanto à integração da hidroponia na produção de peixes em cativeiro, os benefícios são igualmente significativos. A combinação de aquicultura e hidroponia em sistemas de aquaponia permite a reciclagem eficiente de nutrientes. Os resíduos dos peixes são utilizados como fertilizantes naturais para o cultivo de plantas hidropônicas, criando um ciclo fechado e simbiótico. Isso não apenas aumenta a eficiência dos recursos utilizados, mas também diversifica as fontes de renda dos aquicultores ao possibilitar a produção simultânea de alimentos de origem vegetal e animal. Esta abordagem integrada apresenta diversas vantagens, tais como:

- **Socialmente**, ao integrar práticas sustentáveis como a aquaponia, que combina a criação de peixes com o cultivo de plantas sem solo, pode-se aumentar a segurança alimentar local, proporcionar oportunidades de emprego em áreas rurais e reduzir a pressão sobre os recursos naturais.
- **Cientificamente**, este sistema representa um avanço na pesquisa e na aplicação de técnicas integradas de aquicultura e hidroponia. A combinação dessas duas disciplinas permite estudar os ciclos de nutrientes de forma mais eficiente, melhorar a eficiência do uso da água e dos nutrientes, e contribuir para o desenvolvimento de métodos mais sustentáveis de produção de alimentos.
- **Ao autor** incluem o desenvolvimento de expertise em um campo emergente e altamente relevante. Participar do desenvolvimento de um sistema integrado pode aumentar a visibilidade e reconhecimento dentro da comunidade científica e tecnológica, além de proporcionar oportunidades de colaboração com outros especialistas e instituições de pesquisa.
- **Tecnologicamente**, a implementação deste sistema requer avanços significativos em sensores automáticos, sistemas de monitoramento remoto e automação. A integração de tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e inteligência artificial para otimização dos processos de produção e controle

ambiental são fundamentais para garantir a eficiência e sustentabilidade do sistema integrado de aquaponia e hidroponia.

- **Eficiência na Produção:** A aplicação da IoT na aquicultura pode otimizar a produção de peixes, melhorando a eficiência dos processos. Isso inclui monitoramento em tempo real de parâmetros como temperatura da água, qualidade da água, níveis de oxigênio, alimentação dos peixes, entre outros. A precisão dessas medições contribui para um ambiente de criação ideal, aumentando a taxa de crescimento e reduzindo a mortalidade, isto é, com a coleta e análise de dados em tempo real, os piscicultores podem tomar decisões mais informadas. Isso pode incluir ajustes nas condições de criação, alterações na alimentação, ou até mesmo a antecipação de possíveis problemas;
- **Melhoria na produção de alimentos:** Um sistema de monitoramento e controle baseado em IoT pode otimizar a produção de peixes em cativeiro, resultando em uma produção mais eficiente e em maior disponibilidade de alimentos saudáveis para a sociedade;
- **Sustentabilidade Ambiental:** Ao monitorar constantemente a qualidade da água e outros fatores ambientais, o sistema pode contribuir para práticas mais sustentáveis na aquicultura. Isso reduz o risco de poluição e minimiza os impactos negativos sobre os ecossistemas aquáticos;
- **Contribuição para a Pesquisa Científica:** O desenvolvimento de um sistema IoT para monitoramento e controle na aquicultura gera dados valiosos que podem ser utilizados pela comunidade científica para estudos e pesquisas relacionadas ao comportamento dos peixes, impactos ambientais e melhorias nas práticas de aquicultura;
- **Geração de empregos e crescimento econômico:** O desenvolvimento e a implementação de sistemas de IoT na aquicultura podem criar novas oportunidades de emprego na área de tecnologia, bem como no setor de produção de peixes. Além disso, o crescimento da produção de peixes em cativeiro pode impulsionar a economia local.

2.2. Objectivos

2.2.1. Objectivos Gerais

- Desenvolver um sistema de monitoramento e controle da produção de peixe em cativeiro integrado a Hidropomia.

2.2.2. Objectivos Específicos

- A. Analisar o modelo actual de monitoramento e controle na produção de peixe em cativeiro;
- B. Identificar os parâmetros para monitorar e controlar num ambiente de produção de peixe em cativeiro;
- C. Identificar os componentes de um sistema de produção de peixe em cativeiro e de hidropomia;
- D. Dimensionar o sistema de monitoramento e controle de produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia.

2.3. Metodologia

Nesta secção é apresentada a classificação da pesquisa e a divisão das etapas de elaboração do trabalho. Cada uma das etapas compôs um método de estudo para elaboração da pesquisa.

2.3.1. Classificação da pesquisa

Quanto a natureza de pesquisa é uma **pesquisa aplicada**, pelo facto de buscar conhecimento para aplicações práticas e dirigida a uma solução de um problema. O método de pesquisa usado é o **qualitativo** que serve para obter dados descritivos que expressam os sentidos dos fenômenos. Quanto aos objectivos este trabalho é classificado como uma pesquisa **exploratória** devido ao facto de fazer um levantamento bibliográfico referente ao tema em questão. Tendo como base de pesquisa estudo de métodos de monitoramento e controle no processo de produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia.

2.3.2. Etapas do Projecto

Este trabalho seguiu as seguintes etapas de desenvolvimento, conforme apresentado a seguir:

- (a) Pesquisa bibliográfica;

- (b) Análise do Sistema Actual de Produção de Peixe em Cativeiro e Hidropo-
mia;
- (c) Modelagem do sistema proposto;
- (d) Desenvolvimento do Sistema;
- (e) Teste de proficiência do sistema desenvolvido.

2.3.3. Pesquisa bibliográfica A pesquisa bibliográfica foi a primeira etapa no desenvolvimento deste Projecto. Nesta etapa, foram feitas pesquisas sobre o tema do trabalho que baseou-se na leitura de livros, artigos publicados em pe-
riódicos e revistas e na internet e fóruns com assuntos correlacionados. O re-
ferencial teórico começa destacando a Aquicultura (Piscicultura), seus sistemas
e factores que influenciam o processo de produção. De seguida mostrar infor-
mações teóricas que dizem respeito os principais componentes do sistemas, da
proposta do tema do trabalho.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

--

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Engº Ivone Cipriano e Engº Frederico Zile	
Da Instituição		

5. DATAS CHAVE

Entrega do tema	09/05/2024	Previsão da conclusão	20/08/2023
-----------------	------------	-----------------------	------------

Maputo, _____ de _____ de 20_____

Chefe da Comissão Científica

Visto do chefe do departamento

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada

Nome: _____

Assinatura: _____

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

28/03/2024

1. AGENDA:

1. Definição do Tema 2. Delimitação do objecto de estudo

2. PRESENCAS:

Supervisor	Engº Ivone Cipriano
Co-Supervisor	
Estudante	Onildo Duarte Sebastião Marraca
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Apresentação de propostas de tema de projeto da parte da estudante, tais como:

- Desenvolvimento de um sistema de produção de peixe em cativeiro e vegetais com recurso à IoT
- Desenvolvimento de um sistema integrado de produção de peixe em cativeiro e vegetais usando à IoT

4. RECOMENDAÇÕES:

- Definir de forma clara a problemática de estudo e colocar referencia;
- Desenvolver a revisão de literatura de a cordo com os Objectivos específicos;
- Na revisão de licteratura escrever toda teoria relevante aos componentes que serão utilizados no sistema.

5. Observações

O tema não estava claro, foi necessário modifica-lo, tendo em conta que o sistema que se quer desenvolver é de automação IoT em Aquacultura integrada à Hidropomia.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

15/04/2024

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

15/05/2024

1. AGENDA:

1. Capitulo 1 do Relatório.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Engº Ivone Cipriano
Co-Supervisor	
Estudante	Onildo Duarte Sebastião Marraca
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

- Foram definidos os objectivos gerais e específicos do trabalho;
- Aprovada a problemática de estudo.

4. RECOMENDAÇÕES:

- Melhorar o primeiro parágrafo da problemática;
- Fazer a introdução do trabalho;
- Iniciar a pesquisa sobre a revisão literária tendo em conta os objectivos

5. Observações

O sistema por se aplicar a automação IoT é composto por dois subsistemas e ele se chama Aquapomia.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

03/06/2024

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

23/04/2024

1. AGENDA:

1. Escolha da tecnologia por utilizar.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	Engenheiro Frederico Zile
Estudante	Onildo Duarte Sebastião Marraca
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

O sistema por desenvolver consiste numa automação IoT, nesse encontro primeiro foi discutido como escolher os elementos essenciais do sistema, isto é, justificar a escolha desse componente e que necessidade vem responder o mesmo.

4. RECOMENDAÇÕES:

- Pesquisar sobre os diferentes componentes que compõem a Aquapomia e Hidropomia;
- Pesquisar sobre microcontroladores IoT que podem monitorar/controlar esses componentes com foque em Esp32 vs Raspberry pi pico w;
- Estudar o EasyEDA para design do circuito em PCB.

5. Observações

Necessidade de relatar os critérios que foram utilizados para a escolha do material e a necessidade de cada um.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

02/05/2024

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:		DATA:	10/05/2024
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

1. Escolha da tecnologia por utilizar (Continuação)

2. PRESENÇAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	Engenheiro Frederico Zile
Estudante	Onildo Duarte Sebastião Marraca
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foram apresentados os possíveis componentes do sistema, tais como:

- Sensores: de ph, Oxigénio dissolvido, de sólidos dissolvidos, temperatura e nível de água no tanque.
- Actuador: Arreador (renovador de oxigénio na água), aquecedor e bombas de água.
- Microcontrolador.

4. RECOMENDAÇÕES:

Para a conexão entre o microcontrolador e os actuadores, foi recomendado a utilização de relés no estado sólido.

5. Observações

O Sensor de oxigénio dissolvido acarreta custo muito elevado, assim tem que estudar uma forma de relacionar o oxigénio dissolvido com outros parâmetros medidos, como temperatura e ph.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

30/05/2024

EPÍGRAFE

"No mundo tereis aflições, mas tende bom ânimo. Eu venci o mundo".

João, 16:33

DEDICATÓRIA

Primeiramente, dedico este trabalho ao Senhor meu Deus, meus pais, Ernesto Sebastião Marraca e Dalva André Ngoma Marraca, comumente chamada de "tia Dalva", minha tia Lize Gilberto Banquim, aos meus irmãos, amigos, colegas e a todos que me educaram, apoiaram, influenciaram e estiveram presentes nos momentos cruciais. Também todos que deste trabalho se vão beneficiar.

AGRADECIMENTOS

De inicio agradeço à Deus pelo dom da vida, pela graça e misericórdia, razão pela qual não somos consumidos.

Meus pais por persistirem no investimento na minha educação e de meus irmãos com todo esforço possível e dedicação. Aos meus irmãos pelo companheirismo, apoio, força e por criar ambiente em casa que liberta aquela criança moçambicana feliz e resiliente dentro de nós com esperança que dias melhores virão.

Um muito obrigado especial e carinhoso à minha tia, Lize pelo apoio, ideias, força e conselhos construtivos, tornado-se uma pessoa muito especial no meu processo de formação e crescimento como ser social.

Agradeço a oportunidade oferecida pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane e a todos os professores e profissionais que contribuem de alguma forma para o ensino de qualidade oferecido pela instituição.

Agradecimento especial aos meus supervisores pela orientação no trabalho.

Por fim, agradeço aos meus colegas, amigos e familiares pelo apoio absoluto ao longo do curso e por permitirem que eu me dedicasse de forma exclusiva aos estudos.

RESUMO

Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

Este trabalho tem como objectivo desenvolver um sistema de monitoramento e controle da produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia, de início procurou-se estudar o que é e como funciona esse processo de produção de peixe em cativeiro, isto é, que tecnologias são utilizados em sistemas de produção em cativeiro para controlar os factores críticos de produção, identificando os elementos do sistema e como é feita integração entre os sistemas. Como estamos a falar de criação de animais em cativeiro, é importante tomar em conta as condições o ambiente (habitat) e alimentação, para isso, a proposta do sistema consiste em criação de um protótipo que vai automatizar o processo de criação de peixe em cativeiro, inteligente e com recurso à IoT, com base com microcontrolador ESP32, com circuitos de sensores que colhem informações do meio (ambiente) aquático e bombas de água que interligam os subsistemas Piscicultura e hidropomia. Através de uma página web, o usuário consegue monitorar os valores medidos pelos sensores, também permitindo o acionamento das bombas consoante sua necessidade.

Palavras Chaves: Aquicultura, IoT (internet das coisas), Hidroponia, Piscicultura.

ABSTRACT

Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia

This work aims to develop a system for monitoring and controlling fish farming integrated with hydroponics. Initially, the goal was to study what fish farming is and how this process works, that is, to understand which technologies are used in aquaculture systems to control critical production factors, identifying the elements of the system and how the integration between systems is done. Since we are talking about animal farming in captivity, it is important to take into account the environmental conditions (habitat) and feeding. For this, the proposed system consists of creating a prototype that will automate the fish farming process in an intelligent way, using IoT technology based on the ESP32 microcontroller, with sensor circuits that gather information from the aquatic environment and water pumps that interconnect the aquaculture and hydroponics subsystems. Through a web page, the user can monitor the values measured by the sensors and also activate the pumps as needed.

Keywords: *Aquaculture, IoT (Internet of Things), Hydroponics, pisciculture.*

Índice de Conteúdo

Índice	xxviii
Lista de Figuras	xxx
1 Introdução	1
1.1 Formulação do problema	2
1.2 Pergunta de pesquisa	3
1.3 Relevância	3
1.4 Objectivos	4
1.4.1 Objectivo(s) Geral(is):	4
1.4.2 Objectivos Específicos:	4
1.5 Metodologia	5
1.5.1 Classificação da pesquisa	5
1.5.2 Etapas do Projecto	5
1.5.3 Pesquisa bibliográfica	5
1.5.4 Estrutura do Trabalho	6
2 Revisão Teórica	7
2.1 Aquacultura e Hidropomia	7
2.2 Aquapomia	9
2.2.1 Inundação e drenagem	10
2.2.2 Adição de um tanque	10
2.2.3 Adição de uma segunda bomba	11
2.3 Parâmetros de qualidade de água	11
2.3.1 PH	12
2.3.2 Temperatura	12
2.3.3 Oxigénio Dissolvido	12

2.3.4	Solução Nutritiva (Condutividade eléctrica da água)	13
2.4	Medidor	13
2.4.1	Medidor de pH	14
2.4.2	Medidor de Oxigenio Dissolvido	15
2.4.3	Medidor de Condutibilidade Eléctrica	16
2.5	Bomba de Água	18
2.6	Aerador ou Oxigenador de água	19
2.7	Sensores	20
2.7.1	Sensores Analógicos:	20
2.7.2	Sensores Digitais:	21
2.7.3	Relés	28
2.7.4	Relé eletromecânico	28
2.7.5	Relés de estado sólido	29
2.8	Microcontroladores	31
2.9	IoT	35
2.9.1	Recursos de IoT	35
2.9.2	Protocolos	36
2.9.3	HTTP (Hypertext Transfer Protocol)	37
3	Desenho e Implementação do Protótipo	39
3.1	Solução	39
3.1.1	Descrição Funcional do sistema	40
3.1.2	Modo de Operação do sistema Aquapônico	41
3.2	Dimensionamento Circuito	42
3.2.1	Microcontrolador a utilizar no Projecto	42
3.2.2	Escolha de sensores para aquisição de dados sobre os parâmetros de qualidade da água	44
3.2.3	Dimensionamento do circuito que aciona os Actuadores (Bombas e Aerador)	46
3.3	Desenvolvimento do Software do Sistema	50
3.3.1	Programa do microcontrolador (Firmware)	51
3.3.2	Página web	52
3.4	Levantamento de custos	53

4	Testes e Resultados	56
4.1	Circuito Físico	56
4.2	Resposta dos Sensores	57
5	Considerações finais	61
5.1	Conclusão	61
5.2	Constrangimentos	62
5.3	Recomendações para trabalho futuro	62
	Referências Bibliográficas	64
	Anexos	68
1	Códigos	1
1.1	Firmware do Microcontrolador	1
1.2	Pagina Web	10
1.2.1	Index	10
1.2.2	Demo_00.php (Pagina Principal)	12
2	Circuito	15

Lista de Figuras

2.1	Exemplo de sistema hidropônico.	9
2.2	Esquema de inundação e drenagem.	10
2.3	Esquema sistema com tanque.	11
2.4	Esquema sistema com duas bombas.	11
2.5	Esquema medidor pH.	15
2.6	Medidor pH digital.	15
2.7	Medidor de OD digital.	16
2.8	Medidor EC Portátil.	17
2.9	Bomba de água Submersível.	19
2.10	Aerador.	20
2.11	Sensor Temperatura DS18B20.	22
2.12	Pinos do modulo sensor.	23
2.13	Sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura.	24
2.14	Leitura e conversao do sensor TDS.	25
2.15	Características do Módulo de TDS Arduino.	26
2.16	Sensor Nível de Água Lateral Magnético Boia Aquário 10W para Arduino.	28
2.17	Sensor Nível de Água Lateral Magnético Boia Dimensões.	28
2.18	Relé electromecânico.	29
2.19	Optocopladores.	30
2.20	MOC3XXX.	30
2.21	Para Carga Indutiva.	31
2.22	Para carga Resistiva.	31
2.23	Pinos esp32.	33
2.24	Raspberry Pi Pico Rev3.	33
2.25	comunicacao HTTP.	37

3.1	Diagrama do sistema.	40
3.2	Diagrama de circulação d'água.	40
3.3	Especificações do ESP-WROOM-32 (36 pinos)	43
3.4	Folha de dados do TRIAC BTA16-600B	49
3.5	Circuito SRC Proposto (Proteus Pro 8).	49
3.6	Arquitetura do Sistema.	50
3.7	Fluxograma do programa do microcontrolador.	52
3.8	Diagrama User.	53
4.1	Protótipo: (a)PCB 2D parte inferior, (b) PCB 2D parte Superior.	56
4.2	Balde com sensores.	58
4.3	Protótipo: (a) Gráfico de temperatura, (b) Gráfico pH.	59
4.4	Copo com sumo de Limão.	59
4.5	Resultado do valor pH obtido.	59
4.6	Copo com Água da Torneira.	59
4.7	Resultado do valor pH obtido.	59
4.8	Protótipo: (a) Salvando na base de dados, (b) Salvando na base de dados, valores do sensor TDS.	60
1.1	Estrutura Do Projecto.	10
1.2	Comunicação Com ESP	10
2.1	PCB Pronta	15
2.2	PCB Pronta parte inferior.	15
2.3	Esquema Eléctrico Do Circuito.	16
2.4	BTA16-600B.	17
2.5	MOC3021 P1.	18
2.6	MOC3021 P3.	19
2.7	MOC3021 P4.	20

Lista de Tabelas

2.1	Parâmetros e periodicidades para monitoramento da qualidade da água.	8
2.2	Especificações do Módulo TDS e Sonda	26
2.3	Descrição das Conexões do Módulo TDS	26
2.4	Especificações do Sensor de Nível	27
2.5	Comparação entre diferentes microcontroladores	34
2.6	Protocolos em cada camada	37
2.7	Métodos HTTP	38
2.8	Retornos Inesperados	38
3.1	Especificações.	44
3.2	Dados técnicos da BOMBA D'ÁGUA PERIFÉRICA FERRARI ACQUAPUMP – 1/2CV – 220V.	47
3.3	Aereado Modelo BRX 500.	48
3.4	Custo dos componentes do projeto para implementação.	54
3.5	Custo do circuito protótipo.	55
4.1	Conteúdo da tabela ds18b20.	57
4.2	Conteúdo da tabela ph.	57
4.3	Conteúdo da tabela solidos_dissolvidos	60

Lista de Acrónimos

ADC conversor analógico-digital - *Analog-to-Digital Converter*

CSS Folhas de Estilo em Cascata - *Cascading Style Sheets*

FAO Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. - *Food and Agriculture Organization*

HTML Linguagem de Marcação de HiperTexto - *HyperText Markup Language*

HTTP Protocolo de Transferência de HiperTexto - *HyperText Transfer Protocol*

I2C *Inter-Integrated Circuit*

IEEE *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

IoT *Internet das coisas - Internet of Things*

MMAIP Ministério do Mar, Águas Interiores e Pesca

OD Oxigênio dissolvido - *Dissolved oxygen*

PHP Pré-processo de hipertexto - *Hypertext Preprocessor*

SMTP Protocolo de Transferência de Correio Simples - *Simple Mail Transfer Protocol*

SPI *Serial Peripheral Interface*

SSD unidade em estado sólido - *Solid State Drive*

TCP Protocolo de Controle da Transmissão - *Transmission Control Protocol*

UART Transmissor/Receptor Assíncrono Universal - *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*

WLAN *Wireless Local Area Network*

Capítulo 1

Introdução

A necessidade de aumentar a eficiência e sustentabilidade na produção de alimentos tem impulsionado a busca por soluções inovadoras que integrem diversas tecnologias e práticas agrícolas. Em Moçambique, a produção de peixe em cativeiro, também conhecida como aquacultura, apresenta um grande potencial, tanto para a segurança alimentar quanto para o desenvolvimento econômico local. No entanto, essa actividade enfrenta desafios significativos, como a gestão eficiente dos recursos hídricos e o controle de qualidade da água, essenciais para a saúde dos peixes.

O controle inadequado de parâmetros críticos de produção como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e níveis de amônia na água, resultando em condições subótimas para o crescimento dos peixes. Isso pode levar a altas taxas de mortalidade, crescimento irregular e baixa produtividade. Além disso, a falta de monitoramento contínuo aumenta o risco de surtos de doenças e a ineficiência no uso de recursos como água e alimentos, elevando os custos operacionais e impactando negativamente a sustentabilidade econômica e ambiental da produção.

Com a explosão de tecnologias emergentes como a **IoT**, isto é, uma tecnologia que permite que objetos comuns, como eletrodomésticos, sensores e dispositivos, se conectem à internet e "conversem" entre si, podendo coletar e compartilhar dados em tempo real, automatizando tarefas e melhorando a eficiência.

A integração da aquacultura com sistemas hidropônicos, utilizando a Internet das Coisas (**IoT**), surge como uma solução promissora para otimizar a produção e reduzir desperdícios.

1.1 Formulação do problema

A aquicultura em Moçambique, apesar de ter iniciado com o cultivo de espécies dulciaquícolas no final da década de 1990, ainda é uma atividade em desenvolvimento. Nos últimos anos, o cultivo de espécies marinhas surgiu como um exemplo recente do progresso na produção de organismos em cativeiro. Embora o governo esteja empenhado em estimular essa atividade, a aquicultura enfrenta diversos desafios significativos, incluindo **infraestrutura limitada, dificuldades no acesso a insumos, falta de conhecimento técnico, controle de doenças, questões de sustentabilidade ambiental, mudanças climáticas e concorrência com a pesca tradicional.**

De acordo com a **FAO** (2017), a produção de peixe em Moçambique tem diminuído na última década, principalmente devido aos altos custos dos fatores de produção, técnicas de produção precárias, serviços de extensão limitados, e fraco acesso ao mercado. Esta baixa adesão aos sistemas de produção aquacultural no país está fortemente ligada aos desafios enfrentados nas **técnicas de produção**. Entre esses desafios, destaca-se a dificuldade no monitoramento e controle dos parâmetros essenciais para garantir uma produção eficaz e de qualidade.

Atualmente, as atividades de aquicultura e hidroponia frequentemente utilizam **dispositivos manuais** para verificar os parâmetros de qualidade da água. Estes dispositivos incluem kits de teste de água, medidores portáteis e termômetros. No entanto, esses métodos apresentam desvantagens significativas devido à sua dependência da intervenção humana direta. São geralmente **trabalhosos, demorados e propensos a erros**. A **coleta limitada de amostras** e a **falta de monitoramento contínuo** resultam em uma compreensão incompleta das condições ambientais em tempo real, dificultando a detecção precoce de problemas e a tomada de medidas corretivas oportunas.

Além disso, o monitoramento e controle inadequados de parâmetros essenciais, como pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água, levam a condições subótimas para o crescimento saudável dos peixes. Variações nestes parâmetros podem causar estresse, doenças e até mesmo a mortalidade dos peixes.

Portanto, a implementação de tecnologias mais avançadas e a melhoria dos métodos de monitoramento são cruciais para enfrentar esses desafios e promover o desenvolvimento sustentável da aquicultura em Moçambique.

1.2 Pergunta de pesquisa

Que mecanismos podem ser utilizados para monitorar e controlar o processo de produção de peixes em cativeiro?

1.3 Relevância

Segundo dados da **FAO**, Moçambique tem um enorme potencial para a aquicultura, mas este potencial é subutilizado devido a práticas tradicionais e ineficientes. Se mostrando ainda puramente artesanal e manual, isto é, verificação da qualidade da água, a limpeza dos tanques, alimentação, etc.

Desenvolver um Sistema Integrado de Monitoramento e Controle da Produção de Peixes em Cativeiro integrado à Hidroponia com recurso à **IOT**, é crucial para transformar o potencial subutilizado da aquicultura em Moçambique. Isso pode revolucionar práticas atualmente manuais e artesanais, oferecendo benefícios como melhor qualidade ambiental, redução de riscos na produção e a possibilidade de reciclar eficientemente nutrientes através da aquaponia, utilizando dispositivos que possa fazer a medição contínua de parâmetros críticos na produção.

Quanto à integração da hidroponia na produção de peixes em cativeiro, os benefícios são igualmente significativos, permitindo a reciclagem eficiente de nutrientes. Onde resíduos dos peixes são utilizados como fertilizantes naturais para o cultivo de plantas hidropônicas, criando um ciclo fechado e simbiótico, aumentando assim a eficiência dos recursos utilizados, mas também diversifica as fontes de renda dos aquicultores ao possibilitar a produção simultânea de alimentos de origem vegetal e animal. Esta abordagem integrada apresenta diversas vantagens, tais como:

- **Socialmente**, ao integrar práticas sustentáveis como a aquaponia, que combina a criação de peixes com o cultivo de plantas sem solo, pode-se aumentar a segurança alimentar local, proporcionar oportunidades de emprego em áreas rurais e reduzir a pressão sobre os recursos naturais.
- **Cientificamente**, este sistema representa um avanço na pesquisa e na aplicação de técnicas integradas de aquicultura e hidroponia. A combinação dessas duas disciplinas permite estudar os ciclos de nutrientes de forma mais eficiente, melhorar a eficiência do uso da água e dos nutrientes, e contribuir para o desenvolvimento

de métodos mais sustentáveis de produção de alimentos.

- **Ao autor** incluem o desenvolvimento de expertise em um campo emergente e altamente relevante. Participar do desenvolvimento de um sistema integrado pode aumentar a visibilidade e reconhecimento dentro da comunidade científica e tecnológica, além de proporcionar oportunidades de colaboração com outros especialistas e instituições de pesquisa.
- **Tecnologicamente**, a implementação deste sistema requer avanços significativos em sensores automáticos, sistemas de monitoramento remoto e automação. A integração de tecnologias como **IoT** (Internet das Coisas) e inteligência artificial para otimização dos processos de produção e controle ambiental são fundamentais para garantir a eficiência e sustentabilidade do sistema integrado de aquaponia e hidroponia.

1.4 Objectivos

1.4.1 Objectivo(s) Geral(is):

- Desenvolver um sistema de monitoramento e controle da produção de peixe em cativeiro integrado a Hidropomia.

1.4.2 Objectivos Específicos:

- Analisar o modelo actual de monitoramento e controle na produção de peixe em cativeiro;
- Identificar os parâmetros para monitorar e controlar num ambiente de produção de peixe em cativeiro;
- Identificar os componentes de um sistema de produção de peixe em cativeiro e de hidropomia;
- Dimensionar o protótipo do sistema de monitoramento e controle de produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia.

1.5 Metodologia

Nesta secção é apresentada a classificação da pesquisa e a divisão das etapas de elaboração do trabalho. Cada uma das etapas compõe um método de estudo para elaboração da pesquisa.

1.5.1 Classificação da pesquisa

Quanto a natureza de pesquisa é uma **pesquisa aplicada**, pelo facto de buscar conhecimento para aplicações práticas e dirigida a uma solução de um problema. O método de pesquisa usado é o **qualitativo** que serve para obter dados descritivos que expressam os sentidos dos fenômenos. Quanto aos objetivos este trabalho é classificado como uma pesquisa **exploratória** devido ao fato de fazer um levantamento bibliográfico referente ao tema em questão. Tendo como base de pesquisa estudo de métodos de monitoramento e controle no processo de produção de peixe em cativeiro integrado à Hidropomia.

1.5.2 Etapas do Projecto

Este trabalho seguiu as seguintes etapas de desenvolvimento, conforme apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica;
2. Análise do Sistema Actual de Produção de Peixe em Cativeiro e Hidropomia;
3. Modelagem do sistema proposto;
4. Desenvolvimento do Sistema;
5. Teste de proficiência do protótipo sistema desenvolvido.

1.5.3 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi a primeira etapa no desenvolvimento deste Projeto, onde foram feitas pesquisas sobre o tema do trabalho que baseou-se na leitura de livros, artigos publicados em periódicos e revistas e na internet e fóruns com assuntos correlacionados. O referencial teórico começa destacando a Aquicultura (Piscicultura) e Hidropomia, seus

sistemas e factores que influenciam o processo de produção. De seguida mostrar informações teóricas que dizem respeito os principais componentes do sistemas, da proposta do tema do trabalho.

1.5.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é apresentado em 5 capítulos cuja descrição é apresentada a seguir.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo consiste na apresentação do trabalho em linhas gerais, os objectivos que se pretende alcançar, a definição do problema, a relevância do trabalho, a metodologia a ser usada para o alcance dos mesmos e a estrutura geral do trabalho.

CAPÍTULO 2 - Revisão Teórica

Este capítulo consiste na apresentação das principais teorias em volta do assunto abordado no trabalho e faz-se a descrição dos dispositivos e componentes a serem usados para a concepção e implementação do sistema. Portanto este capítulo responde ao segundo objectivo específico do trabalho.

CAPÍTULO 3 – Desenho e Implementação do Protótipo

Neste capítulo são levantados todos os requisitos funcionais e especificações técnicas do projecto, faz-se a representação esquemática do sistema por meio de diagrama de blocos e fluxograma, e faz-se a avaliação econômica.

CAPÍTULO 4 – Testes e Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos com os testes realizados utilizando o protótipo desenvolvido. Esses testes foram feitos de modo a verificar a comunicação dos dispositivo, isto é, primeiramente microcontrolador com os sensores e actuadores de seguida a comunicação entre o microcontrolador com o servidor (base de dados).

CAPÍTULO 5 - Considerações finais

Nesta última fase são dadas as conclusões e recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos relacionados ao tema.

Capítulo 2

Revisão Teórica

2.1 Aquicultura e Hidropomia

Segundo Sacconi (2011), do latim aqua + cultura, a **aquicultura** se resume no cultivo de seres vivos em ambientes aquáticos. Nesta perspectiva, tratamento de rios, tanques, lagos, entre outros, para a criação de animais como peixes, mariscos, etc. ou plantas aquáticas estão diretamente ligados à aquicultura.

Aquicultura pode ser: algicultura (cultivo de algas), malacocultura (cultivo de molusco), piscicultura (cultivo de peixe), carcinicultura (cultivo de camarão), Ranicultura (cultivo de rã), etc.

Para uma produção aquícola, como a produção de peixe em cativeiro, de maneira sustentável, traduz manuseio técnico correcto de parâmetros que influenciam na produção. Deve-se preservar a água, a terra, ser economicamente viável e socialmente responsável (CYRINO et al.2010). Assim, a criação de animais aquáticos deve ter como um dos principais objetivos a manutenção da água, ela será a fonte de oxigênio, elemento fundamental para reações e processos fisiológicos dos peixes.

Aferir os principais parâmetros para uma água com características saudáveis é fundamental para se produzir peixes com qualidade (OSTRENSKY; BOEGER, 1998). Verifica-se que o piscicultor, por meio de um processo manual, utiliza instrumentos de análise para medir os principais parâmetros de qualidade da água. Aqui alguns parâmetros que influenciam no crescimento dos peixes:

Tabela 2.1: Parâmetros e periodicidades para monitoramento da qualidade da água.

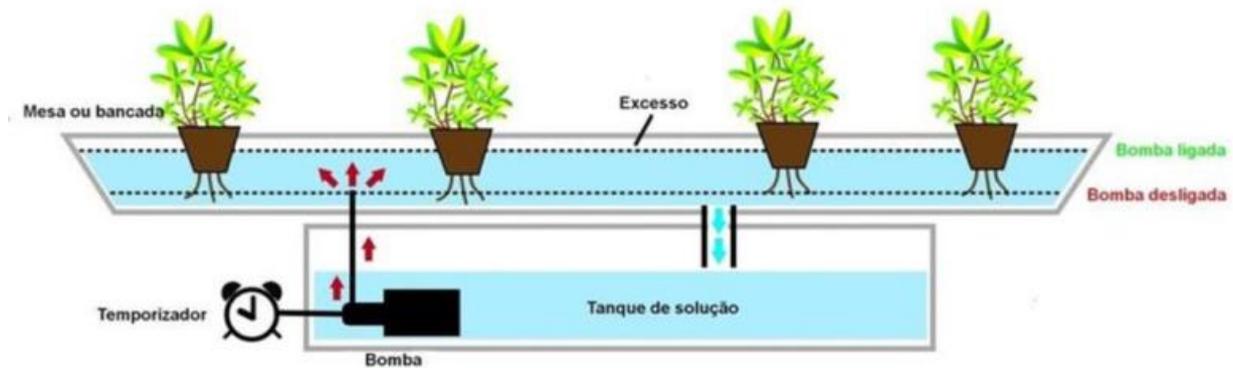
Parâmetro	Medida ideal	Periodicidade ideal	Período mais crítico do dia
Temperatura da água (Celsius)	Fator depende da espécie de peixe. Tilápias de 18° e 30°	Duas vezes ao dia	Final da madrugada e meio da tarde
Oxigênio dissolvido (Valor mínimo)	Fator depende da espécie de peixe. Tilápias 0,8 mg/l	Duas vezes ao dia	Final da madrugada e final da tarde
pH (Escala de pH)	6 a 8	Uma vez ao dia	Final da madrugada e final da tarde

Fonte: PISCICULTURA: Fundamentos e técnicas de manejo (1998)

Segundo CYRINO et al. (2010), peixes são animais com características pecilotérmicas que, diferentemente dos animais terrestres, possuem maior dependência e são mais afetados pelo ambiente externo. Assim sendo a qualidade da água está totalmente relacionada ao crescimento saudável dos peixes. Para que seja possível fazer com que a produção seja de qualidade é necessário deixar esses parâmetros constantes, pois eles influenciam no comportamento dos peixes, saúde e metabolismo.

Santos (2000), Hidropomia é um conceito de produção agrícola sem o uso do solo, através de soluções que provém os nutrientes necessários para o sustento e o desenvolvimento das plantas. Esse sistema as raízes das plantas ficam submersas numa água rica em sais minerais em intervalos de tempo bem definidos para poder absorver os nutrientes da água. Para isso existe um reservatório que armazena a água com esses nutrientes, em que é geralmente chamada de solução nutritiva, através de uma bomba de água, é circulada até o recipiente de crescimento das plantas, onde os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas e a água não utilizada volta para o recipiente.

Figura 2.1: Exemplo de sistema hidropônico.



Fonte: TESTEZLAF.

2.2 Aquapomia

A aquaponia é uma modalidade de cultivo de alimentos que envolve a integração entre a aquacultura (produção de organismos aquáticos) e a hidroponia (produção de plantas sem solo) em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Devido às suas características de sustentabilidade a Aquapomia apresenta-se como uma verdadeira alternativa para a produção de alimentos de forma menos impactante para o meio ambiente (Diver, 2006).

A Aquapomia funciona em sistema fechado, onde existe uma íntima inter-relação entre os resíduos dos peixes e os vegetais. Segundo Rackoy et al. (2006), a aquaponia sendo uma modalidade de cultivo integrado oferece uma série de benefícios, onde uma cultura secundária aproveita os subprodutos de uma cultura primária para o seu benefício e em benefício do meio.

A água necessária para esse tipo de sistema é extremamente baixa se confrontado com sistemas comuns, como a produção de plantas em solo e a criação de peixes em tanques escavados (CARNEIRO et al., 2015; DIVER, 2006).

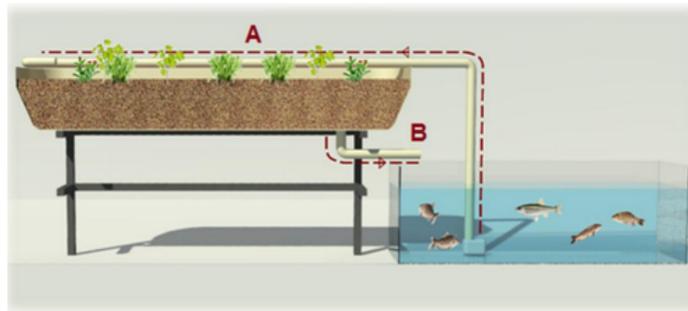
O que acontece nesse sistema é que a água do reservatório da hidropomia é uma solução nutritiva vinda do cativeiro dos peixes, passando dos pelas raízes das plantas de acordo com os processos de nutrição das plantas essa água estará pronta para voltar para o tanque dos peixes, como se as plantas tivessem purificado essa água e assim vira um ciclo saudável para as plantas e peixes.

Existem três formas de fazer essa conexão entre a hidropomia e aquacultura, ou seja, três formas de praticar uma produção Aquapônica:

2.2.1 Inundação e drenagem

Esse é o mais simples de entender e montar, particularmente em sistemas de 1:1 volume de água das camas de crescimento / volume da água tanque dos peixes, incluindo os sistemas com pequenos aquários.

Figura 2.2: Esquema de inundação e drenagem.



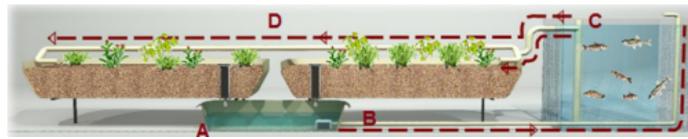
Fonte: CANASTRA, Inês (2017).

Aqui temos uma bomba de água submersa no tanque dos peixes, que puxa água do tanque dos peixes para os canos onde estão as raízes da plantas e a saída da água do sistema hidropônico é canalizado directamente para o tanque dos peixes.

2.2.2 Adição de um tanque

Em sistemas com tanque, pela ação da força de gravidade a água das camas de crescimento drenam para a tanque, onde está instalada uma bomba que leva a água para o tanque dos peixes (B). O nível de água no tanque dos peixes é constante, isto acontece devido ao tubo de drenagem (C) que leva a água novamente até às camas de crescimento.

Figura 2.3: Esquema sistema com tanque.

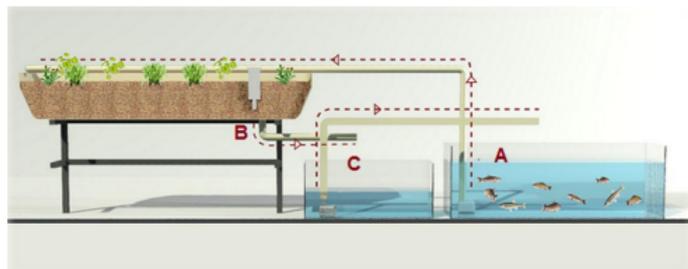


Fonte: Fonte:CANASTRA, Inês (2017).

2.2.3 Adição de uma segunda bomba

A adição de uma segunda bomba permite resolver uma das desvantagens do sistema anterior, isto é o tanque dos peixes já não precisa de estar mais elevado que as camas de crescimento, uma vez que ao adicionar-se uma segunda bomba no tanque, a água passa a ser bombeada e não recorre a força de gravidade.

Figura 2.4: Esquema sistema com duas bombas.



Fonte: Fonte:CANASTRA, Inês (2017).

Desta forma a bomba no tanque dos peixes está constantemente a bombear água diretamente nas camas de crescimento (A). O auto sifões das camas de crescimento drenam a água para a tanque (B). Por fim a água do tanque é bombeada para o tanque dos peixes (C). A utilização de duas bombas permite a utilização de aquários de maiores dimensões e permite a colocação do aquário no local que for mais conveniente. Por outro lado duas bombas representam mais custos energéticos.

2.3 Parâmetros de qualidade de água

Parâmetros de qualidade da água são medidas **físicas**, **químicas** e biológicas essenciais para manter ambientes aquáticos saudáveis em aquicultura e hidroponia. Em sistemas de

aquicultura, incluem-se **pH, temperatura, oxigênio dissolvido**, amônia, nitrito e nitrato, pois afetam diretamente o crescimento e a saúde dos organismos aquáticos. Em hidroponia, os parâmetros frequentemente monitorados incluem pH, **condutividade elétrica (EC), concentração de nutrientes essenciais** (como nitrogênio, fósforo, potássio), além de temperatura e oxigênio dissolvido, garantindo condições ideais para o crescimento das plantas sem solo. O controle rigoroso desses parâmetros é crucial para maximizar a produção e minimizar problemas ambientais e de saúde dos organismos cultivados.

2.3.1 PH

É uma medida que indica o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. Ele é expresso em uma escala arbitrária que varia de 0 a 14, sendo considerado o meio ácido em pH menor que 7,0, básico ou alcalino se superior a 7,0 e neutro se igual a 7,0. Os peixes vivem, geralmente, em pH na faixa de 5,0 a 9,5, mas o melhor para a piscicultura tropical é pH na faixa de 7,0 a 8,0 (ou seja, neutro ou ligeiramente alcalino).

2.3.2 Temperatura

O conforto da vida dos seres vivos depende de muitos factores térmicos, uma das grandezas que caracteriza esses fenômenos é a temperatura. Entretanto, ela é a medida de agitação das moléculas. Afectando no desenvolvimento e a vida dos peixes, porque boa parte das actividades fisiologicas (respiração, digestão, reprodução, excreção, alimentação, movimentação, defesa imunológica, etc.) estão ligadas à temperatura da água. Existem temperaturas ideais para reprodução, crescimento, conversão alimentar, resistência a doenças e manejo para cada espécie ou grupo de peixes. Há também limites superiores e inferiores de tolerância térmica. Para a maioria das espécies de peixes tropicais, a faixa térmica ideal é de 24 a 30 °C.

2.3.3 Oxigênio Dissolvido

Na respiração dos organismos aquáticos, estes consomem o oxigênio, durante o dia as plantas e algas realizam a fotossíntese e assim a água fica rica de oxigênio dissolvido. Durante a noite, quando não há energia luminosa, esses vegetais param a fotossíntese e realizam a respiração, a qual consome oxigênio do ambiente. O nível ideal de OD depende da espécie de peixe cultivada, do sistema de cultivo, da eminência ou não de

manejo, etc. De acordo com Ceccarelli (2000), o nível de OD abaixo de 3,0 mgO₂/L é considerado baixo e acima de 6,0 é o suficiente mas também depende do horário de medição se for entre 06:00 e 08:00 horas da manhã acima de 3,0 mgO₂/L está adequado. Em geral, concentrações de OD acima de 5 mg/L são adequadas à produção de peixes tropicais. Os níveis abaixo de 5 mg/L podem levar à redução no consumo de alimento e no crescimento dos peixes. Exposição contínua a níveis menores que 3 mg/L podem resultar em “stress”, reduzindo o consumo de alimento e a resistência, aumentando a incidência de doenças e, conseqüentemente, a taxa de mortalidade.

2.3.4 Solução Nutritiva (Condutividade eléctrica da água)

Em cultivo sem o uso do solo, a qualidade da água é fundamental, sendo decisiva para o sucesso ou o fracasso da atividade. O produtor deve conhecer as suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas e verificar se há algum fator que pode vir a limitar o cultivo de plantas como pH, alcalinidade, sais solúveis, cálcio, magnésio, boro, flúor, cloreto, sulfatos, sódio, bicarbonato, ferro, bactérias heterotróficas, coliformes fecais, *Escherichia coli*, e materiais sólidos orgânicos e inorgânicos.

Quando a água contém teores de um ou mais nutrientes em quantidades não desprezíveis, as concentrações deles devem ser levadas em consideração para a elaboração da solução nutritiva. Recomenda-se considerar o teor de um macronutriente e de micronutriente quando o seu valor na água representar no mínimo 25% e 50%, respectivamente, do teor a ser empregado para compor a solução.

A condutividade eléctrica (CE) da água deve ser menor que 0,5 mS cm⁻¹, com uma concentração total de sais inferior a 350 ppm (CASTELLANE; ARAÚJO, 1995). Valores elevados de CE da água dificultarão a formulação de uma solução nutritiva, pois seu valor poderá exceder o ideal para a cultura quando os fertilizantes forem adicionados.

2.4 Medidor

Um medidor é um dispositivo especializado no monitoramento e quantificação de **grandezas físicas específicas**. Existem diversos tipos de medidores, cada um projetado para a medição precisa de variáveis como temperatura, pressão, corrente eléctrica, entre outras. Esses instrumentos desempenham um papel crucial em várias áreas, incluindo processos industriais e aplicações cotidianas, permitindo o controle e a supervisão rigorosos de

parâmetros críticos para garantir a eficiência e a segurança dos sistemas monitorados.

Em geral, um medidor é composto por sensores, circuitos eletrônicos e um display para mostrar os resultados da medição. Os sensores são responsáveis por captar a grandeza a ser medida, enquanto os circuitos eletrônicos processam os dados e os exibem de forma clara e precisa no display. O usuário pode então interpretar os resultados da medição e tomar as ações necessárias com base nas informações fornecidas pelo medidor.

Os medidores podem ser classificados em dos tipos principais: os **digitais** e os **analógicos**. Os medidores digitais utilizam circuitos eletrônicos para processar os dados e exibir os resultados de forma numérica, enquanto os medidores analógicos utilizam ponteiros ou escalas para indicar as medições. Os medidores digitais são mais precisos e fáceis de ler, enquanto os medidores analógicos são mais intuitivos e de fácil interpretação.

2.4.1 Medidor de pH

Um medidor de pH, também conhecido como pH-metro, é um instrumento de precisão utilizado para medir a alcalinidade ou acidez de uma solução, essencial em áreas como química, biologia, agricultura, tratamento de água, e em diversas indústrias que requerem controle rigoroso do pH. O método de medição de pH feito por esse instrumento é o eletroquímico: em que eletrodos especiais sensíveis ao pH inseridos em uma solução aquosa geram uma voltagem dependente do valor de pH dessa solução. Obedecendo a Equação de **Nernst**:

$$V = \frac{RT}{nF} \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (2.1)$$

Onde,

V = Tensão produzida através da membrana devido à troca iônica (volts)

R = Constante universal de gás (8,315 J/mol·K)

T = Temperatura absoluta (Kelvin)

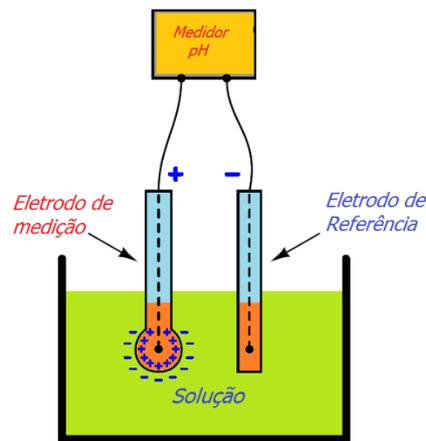
n = Número de elétrons transferidos por íon trocado (sem unidade)

F = Constante de Faraday (96485 C/mol e⁻)

C_1 = Concentração de íons na solução medida (moles por litro de solução, M)

C_2 = Concentração de íons na solução de referência (moles por litro de solução, M)

Figura 2.5: Esquema medidor pH.



Fonte: Maurício Cordeiro(2021).

Ele é formado por um eletrodo (sensor) de vidro sensível ao pH, que inclui um bulbo de vidro permeável a íons de hidrogênio e uma solução interna de referência, geralmente de cloreto de potássio (KCl) saturada, que mantém um potencial constante. Este eletrodo é conectado a uma unidade de leitura eletrônica que amplifica e processa o sinal elétrico gerado, convertendo-o em uma leitura de pH (0 a 14) exibida em um display digital.

Figura 2.6: Medidor pH digital.



Fonte: ofaambiental.

2.4.2 Medidor de Oxigênio Dissolvido

Um medidor de oxigênio dissolvido na água é um instrumento utilizado para medir a quantidade de oxigênio presente na água em sua forma dissolvida. Esta medição é crucial para

avaliar a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos, além de ser utilizada em aplicações industriais e ambientais.

O oxigênio dissolvido depende do tipo de tecnologia utilizada. Geralmente, o aparelho utiliza uma sonda sensora inserida na água para captar os níveis de oxigênio dissolvido. Esses dados são exibidos no visor do aparelho, permitindo uma análise precisa do ambiente aquático.

Sendo constituídos por diferentes tipos de sensores, incluindo eletroquímicos, ópticos ou galvânicos. Os medidores eletroquímicos funcionam com base em uma reação eletroquímica, onde o oxigênio dissolvido reage quimicamente ao entrar em contato com um eletrodo sensível, produzindo uma corrente elétrica proporcional à quantidade de oxigênio. Os medidores ópticos utilizam sensores ópticos para medir o nível de oxigênio dissolvido por meio de fluorescência ou absorção de luz. Eles são altamente precisos e rápidos, não necessitando de reagentes adicionais. Já os medidores galvânicos usam uma célula galvânica que gera uma tensão proporcional à concentração de oxigênio na água, sendo adequados para ambientes agressivos ou de alta pressão.

Figura 2.7: Medidor de OD digital.



Fonte: ALTAMAR (2021).

2.4.3 Medidor de Condutibilidade Eléctrica

Um medidor de condutividade para água é um instrumento utilizado para medir a capacidade da água de conduzir corrente elétrica. A condutividade elétrica da água está diretamente relacionada à presença de íons dissolvidos, como sais, ácidos e bases, que

facilitam a passagem de corrente elétrica. Este tipo de medição é essencial para avaliar a pureza da água, a qualidade ambiental e o desempenho de processos industriais.

O medidor de condutividade baseia-se na aplicação de uma tensão elétrica entre dois eletrodos imersos na água. A corrente elétrica resultante é medida e utilizada para calcular a condutividade, que é expressa em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou mili-siemens por centímetro (mS/cm). A condutividade é proporcional à concentração de íons presentes na água; quanto maior a concentração de íons, maior será a condutividade.

Geralmente são compostos por eletrodos, uma célula de medição, um circuito eletrônico e um display. Os eletrodos são tipicamente feitos de materiais como platina ou aço inoxidável, que são resistentes à corrosão e possuem boa condução elétrica. A célula de medição é onde os eletrodos estão posicionados e imersos na amostra de água. O circuito eletrônico é responsável por aplicar a tensão aos eletrodos, medir a corrente resultante e calcular a condutividade. O display mostra os resultados da medição em tempo real.

Existem diferentes tipos, cada um adequado para aplicações específicas, tais:

- **De Bancada** são projetados para uso em laboratório, oferecendo alta precisão e funcionalidades adicionais, como compensação automática de temperatura.
- **Portáteis** são compactos e fáceis de usar em campo, ideais para medições rápidas e frequentes em diferentes locais.
- **Em Linha** são integrados em sistemas de monitoramento contínuo e são utilizados em processos industriais onde é necessário monitoramento constante da qualidade da água, como em sistemas de tratamento de água e caldeiras.

Figura 2.8: Medidor EC Portátil.



Fonte: HIDROSENSE (2021).

2.5 Bomba de Água

São Máquinas Hidráulicas Operatrizes, isto é, máquinas que recebem energia potencial (força motriz de um motor ou turbina), e transformam parte desta potência em energia cinética (movimento) e energia de pressão (força), cedendo estas duas energias ao fluido bombeado, de forma a recirculá-lo ou transportá-lo de um ponto a outro.

Portanto, o uso de bombas hidráulicas ocorre sempre que há a necessidade de aumentar-se a pressão de trabalho de uma substância líquida contida em um sistema, a velocidade de escoamento, ou ambas. Devido a grande diversidade das bombas existentes, adotaremos uma classificação resumida, dividindo-as em dois grandes grupos:

- **Bombas de Deslocamento Positivo:** Estas bombas movem o fluido ao aprisionar uma quantidade fixa dele e forçá-lo a se mover através do sistema. São adequadas para aplicações que requerem pressões altas e vazões baixas ou variáveis. Exemplos incluem bombas de pistão, bombas de diafragma e bombas de engrenagem.
- **Bombas Dinâmicas:** Também conhecidas como bombas de turbina, estas utilizam um rotor rotativo para aumentar a velocidade do fluido, convertendo a energia cinética em energia de pressão. São adequadas para aplicações que exigem grandes vazões e pressões moderadas. Exemplos incluem bombas centrífugas, bombas axiais e bombas mistas.

Para sistemas de hidroponia, as bombas centrífugas submersíveis são frequentemente recomendadas devido a sua eficiência em movimentar grandes volumes de água com baixa pressão, características ideais para a recirculação de soluções nutritivas. Essas bombas possuem alta eficiência energética e operação silenciosa, o que é benéfico para ambientes controlados. A instalação submersa elimina problemas de **priming**¹ e reduz o risco de cavitação. Além disso, as bombas submersíveis são compactas, fáceis de instalar e requerem pouca manutenção, tornando-as adequadas para sistemas de hidroponia que demandam operação contínua e confiável.

¹Problemas de priming ocorrem quando uma bomba não consegue iniciar o bombeamento porque o ar ou o vapor está presente no tubo de sucção, impedindo que o fluido entre adequadamente na bomba.

Figura 2.9: Bomba de água Submersível.



Fonte: Hydrofarm.

2.6 Aerador ou Oxigenador de água

Entre os fatores responsáveis pela criação e manutenção de um ambiente ideal para o desenvolvimento dos peixes está o “nível de oxigênio” dissolvido na água (CAMBOIM, Laércio Ferro, 2018).

A **aeração** é o ato de renovar o ar de um determinado ambiente ou sistema. O aerador tem a finalidade de realizar a transferência do oxigênio para a água por meio de um processo denominado de aeração.

No caso dos tanques de piscicultura, a demanda da oxigenação da água irá depender da quantidade de alevinos e, por isso, é necessária uma aeração mecânica, na qual haverá um aumento da turbulência na superfície diretamente para dentro da água (BENVINDO, Alexandre, 2020). Há diversos mecanismos e equipamentos que são utilizados para efetuar a aeração em tanques e viveiros, os quais: **Aerador de pás**, **Propulsores de ar**, **Bombas verticais**, **Bombas aspersoras**, **Sistema de ar difuso**, etc.

Por exemplo os **propulsores de ar** consistem em um motor elétrico, onde o eixo é acionado por uma hélice em sua extremidade final. Este eixo fica envolto por uma camisa metálica oca que possui aberturas que possibilitam a passagem do ar atmosférico para o interior da camisa. Ao final da camisa existe uma estrutura difusora. Com a rotação do eixo e a aceleração da água causada pela rotação da hélice, ocorre uma queda na pressão dentro da camisa, favorecendo a entrada do ar, impulsionado pela própria pressão atmosférica, sendo o ar forçado através da estrutura difusora e injetado em forma de pequenas bolhas próximo à área de turbilhonamento da água, causada pela rotação da hélice.

Figura 2.10: Aerador.



Fonte: Naara.

2.7 Sensores

É importante sempre que se falar de um sensor, entender o conceito de transdutor, sendo que um **Sensor** é um elemento que gera um sinal padronizado (normalmente elétrico) a partir de uma grandeza física (calor, luz, som, pressão etc.) e um **Transdutor** é um dispositivo que converte um sinal de uma grandeza para outra. Pode se afirmar que todo sensor é um transdutor, mas não o contrário.

Em geral os sensores se utilizam de transdutores para converter uma grandeza específica para outra mais facilmente manipulável. Os sensores podem ser classificados de acordo com a característica do sinal de saída, podendo ser, **Sensores Contínuos** (Sensor de temperatura, Pressão e força – Coluna de líquido, Deformação elástica, Piezorresistência, Piezoelectricidade) ou Sensores **Discretos** (chaves elétricas – Botoeiras, sensores de proximidade, chaves de processo, termostatos, boias que acionam um contato elétrico, etc.). Também podemos ter dois tipos, por sinal transmitido: sensores analógicos e digitais.

2.7.1 Sensores Analógicos:

Os sensores analógicos operam com base no princípio de transformar uma quantidade física, como temperatura, pressão ou luz, em um sinal elétrico contínuo e proporcional à grandeza medida. Esses sensores geralmente utilizam fenômenos físicos como variação de resistência, capacitância ou corrente para produzir uma saída que varia suavemente com a mudança na variável física. Por exemplo, um termistor varia sua resistência com a temperatura ambiente, resultando em uma mudança proporcional na voltagem de saída.

Esses sinais analógicos são então utilizados diretamente ou convertidos para digital por meio de conversores analógico-digitais (**ADCs**) se a aplicação exigir processamento digital.

Exemplos comuns de sensores analógicos incluem termopares para medição de temperatura, sensores de pressão baseados em deformação mecânica, e fotocélulas que geram corrente proporcional à intensidade da luz incidente. A precisão desses sensores pode ser afetada por ruídos e variações ambientais, exigindo cuidados no projeto e calibração para aplicações críticas.

Não há uma equação matemática geral para todos os sensores analógicos, pois cada tipo de sensor utiliza um princípio físico específico para sua operação. Por exemplo, um termistor pode seguir a relação exponencial entre resistência e temperatura, enquanto um sensor de pressão baseado em deformação mecânica pode obedecer a uma relação linear entre a pressão aplicada e a deformação resultante.

2.7.2 Sensores Digitais:

Os sensores digitais funcionam convertendo sinais analógicos em valores digitais discretos, tipicamente representados em formato binário (0s e 1s). Eles utilizam circuitos eletrônicos internos para quantizar e processar os dados de entrada, oferecendo alta precisão e estabilidade em comparação com sensores analógicos. Um exemplo é um sensor de temperatura digital que converte uma leitura de temperatura em um valor digital preciso, facilitando seu uso em sistemas digitais complexos sem perda significativa de precisão.

A operação de um sensor digital pode envolver processamento digital de sinal incorporado, como calibração automática, filtragem de ruído e até mesmo a capacidade de armazenar e transmitir dados. Eles são frequentemente equipados com interfaces de comunicação como **I2C**, **SPI** ou **UART**, permitindo fácil integração com microcontroladores e outros dispositivos digitais.

A conversão de um sinal analógico em um valor digital utilizando um conversor **ADC**, onde a relação entre a entrada analógica (**V_{in}**) e a saída digital (**D_{out}**) pode ser descrita por:

$$D_{out} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 2^n \quad (2.2)$$

onde V_{ref} é a referência de tensão do conversor ADC e n é a quantidade de bits de resolução do ADC.

Sensor de Temperatura

Os sensores de temperatura são dispositivos fundamentais para a medição precisa e contínua das variações de temperatura em uma ampla gama de aplicações. Eles desempenham um papel crucial em setores industriais, automotivos, residenciais e comerciais, monitorando desde processos críticos em fábricas até o controle de climatização em residências e escritórios.

Existem vários tipos de sensores de temperatura, cada um com princípios de funcionamento específicos. Os termopares, por exemplo, utilizam a diferença de tensão entre dois metais diferentes para determinar a temperatura, enquanto os termistores, feitos de materiais semicondutores, alteram sua resistência elétrica de acordo com as mudanças de temperatura. Já as termorresistências, como as **RTDs** (Resistance Temperature Detectors), baseiam-se na variação linear da resistência de metais como platina, cobre ou níquel conforme a temperatura varia.

Um exemplo notável de sensor de temperatura é o **DS18B20**, um dispositivo digital que utiliza o protocolo **One-Wire** para comunicação. Ele é amplamente utilizado em projetos de **IoT** e automação devido à sua alta precisão ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) e ampla faixa de medição (-55°C a $+125^{\circ}\text{C}$). O **DS18B20** é conhecido por sua facilidade de integração com microcontroladores como o Arduino, sendo aplicado em sistemas de controle ambiental, monitoramento de temperatura em equipamentos sensíveis e outras aplicações que exigem precisão e confiabilidade na medição de temperatura.

Figura 2.11: Sensor Temperatura DS18B20.



Fonte: Euler Oliveira.

Módulo de Leitura Sensor de pH BNC PH4502C

Para Arduino é uma placa eletrônica capaz de amplificar os sinais do sensor DE pH e fazer a integração com o microcontrolador utilizado, por exemplo, o Arduino ou ESP32. Esse modelo possui dois trimpots integrados na placa, sendo um deles para ajuste da saída digital conforme o limite de pH desejado, e o outro trimpot serve para fazer a calibração do pH, de forma a melhor executar a função durante a aplicação em seu projeto. O Módulo Sensor de **pH BNC PH4502C** para Arduino possui conexão do tipo **BNC** com a sonda detectora de pH (sonda não acompanha o módulo), permitindo interpretar os dados gerados de forma confiável e segura. É importante destacar ainda a presença dos pinos de saída “To (Saída de temperatura) / Do (Gatilho de limite de pH de 3.3V) / Po (Saída analógica de PH) / G (Gnd para sonda PH) / G (Gnd para placa) / V+ (5V DC)” para conexão com microcontrolador, além disso, existem 4 perfurações nas laterais do módulo para fixação.

Figura 2.12: Pinos do modulo sensor.



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html>

Esse modulo sensor funciona com base nos princípios da eletroquímica, especificamente utilizando um eletrodo de vidro.É possível caracteriza-lo de acordo os componentes do do modulo sensor descritos à baixo:

- **Eletrodo de vidro:** O componente central do sensor de pH é um eletrodo de vidro. O eletrodo de vidro é uma fina haste de vidro que contém uma solução de cloreto de potássio (KCl) dentro dela. O final do eletrodo de vidro é sensível ao pH, pois reage com íons de hidrogênio (H⁺) na solução. Quando imerso em uma solução, a membrana de vidro permite que os íons de hidrogênio da solução interajam com o interior do eletrodo.
- **Potencial de membrana:** A membrana de vidro tem a propriedade de gerar um

potencial elétrico em resposta às concentrações de íons de hidrogênio na solução. Quanto maior a concentração de íons H^+ na solução, maior será o potencial gerado pela membrana de vidro. O potencial é tipicamente negativo em relação a um eletrodo de referência.

- **Eletrodo de referência:** O sensor de pH possui um segundo eletrodo conhecido como eletrodo de referência. Este eletrodo é geralmente preenchido com uma solução de referência de pH constante (geralmente um pH de 7) e ajuda a estabelecer um ponto de referência para a medição. A diferença de potencial entre o eletrodo de vidro e o eletrodo de referência é o que mede o pH da solução.
- **Circuito de medição:** O módulo PH4502C inclui um circuito de medição que mede a diferença de potencial entre o eletrodo de vidro e o eletrodo de referência. Esse circuito converte o sinal elétrico gerado pela membrana de vidro em uma leitura de pH.

Figura 2.13: Sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura.



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html>.

Módulo TDS Sensor

Um **sensor TDS** (*Total Dissolved Solids*, ou Sólidos Totais Dissolvidos) é um dispositivo utilizado para medir a quantidade de sólidos dissolvidos em uma solução líquida, como sais, minerais, metais, entre outros compostos inorgânicos. Ele é amplamente utilizado em sistemas de monitoramento de qualidade de água, aquários, hidroponia, e processos industriais.

O **TDS** é medido indiretamente através da condutividade elétrica da solução. Quando sólidos dissolvidos, como sais, estão presentes na água, eles aumentam sua conduti-

vidade. O sensor detecta essa condutividade e converte em uma estimativa de **TDS**, expressa em partes por milhão (ppm).

A água pura é um mau condutor de eletricidade, mas quando há sólidos dissolvidos (como sais, minerais e íons), ela se torna condutiva. O **sensor de TDS** mede a condutividade elétrica da solução, que é proporcional à quantidade de sólidos dissolvidos.

A condutividade elétrica é a capacidade de um material ou substância de conduzir corrente elétrica. Em líquidos, como a água, a condutividade elétrica depende da presença de íons livres (cátions e ânions), que transportam carga elétrica. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos em uma solução, maior será sua condutividade elétrica. Essa condutibilidade pode ser afectada pela quantidade e tipos de iões, temperatura e concentração da substancia em estudo.

A condutividade medida é convertida em uma leitura de **TDS** usando uma fórmula conhecida, que pode variar dependendo do tipo de solução. Normalmente, o sensor usa um fator de conversão de condutividade para **TDS** em partes por milhão (ppm), como 0,5 ou 0,7, dependendo do tipo de água. Normalmente, a relação entre condutividade e **TDS** segue uma fórmula simples:

$$TDS(ppm) = Condutividade(S/cm) \times Fator \quad (2.3)$$

A condutividade da água também varia com a temperatura. Alguns sensores de **TDS** têm compensação de temperatura para garantir uma medição mais precisa, corrigindo os efeitos das mudanças de temperatura na condutividade.

O sensor de **TDS** é conectado ao microcontrolador através de um módulo de interface que converte a leitura analógica da condutividade elétrica em um valor que o microcontrolador pode processar então, realiza cálculos para converter a leitura de condutividade em TDS, com base na fórmula e **fator de conversão** e a leitura final é exibida em ppm, que representa a concentração de sólidos dissolvidos na água.

Figura 2.14: Leitura e conversao do sensor TDS.

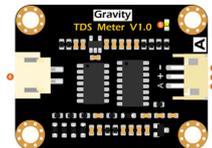
```
int sensorValue = analogRead(TdsSensorPin); // Lê o valor do sensor
float voltage = sensorValue * (5.0 / 1024.0); // Converte para tensão
tdsValue = (voltage * 133.42 * 2); // Conversão simples para TDS em ppm
Serial.print("TDS Value: ");
Serial.print(tdsValue);
Serial.println(" ppm");
```

Fonte: Autor.

Tabela 2.2: Especificações do Módulo TDS e Sonda

Placa Transmissora de Sinal	
Tensão de entrada	3,3 5,5 V
Tensão de saída	0 2,3 V
Corrente de trabalho	3 6 mA
Faixa de Medição TDS	0 1000 ppm
Precisão de medição TDS	± 10% FS (25 □)
Tamanho do módulo	42 * 32 mm
Interface do módulo	PH2.0-3P
Interface do eletrodo	XH2.54-2P
Sonda TDS	
Número de agulhas	2
Comprimento total	83 cm
Interface de conexão	XH2.54-2P
Cor	Preto
Outros	Sonda à prova d'água

Figura 2.15: Características do Módulo de TDS Arduino.



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-medidor-de-tds-arduino-para-conductividade-da-agua/>

Tabela 2.3: Descrição das Conexões do Módulo TDS

Num	Etiqueta	Descrição
1	-	Potência GND (0V)
2	+	Potência VCC (3,3 5,5 V)
3	A	Saída de sinal analógico (0 2,3 V)
4	TDS	Conector de Sonda TDS
5	LED	Indicador de energia

Sensor Nível de Água Lateral Magnético Bóia Aquário 10W

O **sensor de nível de água lateral magnético com bóia** é um dispositivo utilizado para medir o nível de líquidos em recipientes, como tanques e aquários. Ele funciona por meio de uma bóia flutuante que se desloca de acordo com a variação do nível da água. A bóia contém um ímã que, ao subir ou descer, aciona um interruptor interno (geralmente do tipo reed switch) quando atinge um determinado ponto, enviando um sinal que pode ser usado para ativar ou desativar dispositivos, como bombas de água ou alarmes. A potência do sensor é de 10W, o que indica sua capacidade de controlar pequenos circuitos elétricos com segurança.

O **funcionamento é simples e confiável**, isto é, quando o nível da água sobe, a bóia é empurrada para cima pela flutuação, o que fecha ou abre o circuito elétrico, dependendo da configuração do sensor (normalmente aberto ou normalmente fechado). Da mesma forma, quando o nível de água baixa, a bóia desce e altera o estado do circuito. O uso desse sensor é comum em sistemas automáticos de controle de nível, oferecendo segurança ao prevenir o transbordamento ou esvaziamento indesejado de recipientes.

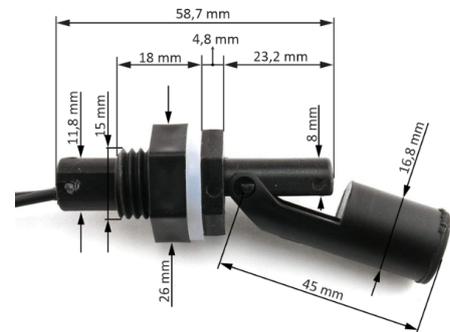
Tabela 2.4: Especificações do Sensor de Nível

Especificação	Detalhes
Sensor de Nível	
Material	Plástico PP
Tensão máxima	110V DC
Corrente máxima	1A
Carga máxima	50W
Resistência máxima do contato	0,4 ohms
Comprimento do cabo	36cm
Faixa de temperatura	-20 a 80°C
Peso	12g
Dimensões	50 x 19mm

Figura 2.16: Sensor Nível de Água Lateral Magnético Boia Aquário 10W para Arduino.



Figura 2.17: Sensor Nível de Água Lateral Magnético Boia Dimensões.



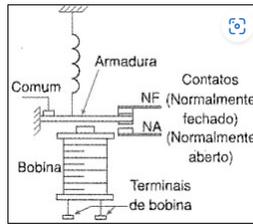
2.7.3 Relés

O relé é uma chave comandada por uma bobina, isto é, ele liga-desliga um circuito elétrico, permitindo a passagem da corrente elétrica como o resultado do fechamento de contato ou impedindo a passagem da corrente durante o estado de contato aberto. Basicamente a função de um relé é a de abrir ou fechar um contato elétrico ou um conjunto de contatos, em consequência da mudança de alguma condição elétrica. Estes fechamentos e aberturas são usados em circuitos associados para selecionar outros circuitos ou funções, para ligar ou desligar outras funções. Esta mudança da condição elétrica é o sinal. Existem diferentes tipos de relé para as diferentes aplicações e distinguindo – se pelo mecanismo de acionamento, tais como: **Relés temporizadores**, **Relés térmicos**, **Relé eletromecânico**, **Relé de estado sólido**, etc.

2.7.4 Relé eletromecânico

O tipo mais comum de relé é o eletromecânico, combinando princípios de chaveamento mecânico com a atuação do solenóide elétrica. Quando o solenóide é energizada ou desenergizada, ela move uma haste em uma direção e a pressão de uma mola move a haste em direção contrária. A haste, por sua vez, abre e fecha contatos. Os contatos são especificados no estado não atuado, como NA (normalmente aberto) ou NF (normalmente fechado).

Figura 2.18: Relé electromecânico.



Fonte: Newton C. Braga (ART564).

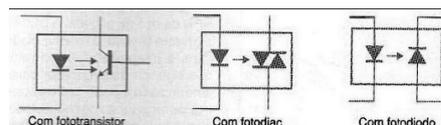
Esse tipo de relé, tem a vantagem de poder isolar completamente o circuito de controle do circuito controlado e além disso pode controlar correntes nos dois sentidos ou ainda realizar funções complexas de comutação, desta forma, o relé é largamente utilizado para controlar cargas que exigem altas correntes, podendo ser: lâmpadas, máquinas industriais, motores, entre outros equipamentos. Mas esse tipo de relé tem uma velocidade de operação relativamente lenta, gera ruídos e arcos produzidos ao se acionar os contactos e confiabilidade, pois trata-se de um sistema eletromecânico.

2.7.5 Relés de estado sólido

Por sua vez o relé pode ser comandado directamente a partir de componentes electrónicos como transístor ou circuitos integrados.

O relé de estado sólido substitui o relé eletromecânico em certas aplicações devido à sua maior durabilidade, velocidade de comutação mais rápida, menor consumo de energia e maior resistência a vibrações e choques mecânicos. O relé a estado sólido não possui peças móveis. O chaveamento liga e desliga é conseguido eletronicamente. O relé a estado sólido pode ser usado para controlar cargas cc ou ca. Derivando derivam dos conhecidos opto-acopladores ou “opto-couplers” que consistem num emissor de luz (normalmente um LED infravermelho) e um foto sensor que pode ser um foto-transistor, foto-diac, foto-diodo, ou qualquer outro dispositivos sensível à luz. Originalmente usados para transferir sinais, os opto-acopladores podem também ser usados para comutar cargas e daí temos o que se denomina de relé de estado sólido. No tipo comum de relé de estado sólido a bobina é substituída por um foto-emissor, normalmente um LED infravermelho e os contactos são substituídos por um dispositivo semiconductor sensível à luz como um foto-transistor, foto-diodo, foto-diac, etc.

Figura 2.19: Optocopladores.

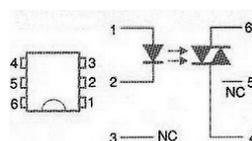


Fonte: Newton C. Braga (ART008).

MOC3010/MOC3020

Dois opto-acopladores especialmente indicados para aplicações como relés de estado sólido comutando diretamente Triacs de alta potência são os MOC3010 e MOC3020. O MOC3010 é indicado para aplicações na rede de 110 V enquanto que o MOC3020 para a rede de 220 V. Esses componentes, cuja pinagem e circuito equivalentes é mostrado em **2.20** possuem algumas variações (3009, 3011, 3012, 3021, 3022, 3023) que se diferenciam apenas pela corrente no LED para a excitação.

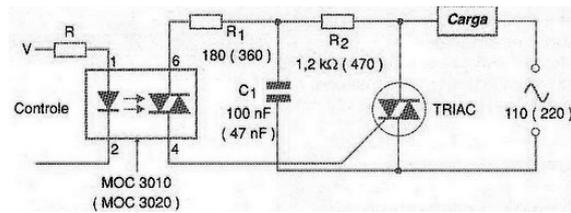
Figura 2.20: MOC3XXX.



Fonte: Newton C. Braga(ART008).

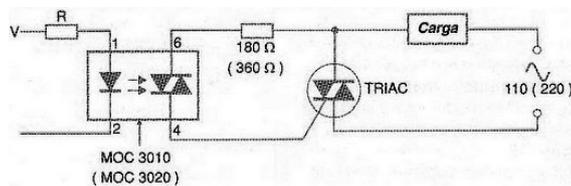
O MOC3010 precisa de uma corrente de 8 mA para produzir o disparo (os de números mais altos são mais sensíveis, chegando a 3 mA para o MOC3012). Para o MOC3020 a corrente é 15 mA (o 3021 tem uma corrente de 8 mA). Aqui pode se mostrar circuitos típicos SSR's com MOC3010 tanto para cargas resistivas **2.22** quanto indutivas **2.21**.

Figura 2.21: Para Carga Indutiva.



Fonte: Newton C. Braga (ART008).

Figura 2.22: Para carga Resistiva.



Fonte: Newton C. Braga (ART008).

2.8 Microcontroladores

Segundo FINKELSTEIN (2018) é componente que proporciona ao objeto a sua inteligência, ou seja, nele é executado o software. Em seu encapsulamento existem um microprocessador, memória, timers e interfaces de hardware para se conectar a dispositivos externos como sensores, atuadores e transmissores e receptores de rádio. Isto é, circuitos integrados que possuem em seu interior todos os componentes necessários ao seu funcionamento dependendo unicamente da fonte de alimentação externam. Pode-se dizer que os microcontroladores são computadores de um único chip.

Um microcontrolador contém uma ou mais **CPU** junto com memória e periféricos de entrada/saídas (**I/O: input/output** e **GPIO: General-Purpose Input/Output**) programáveis.

GPIO em microcontroladores são pinos configuráveis que podem funcionar tanto como entradas quanto como saídas digitais. Eles permitem a leitura de sinais externos, como de sensores, e o controle de dispositivos externos, como LEDs e motores. Esses pinos são versáteis e podem ser programados para diversas funções, incluindo interrupções, modulação por largura de pulso (**PWM**) e comunicação serial, oferecendo flexibilidade em projetos eletrônicos e sistemas de controle.

Esse dispositivo é responsável por fazer a gestão de dados actualizados por sensores e /ou actualizar estado actuadores de acordo com seu software (**Firmware**), num sistema IoT, ele geralmente é um dispositivo central, pois a função dele é actualizar o estado dos actuadores, colectar dados dos sensores e enviar esses dados para WEB. Para que isso seja possível esse microcontrolador deve interface de conexão às Internet, que podem ser: **Ethernet**, **Wi-Fi**, **Bluetooth** ou **GSM**.

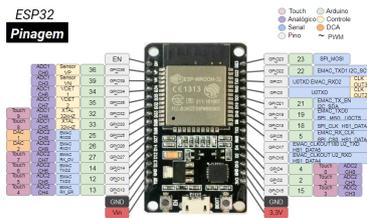
No contexto da Internet das Coisas (IoT: **Internet of Things**), os microcontroladores são um meio econômico e popular de coleta de dados, detectando e atuando no mundo físico como dispositivos de ponta. Os microcontroladores comuns e projectos IoT: placas **Arduino (AVR atmega's)**, **Raspberry Pi Pico**, **STM32** e **Esp32**.

ESP32

O ESP-WROOM-32 é um módulo de microcontrolador de alto desempenho fabricado pela Espressif Systems, baseado no chip **ESP32**. Este módulo integra um microprocessador dual-core Tensilica **LX6**, operando a uma frequência de até 240 MHz, e possui conectividade **Wi-Fi** e **Bluetooth** dual-mode (clássico e **BLE**), tornando-o ideal para aplicações de **Internet das Coisas (IoT)**. Além disso, o ESP-WROOM-32 oferece uma ampla gama de interfaces periféricas, como **GPIO**, **ADC**, **DAC**, **I2C**, **SPI**, **UART**, **PWM** e sensores capacitivos de toque, permitindo a integração com diversos sensores e atuadores.

O módulo é amplamente utilizado devido à sua alta capacidade de processamento, conectividade robusta e baixo consumo de energia, o que o torna adequado para projetos em ambientes industriais, residenciais e comerciais. O ESP-WROOM-32 também é suportado por um ecossistema de desenvolvimento completo, incluindo o **ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework)** e a compatibilidade com a plataforma **Arduino**, facilitando a programação e a prototipagem rápida para desenvolvedores de todos os níveis de experiência.

Figura 2.23: Pinos esp32.



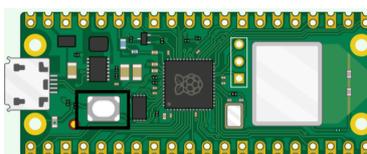
Fonte: <https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/conhecendo-esp32>

Raspberry Pi Pico W

O **Raspberry Pi Pico W** é uma versão aprimorada do **Raspberry Pi Pico**, adicionando conectividade sem fio (**Wi-Fi**) ao design original. Esta placa de microcontrolador é baseada no chip **RP2040**, um chip dual-core **ARM Cortex-M0+** desenvolvido pela própria **Raspberry Pi Foundation**, que opera a uma velocidade de até 133 MHz. O **Pico W** possui 264KB de **SRAM** e 2MB de memória **flash** on-board, o que o torna adequado para uma variedade de projetos de automação, **IoT** e educação. Além disso, oferece uma interface **GPIO** com 26 pinos multifuncionais, permitindo que os usuários conectem sensores, **LEDs**, motores e outros periféricos.

O principal diferencial do **Raspberry Pi Pico W** é a sua conectividade **Wi-Fi**, fornecida pelo chip **Infineon CYW43439**, que suporta o padrão **IEEE 802.11n** (2.4GHz). Isso possibilita que a placa se conecte à internet, permitindo a criação de projetos mais avançados e integrados, como sistemas de monitoramento remoto, automação residencial e dispositivos conectados em rede. Com suporte para a programação em **MicroPython** e **C/C++**, o **Pico W** oferece flexibilidade e facilidade de uso para desenvolvedores de todos os níveis de experiência. A combinação de baixo custo, alta performance e conectividade sem fio faz do **Raspberry Pi Pico W** uma opção poderosa e acessível para projectos **IoT**.

Figura 2.24: Raspberry Pi Pico Rev3.



Fonte: <https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-datasheet.pdf>

Tabela 2.5: Comparação entre diferentes microcontroladores

Característica	Arduino (AVR ATmega)	Raspberry Pi Pico	STM32	ESP32
Microcontrolador	AVR ATmega (variável)	RP2040 (dual-core ARM Cortex M0+)	ARM Cortex-M (variável)	Tensilica Xtensa LX106
Frequência de Clock	8 - 20 MHz	133 MHz	Até 168 MHz	Até 240 MHz
Memória Flash	0.5 - 32 KB	2 MB	16 - 256 KB	512 KB - 4 MB
SRAM	0.5 - 8 KB	264 KB	16 - 64 KB	32 - 520 KB
E/S	14 - 54	26	50+	34
Conectividade	Sem fio (opcional)	Sem fio (opcional)	Sem fio (opcional)	Wi-Fi, Bluetooth
Preço	Baixo	Baixo	Médio	Médio
Linguagem de Programação	Arduino IDE (C/C++)	C/C++, MicroPython	C/C++, Arduino IDE	C/C++, Arduino IDE
Facilidade de Uso	Fácil	Moderada	Intermediária	Alta
Desempenho em Sistemas IoT	Baixo	Alto	Alto	Alto
Aplicações	Projetos simples, prototipagem	Projetos complexos, machine learning	Projetos embarcados, controle de motores	IoT, streaming de dados

Fonte: Autor.

Existem diversos fatores que devem ser considerados na hora de escolher um microcontrolador para o seu projeto. Aqui estão algumas das características mais importantes: Capacidade de processamento, Memória Volátil e não Volátil, Interconectividade, Periféricos, Eficiência energética, Segurança e Custo. A tabela à cima, mostra a comparação dos microcontroladores mais utilizados em aplicações IoT, com inúmeros projectos a considerar a compatibilidade com os dispositivos a cima mostrados (Sensores e Actuadores) e conectividade à rede.

2.9 IoT

A **Internet das Coisas**, ou **IoT**, refere-se aos milhares de milhões de dispositivos físicos em todo o mundo que estão agora ligados à Internet, todos eles colecionando e partilhando dados.

Através da utilização de chips de computador mais baratos e da ubiquidade das redes sem fios é possível transformar qualquer coisa, desde algo tão pequeno como um comprimido, até algo tão grande como um avião, numa parte da Internet das Coisas. Ligar todos estes diferentes objetos e adicionar-lhes sensores acrescenta um nível de inteligência digital a dispositivos que de outra forma seriam “ignorantes”, permitindo-lhes comunicar dados em tempo real sem envolver um ser humano. A Internet das Coisas está a tornar o tecido do mundo à nossa volta mais inteligente e mais reativo, fundindo os universos digital e físico. Rangel, Gonçalves (2019)

Uma “coisa” ou objeto na **Internet das coisas** pode ser uma pessoa com um implante de monitor cardíaco, um animal de quinta com um biochip, um automóvel com sensores incorporados para alertar o condutor quando a pressão dos pneus é baixa, ou qualquer outro objeto natural, ou feito pelo homem a quem possa ser atribuído um endereço de Protocolo Internet (IP) e que seja capaz de transferir dados através de uma rede. Félix, Tomás (2022)

Esse termo, conceito de **IoT** (Internet of things), é introduzido nos anos noventa (1999) por Kelvin Ashton, depois de pesquisas para utilizar etiquetas eletrônicas **RFID** numa cadeia de produção. Posteriormente foi adicionado a utilização de sensores, actuadores, processamento, e memória, apesar de suas restrições de energia. Com a evolução tecnológica, foi possível miniaturizar os dispositivos e implementado a telecomunicação nesses dispositivos, pois as interfaces de rede diminuíram de tamanho e preços, tornando - os “objectos inteligente e conectados”. Assim sendo a rede das redes, **INTERNET**, já pode estar conectada a esses objectos, originando a **IoT**.

2.9.1 Recursos de IoT

O ecossistema da **IoT** pode ser descrito da seguinte forma, inicialmente ele faz a coleta de dados por sensores ou mesmo microcontroladores, em seguida faz o agrupamento de dados e transferência de dados através de um **hub** ou **gateway** e finalmente faz se a tomada de decisão através de uma interface do utilizador e um dispositivo, como um

telemóvel ou tablet por exemplo. Alguns recursos:

- **Identificação**: Este elemento envolve a atribuição de identidades únicas a cada dispositivo **IoT**. Isso pode ser feito por meio de endereços **IP**, identificadores **RFID**, códigos **QR**, etc.
- **Sensoriamento (Sensing)**: Os sensores são essenciais na **IoT** para coletar dados do ambiente. Eles podem medir uma variedade de parâmetros, como temperatura, umidade, pressão, movimento, luz, entre outros.
- **Comunicação**: A capacidade de transmitir dados é fundamental na **IoT**. Isso envolve a comunicação entre dispositivos **IoT** e entre dispositivos e a infraestrutura de rede. Protocolos de comunicação, como **MQTT**, **CoAP** e **HTTP**, são comuns na **IoT** para permitir essa troca de informações.
- **Computação (Computing)**: A capacidade de processamento é necessária para coletar, armazenar e analisar os dados coletados pelos dispositivos **IoT** (pode ser feito em servidores na nuvem).
- **Semântica (Semantic)**: Este elemento refere-se à capacidade de atribuir significado aos dados coletados. A semântica na **IoT** permite que os dados sejam interpretados e usados para tomar decisões.

2.9.2 Protocolos

Os protocolos **IoT** são um conjunto de regras e padrões que definem como os dispositivos **IoT** se comunicam uns com os outros e com a Internet. Eles são essenciais para o funcionamento da Internet das Coisas, pois permitem que os dispositivos troquem dados de forma confiável e eficiente.

Existem muitos protocolos **IoT** diferentes disponíveis, cada um com suas próprias vantagens e desvantagens. A escolha do protocolo certo para uma aplicação **IoT** específica depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de dispositivo, o tipo de dados que serão transmitidos e a distância entre os dispositivos. Os protocolos da **IOT** são conhecidos como protocolos de Internet, eles são um conjunto de regras e normas que permitem a comunicação entre máquinas conectadas na internet.

Os protocolos de comunicação disponíveis para implementar sistemas de Internet das coisas são bem diversificados. Os projetistas de equipamentos eletrônicos e desenvolvedores possuem um leque interessante de opções para incorporar em seus projetos.

De acordo com as camadas da arquitetura do **IoT** pode se dividir os protocolos:

Tabela 2.6: Protocolos em cada camada

CAMADA	Protocolo
De Percepção (Perception Layer)	<i>LoRaWAN, Sigfox, Thread.</i>
De Transporte (Transport Layer)	<i>Bluetooth Low Energy, ZigBee, etc.</i>
De Processamento (Processing Layer)	<i>AMQP, DDS, etc.</i>
De Aplicação (Application Layer)	<i>MQTT, CoAP, etc.</i>
De Negócios (Business Layer)	<i>HTTP</i>

2.9.3 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

É um protocolo padrão que é usado principalmente para a comunicação **IP** entre servidores e clientes na internet. O cliente é geralmente um navegador da Web que está solicitando um site de um servidor web. Outro caso de uso para o protocolo **HTTP** são **REST-Webservices** (Representational State Transfer).

Ele especifica as mensagens que os clientes podem enviar aos servidores e que respostas eles receberão. Cada interação consiste em uma solicitação **ASCII**, seguida por uma resposta **RFC 822** semelhante ao **MIME**. Todos os clientes e todos os servidores devem obedecer a esse protocolo.

Além disso, é **HTTP** um protocolo sem monitoração de estado, cada comando é tratado de forma independente. Depois que um servidor responde a uma solicitação do cliente, a conexão é fechada novamente. Um cliente tem a possibilidade de dizer ao servidor que a conexão deve ser mantida ativa após uma solicitação.

Figura 2.25: comunicacao HTTP.



Fonte: <http://soup01.com/en/2022/05/24/beckhoffusing-twincat3-tf6760-https-rest-to-send-the-get-request/>

Métodos HTTP O padrão **HTTP** (versão 1.1) define diferentes métodos que um servidor HTTP pode oferecer aos clientes solicitantes. Especialmente GET, POST e PUT são alguns dos métodos HTTP mais usados. A tabela a seguir contém todos os métodos HTTP definidos no padrão.

Tabela 2.7: Métodos HTTP

Métodos	Função	Código
GET	usado para recuperar informações de um recurso identificado por uma URI	200 (OK)
POST	usado para criar um novo recurso no servidor	201 (Created)
PUT	utilizado para atualizar um recurso existente ou criar um novo recurso, se não existir	200 (OK)
DELETE	empregado para excluir um recurso.	204 (No Content)
PATCH	usado para aplicar modificações parciais a um recurso	200 (OK)

Retornos Inesperados

Além dos retornos esperados mencionados acima, é importante considerar situações de retornos inesperados, como:

Tabela 2.8: Retornos Inesperados

Erro	Código	Função
De Autenticação	401 (Unauthorized)	indica falta de credenciais adequadas
Recurso Não Encontrado	404 (Not Found)	quando o recurso solicitado não existe.
Erro do Servidor	500 (Internal Server Error)	em caso de problemas internos do servidor.
Redirecionamentos	301 (Moved Permanently) ou 302 (Found)	indica que o recurso foi movido para uma nova localização.
Limites de Taxa Excedidos	429 (Too Many Requests)	taxa de solicitação for excedida.
Erros de Validação	400 (Bad Request)	quando dados inválidos são recebidos em solicitações POST ou PUT.

Capítulo 3

Desenho e Implementação do Protótipo

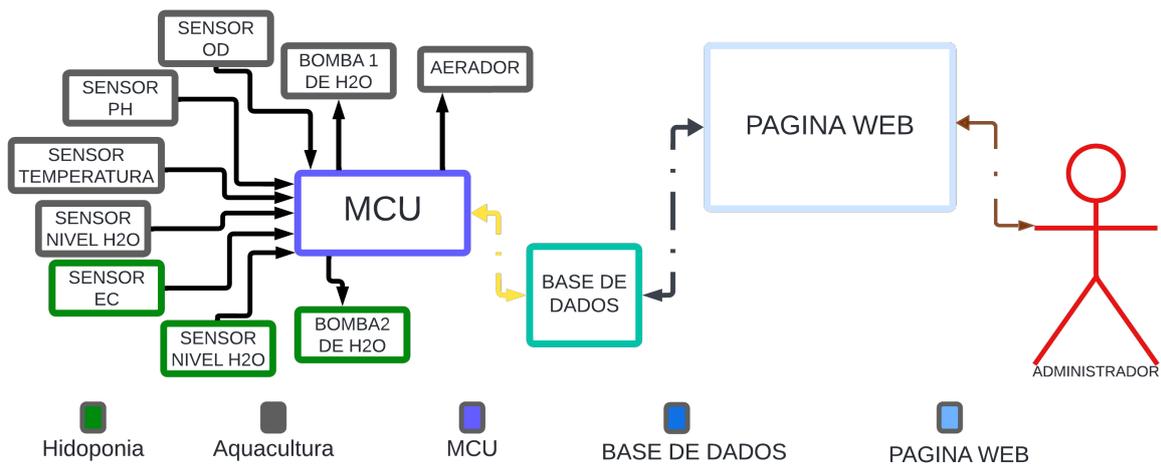
Este capítulo vai abordar conteúdos relacionados com o dimensionamento e construção do projecto do sistema visando responder a pergunta do **Capítulo 1** na **Secção 1.2**.

3.1 Solução

Para monitorar e controlar um sistema de produção de peixe em cativeiro integrado à hidroponia, propõe-se um sistema baseado em **IoT**, isto é, construção de um circuito que fará colecta dados dos parâmetros que influenciam na produção **2.3** e poder manipular alguns, assim podendo ver esses dados ou manipulá-los a partir de um dispositivo móvel, computadores, tablets, etc.

Para que isso aconteça a solução proposta é repartida em duas componentes, a de *hardware* e *software*. Para *hardware* propõe-se o uso de sensores de pH, temperatura, Condutibilidade eléctrica, de nível, de Oxigénio, aquecedor de água e bomba de água que estarão conectados a um microcontrolador(**MCU**) com interface de conexão a *Internet* e um computador **PC** que vai armazenar os dados do estado do sistema. Para a parte *software* serão usadas linguagens de programação e marcação para criação de um **Web** site que estará conetado a uma base de dados que colhe as informações do estado do *hardware*, tendo funcionalidades que permitem actuar em alguns pontos do sistema. Outra linguagem de programação para o microcontrolador.

Figura 3.1: Diagrama do sistema.

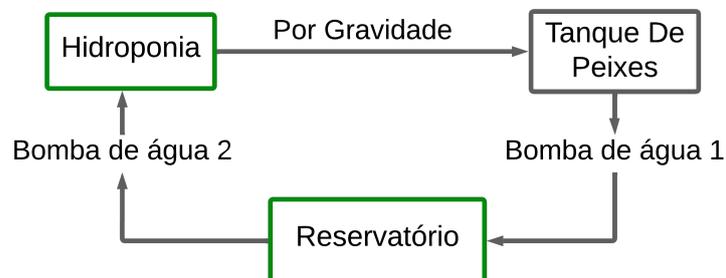


Fonte: Autor.

3.1.1 Descrição Funcional do sistema

Aquaponia é o nome que se dá a integração de Piscicultura à Hidroponia, o que acontece é que a água circula num ciclo entre os dois sistemas de produção. O sistema aqui proposto se espelha no aquapônico descrito no **Capítulo 2** na **Seção 2.2.1**. No entanto terá um reservatório entre os sistemas (tanque de peixe e hidroponia) que leva a água do tanque dos peixes para a hidroponia onde terá lá sensor de sólidos dissolvidos que vai coletar índice de qualidade da solução nutritiva e uma bomba de água que leva essa água até a hidroponia.

Figura 3.2: Diagrama de circulação d'água.



Fonte: Autor.

No tanque dos peixes terá lá sensores de temperatura, Oxigênio dissolvido, pH e nível de água medindo (colectando dados) os parâmetros que influenciam na produção

de peixes em cativeiro.

O Sistema de Monitoramento e controle da produção de Peixe em Cativeiro Integrado à Hidroponia baseado em **IoT**, composto por um **dispositivo central** (Circuito eletrônico) que faz a colecta de dados de vários sensores que medem parâmetros de qualidade de água em um ambiente de produção de peixe em cativeiro e hidroponia, sendo esses dados serão exibidos numa pagina **Web** através de uma central (computador administrador conectado a mesma rede que o dispositivo) para o aquicultor possa acompanhar o sistema em tempo real, por meio de texto, imagens intuitivas e gráficos que vão ilustrando o estado do sistema, tanto no tanque dos peixes quanto no tanque reservatório de solução nutritiva da hidroponia.

No caso em que o Oxigênio dissolvido estiver em níveis não favoráveis para a sobrevivência dos peixes, automaticamente o aerador será acionado. Assim facilitando o gerenciamento do sistema de produção e otimizando esforços físicos que teria sem esse gerenciamento central.

3.1.2 Modo de Operação do sistema Aquapônico

De acordo com **Figura 3.2** é possível verificar um modo de circulação de água, onde a **Bomba 1** leva a água do tanque dos peixes para o reservatório e a **Bomba 2** do reservatório para a hidroponia, mas essa circulação tem de obedecer regras, tais como:

- **Temporização** no acionamento da **Bomba2** pois a circulação de água em hidroponia é feita de forma periódica, nesse caso irá se aplicar para o projecto o modelo de 15 em 15 minutos aplicado na **MOZA HYDROPONIC**¹ em 2024.
- A **Bomba 1** é acionada quando o nível de água no reservatório estiver em baixo, que isso depende do sensor de nível, isto é, se o sensor de nível estiver baixo aciona a **Bomba 1** e quando o sensor de nível estiver baixo mantem a **Bomba 1** desligada.

Requisitos para implementação da circulação:

Aqui é importante compreender que esse sistema uma das suas vantagens é o facto de minimizar o desperdício de água, para isso tem que se ter em conta alguns requisitos que são tomados em conta no âmbito do desenvolvimento do sistema, tais como:

¹É uma empresa moçambicana que concentra-se principalmente na instalação e assistência de estufas hidropônicas, mas também fornecem soluções para muitos cultivadores externos e orgânicos.

- **A quantidade no tanque dos peixes**, isto é, ela deve ser suficiente de acordo com as regras de criação de peixe em cativeiro, mas o tanque deve ter espaço para receber a água vinda da hidroponia, para evitar o desperdício de água.
- O reservatório deve ter uma capacidade menor de quantidade de água em relação ao tanque dos peixes.
- **Localização dos sensores de nível**, isto é, onde no tanque dos peixe em uma altura que indica a capacidade de 75% e no reservatório em uma posição que indique 65% de capacidade do mesmo.

3.2 Dimensionamento Circuito

Consiste em um **Hardware**, com dispositivos eletricamente conectados, que possibilitam a aquisição e a alteração de dados a partir de uma central de monitoramento e controle. Os componentes incluem **sensores** (pH, temperatura, nível de água, EC, etc.), **circuitos de acionamento de atuadores** e um **microcontrolador**.

3.2.1 Microcontrolador a utilizar no Projecto

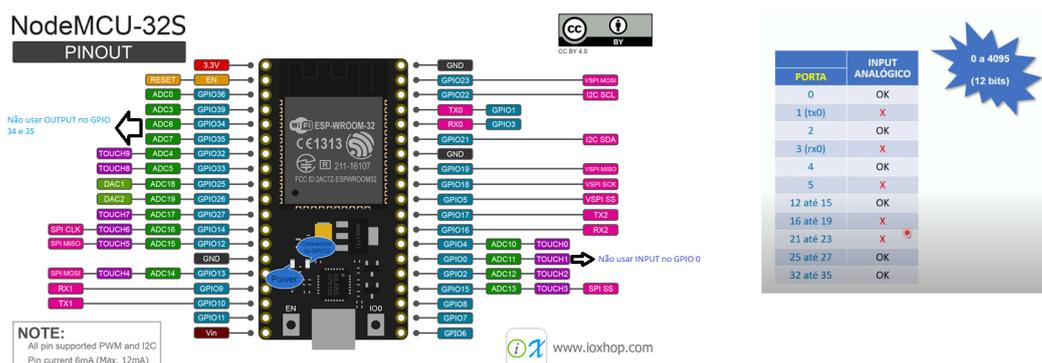
Para esse trabalho, será empregado o conceito de **IoT**, a escolha do microcontrolador é crucial para garantir a eficiência, confiabilidade e integração dos diferentes sensores e atuadores no sistema. Para tal considerou-se esses 5 pontos, como relevante para a sua escolha:

- **Conexão à Rede**: Senão o principal, mais um dos fundamentais requisito da escolha a capacidade de poder se conectar uma rede de comunicação de dados, para poder enviar e receber dados a uma plataforma e/ou base de dados. Podendo ser conectividade **Wi-Fi** e/ou **Bluetooth**.
- **Capacidade de Processamento e numero de portas analógicas**: O microcontrolador deve ter capacidade de processamento suficiente e memória adequada para lidar com múltiplos sensores, atuar em tempo real, e executar algoritmos de controle. Além disso deve ter no mínimo 3 portas capazes de fazer a conversão analógico para digital (**ADC**), pois, a aquisição de dados de sensores depende que grandeza é medida.

- **Compatibilidade com Sensores e Atuadores:** O microcontrolador deve ser compatível com uma variedade de sensores (pH, temperatura, nível de água, etc.) e atuadores (bombas, válvulas, etc.).
- **Baixo Consumo de Energia:** Se o sistema for operado em uma área remota ou alimentado por baterias, o microcontrolador deve ter baixo consumo de energia.
- **Acessibilidade da ferramenta de desenvolvimento:** Referindo à facilidade de uso para desenvolvedores de diferentes níveis de habilidade. Isso envolve uma amigável, documentação clara, suporte a linguagens populares e bibliotecas que simplificam a implementação de funcionalidades. Além disso, uma comunidade ativa e suporte técnico eficiente aumentam a acessibilidade. Outro aspecto importante é a compatibilidade da ferramenta com múltiplos sistemas operacionais e sua capacidade de integração com outras plataformas e serviços de **IoT**.

O **ESP32** (em específico **ESP-WROOM-32**) é uma excelente escolha para um projeto de aquaponia com IoT, devido à sua conectividade, capacidade de processamento, baixo consumo de energia e compatibilidade com uma ampla gama de sensores e atuadores. Além disso, oferece boa documentação e suporte da comunidade, facilitando a implementação e manutenção do sistema.

Figura 3.3: Especificações do ESP-WROOM-32 (36 pinos)



Fonte: FK SOLOTIONS

Tabela 3.1: Especificações.

Característica	Especificação
Microcontrolador	ESP32-D0WDQ6 (dual-core)
Velocidade do Clock	Até 240 MHz
Memória Flash	4 MB
SRAM	520 KB
Conectividade	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth v4.2 BR/EDR e BLE
Pinos de I/O	36 pinos
ADC	18 canais de 12 bits
DAC	2 canais de 8 bits
Interfaces de Comunicação	UART, SPI, I2C, I2S, CAN, PWM
Tensão de Operação	3.0V 3.6V
Consumo de Energia	Modo Deep Sleep: 10 μ A, Modo Ativo: 240 mA
Dimensões	18 mm x 25.5 mm
Temperatura de Operação	-40°C a 85°C

Fonte: FK SOLOTIONS

3.2.2 Escolha de sensores para aquisição de dados sobre os parâmetros de qualidade da água

Aqui vais se apresentar os dispositivos e a sua conexão ao microcontrolador, esses são responsáveis pela aquisição de dados relacionados a condição aquáticas, que impactam no desenvolvimento dos organismos nesse meio, como já foram apresentados em 2.3. Para a escolha desses sensores vais se tem em conta os seguintes requisitos:

- **Ambiente de operação:** Tem que se ter em conta que esses sensores irão operara em um ambiente aquático e de muita umidade, isto é, devem ser resistentes e operar sem nenhuma falha nessas condições.
- **Temperatura:** É um factor influencia muito na medição, pois estamos a falar de sensores, alguns podem ser sensíveis a mudanças repentinas de temperatura, para tal, aqui se coloca a faixa que esses dispositivos devem ser capazes de operar sem problemas, tendo em conta a temperatura média do nosso país, em volta dos 25 aos 45 graus Celsius.

- **Precisão:** O mais próximo da realidade nos dá a certeza das informações de modo ver se pode haver uma intervenção directa no sistema. Tendo em conta que esse requisito depende dos requisitos a cima. Assim sendo a margem de erro deverá estar entre os $\pm 0.05\%$.
- **Compatibilidade Com Microcontroladores Da família ESP:** Isso significa o dados da maioria obtidos pelos sensores serão interpretados, convertidos e armazenados/enviados para uma base de dados, o que quer dizer tem duas formas desses microcontroladores ler dados digitais (0 ou 1) **2.7.2** e analógicos (variação de tensão) **2.7.1** e a tensão de operação desses microcontroladores é de 3.3V.

DS18B20

Ideal para ambientes aquáticos devido à sua construção robusta e à sua capacidade de operar em condições de alta umidade. Ele pode funcionar em uma faixa de temperatura de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$, o que cobre amplamente a temperatura média entre 25°C e 45°C nesse projeto. Sua precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ garante leituras confiáveis, fundamentais para o controle de temperatura no sistema. Além disso, ele se comunica digitalmente via protocolo 1-Wire, o que é totalmente compatível com microcontroladores da família ESP, que operam a 3.3V.

Módulo de Leitura Sensor de pH BNC PH4502C

Projetado para operar em ambientes úmidos e aquáticos, sendo ideal para monitorar o pH em sistemas de aquaponia. Ele é capaz de fornecer medições precisas do pH, que é crucial para manter a saúde das plantas e peixes no sistema, com uma margem de erro que se alinha com o requisito de $\pm 0.05\%$. Este sensor é compatível com microcontroladores da família ESP, convertendo os sinais analógicos recebidos do sensor de pH em dados digitais que podem ser processados pelo microcontrolador, operando com tensão de 3.3V.

Sensor Nível de Água Lateral Magnético Bóia Aquário 10W

Ideal para ambientes aquáticos, sendo resistente à umidade e projetado para funcionar sem falhas em tais condições. Este sensor de nível de água é crucial para monitorar os

níveis de água no sistema de aquaponia, prevenindo transbordamentos ou níveis críticos que poderiam comprometer o sistema. Ele funciona com uma simples lógica digital (on/off), o que é perfeitamente compatível com os microcontroladores da família ESP, que operam a 3.3V, garantindo uma fácil integração no sistema.

Módulo TDS Sensor

Mede a quantidade de sólidos dissolvidos na água, sendo essencial para avaliar a qualidade da água no sistema de aquaponia. Este sensor é adequado para ambientes aquáticos e pode operar dentro da faixa de temperatura especificada. Ele fornece dados precisos sobre a concentração de nutrientes e outros minerais na água, permitindo ajustes necessários no sistema. O módulo é compatível com microcontroladores ESP, convertendo o sinal analógico do sensor em leituras digitais, operando com a tensão padrão de 3.3V.

3.2.3 Dimensionamento do circuito que aciona os Actuadores (Bombas e Aerador)

Tendo em conta que a Aquapomia é uma junção de dois sistemas, isto é, a interligação entre aquacultura e hidropomia é feita com bombas e essa bomba tem de ser acionada obedecendo um intervalo de tempo específico, pois na hidroponia a nutrição das plantas é utilizada água de modo a facilitar a sucção de nutrientes. Isso significa que a bomba pode ser acionada mais de 5 vezes por dia, para isso há que considerar que os relés a serem dimensionados comutar os circuitos com a maior velocidade possível e serão accionados diversas vezes ao dia de forma contínua.

No entanto os relés disponíveis são nomeadamente: relé electromecânico e os relés de estado sólido. Os relés de estado sólido são os que se mais adequam a esta aplicação, por não sofrerem desgaste mecânicos comparados com os relés electromecânicos, o que reduziria a vida útil do sistema pois seriam accionados diversas vezes ao dia.

Além de possuir maior vida útil, eles não geram ruído eletromagnético, tem uma comutação mais rápida e não há trepidação (**efeito Bounce**).

Para o dimensionamento dos relés primeiro torna-se necessário fazer o levantamento de dados da carga a controlar. As bombas de água mais utilizadas em sistemas são as **bombas periféricas**, que funcionam em 220V AC, ideal para poços, reservatórios, caixas

d'água, rios, cisternas, abastecimento em residências, indústrias e a agrícolas (pequenas irrigações), com isso, aqui encontram as especificações:

Tabela 3.2: Dados técnicos da BOMBA D'ÁGUA PERIFÉRICA FERRARI ACQUAPUMP – 1/2CV – 220V.

Vazão (Q) : 1800 L/h
Altura Manométrica (Máx)Hm: 22mca
Potência do Motor: 1/2 cv (370W)
Altura de Sucção (Máx)- Hs: 8mca
Entrada/Saída: (diâm)1 pol.
Tensão Nominal: 220 Volts
Dimensões da Embalagem [LxAxC]: 140 X 175 X 280 mm
Peso Líquido/Bruto: 3,58/3,83 kg
mca – m de Coluna de água

Fonte: <https://ferrarinet.com.br/bombas-dagua/bomba-dagua-periferica-ferrari-acquapump-1-2cv-220v-aab1010012/>

Conforme a tabela acima, constatam-se as seguintes informações relevantes para o dimensionamento dos relés de comando das Bombas: Dados: Tensão Nominal = 220 Volts; Potência nominal = 370W; Corrente nominal = 2,64A (assumindo a eficiência do motor entre 70-80%); Tipo de carga é Indutiva.

O **Aerador** que foi utilizado como referência foi o **Aerador Piscicultura Chafariz - Modelo BRX 500**, aqui suas especificações:

Conforme a tabela acima, constatam-se as seguintes informações relevantes para o dimensionamento do relé de comando das Aerador é idêntico ao das bombas. Assim projectando um único circuito SSR para esse acionamento, tem de se ter em conta:

- **Corrente:** Deve suportar pelo menos 5 A para proporcionar uma margem de segurança.
- **Tensão:** Deve suportar pelo menos 220 V AC.
- **Tipo de Carga:** Deve ser especificado para cargas indutivas. Muitos **SSRs** têm classificação específica para motores ou cargas indutivas.

Optou – se por desenvolver um circuito **SSR** de acionamento na base um **optoacoplador (MOC3021)** e **TRIAC (BTA16-600B)**. O **Optoacoplador** com saída **TRIAC** para

Tabela 3.3: Aereado Modelo BRX 500.

Cobertura: 500 mts ² .
Motor Weg (Monofasico) Eixo de Inox.
Potência: 0,5cv – 367watts
Altura de lançamento: 1 Metro,
Vazão 150m³/hora.
Rotação 3400 rpm.
Diâmetro de lançamento: 3.20.
Consumo: 0,20 kwh.
Peso: 10,20.
Tensão: 220V.

Fonte: <https://www.magaluempresas.com.br/aerador-chafariz-p-tanques-de-peixes-piscicultura-05-cv-top-aeradores-brx-aeradores/p/cck3fd50fa/pe/ppex>

isolar a parte de controlo (sinal de entrada) da parte de potência.

A corrente necessária par acionar o LED do **MOC3021** que é de **15mA**, colocou-se um IED em paralelo com a entrada do **MOC3021** e um resistor de protencao de 120Ω.

Dados Necessários (extraídos do data sheet)

Dados: $V_{CC} = 5V$; $V_F = 1,2V$; $I_{FT} = 1 \text{ mA}$; $V_{LED1} = 2V$

Cálculo do Resistor de Entrada

$$R_{in} = \frac{V_{CC} - V_{LED1} - V_F}{I_{FT}} = \frac{5 \text{ V} - 2 \text{ V} - 1,2 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 120\Omega \quad \text{Valor comercial: } 120\Omega \quad (3.1)$$

Verificação da Potência Dissipada

$$P = I_{FT}^2 \times R_B = (0,0015 \text{ A})^2 \times (120\Omega) \approx 0,0027 \text{ W} \quad (3.2)$$

Figura 3.4: Folha de dados do **TRIAC BTA16-600B**.

◆ ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T _j = 25°C, unless otherwise specified)					
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
V _{DRM}	Repetitive peak off-state voltage	I _D =0.1mA	600		V
V _{RRM}	Repetitive peak reverse voltage	I _D =0.5mA	600		V
I _{GT}	Gate trigger current	V _G =12V; R _L = 100 Ω T2+ G+		50	mA
		T2+ G-		50	
		T2- G-		50	
		T2- G+		100	
V _T	On-state voltage	I _T =22.5A		1.6	V
I _H	Holding current	I _T =0.5A; I _{GT} =50m A		50	mA
V _{GT}	Gate trigger voltage	V _G =12V; R _L = 100 Ω T2+ G+		1.5	V
		T2+ G-		1.5	
		T2- G-		1.5	
		T2- G+		1.8	

Fonte: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/440942/ISC/BTA16-600B.html>

Para determinar o valor mínimo do resistor R_{GT} na entrada do TRIAC (gate), precisamos considerar a corrente mínima de gate (I_{GT}) necessária para garantir que o **TRIAC** conduza, bem como a tensão disponível para acioná-lo.

Dados necessários

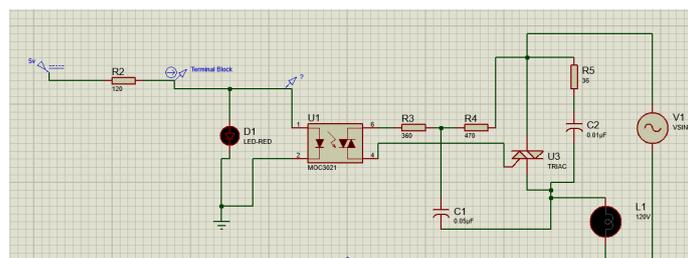
Dados: $I_{GT} = 50 \text{ mA}$; $V_{GT} = 1.5 \text{ V}$; Assumindo a tensão de controle disponível (Tensão de alimentação do **TRIAC**): 5 V

$$R_{GT} = \frac{V_{CC} - V_{GT}}{I_{GT}} = \frac{5\text{V} - 1.5\text{V}}{0.050\text{A}} = 70\Omega \quad \text{Valor comercial: } 100\Omega \quad (3.3)$$

Verificação de potência dissipada

$$P = I_{GT}^2 \times R_{GT} = (0.050\text{A})^2 \times (100\Omega) = 0.25\text{W} \quad (3.4)$$

Figura 3.5: Circuito SRC Proposto (**Proteus Pro 8**).



Fonte: Autor.

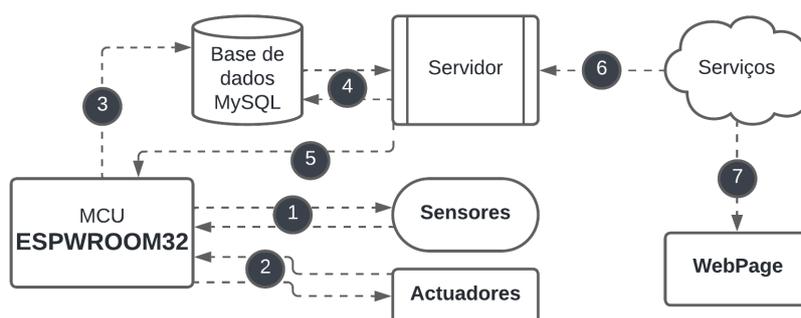
Aqui a fonte de 3.3 seguido do interruptor representam tensão de operação do microcontrolador e o comando para acionar a carga, respectivamente. E a potência de operação dos resistores são todos eles comercialmente iguais aproximadamente à 0.25W, assim serão utilizados resistores de 1/4W.

3.3 Desenvolvimento do Software do Sistema

Basicamente o **Software** ou aplicação de monitoramento e controle do sistema de produção de peixe em cativeiro integrado à Hidroponia irá consistir em uma **WebPage** que ira exibir os dados medidos pelos sensores, estados dos actuadores e permitirá com que se possa acionar os actuadores pela página.

Para que isso aconteça é necessário definir o protocolo que o microcontrolador vai utilizar para a sua comunicação com essa página já que sabemos que a gestão inicial dos dados é feita pelo **ESPWROOM32**. Este permite a conexão **Wi-fi** e **Bluetooth**, isto é, **Wireless**. Nisto vai se utilizar o conceito de servidor (computador), onde todos dados adquiridos pelo **MCU** serão enviados pela interface sem fio para um servidor que poderá disponibilizar esses dados através de uma interface amigável, além disso vai armazenar todos dados sobre o sistema em uma base de dados e o protocolo a seleccionar é o **HTTP**.

Figura 3.6: Arquitetura do Sistema.



Fonte: Autor.

Na **Figura 3.6** é possível, também, verificar a sequência lógica da atividade de monitoramento, inicialmente, os dados são coletados pelos sensores e/ou atuadores e lidos pelo **MCU** o qual envia os mesmos para o banco de dados **MySQL** o que os armazena, permanentemente, deixando-os disponíveis para a aplicação que os acessa via conexão

HTTP, feito isto as informações são disponibilizadas como serviço. O servidor hospeda lá uma página Web que é responsável por exibir todas as informações sobre os elementos do sistema.

O diagrama à cima **3.6** mostra que será utilizado um banco de dados **MySQL** e essa base de dados receberá dados do **MCU**, isto é, somente receberá esses dados se estiverem na mesma rede, compartilhando do mesmo **IP** de rede do ponto de acesso que o **MCU** está conectado.

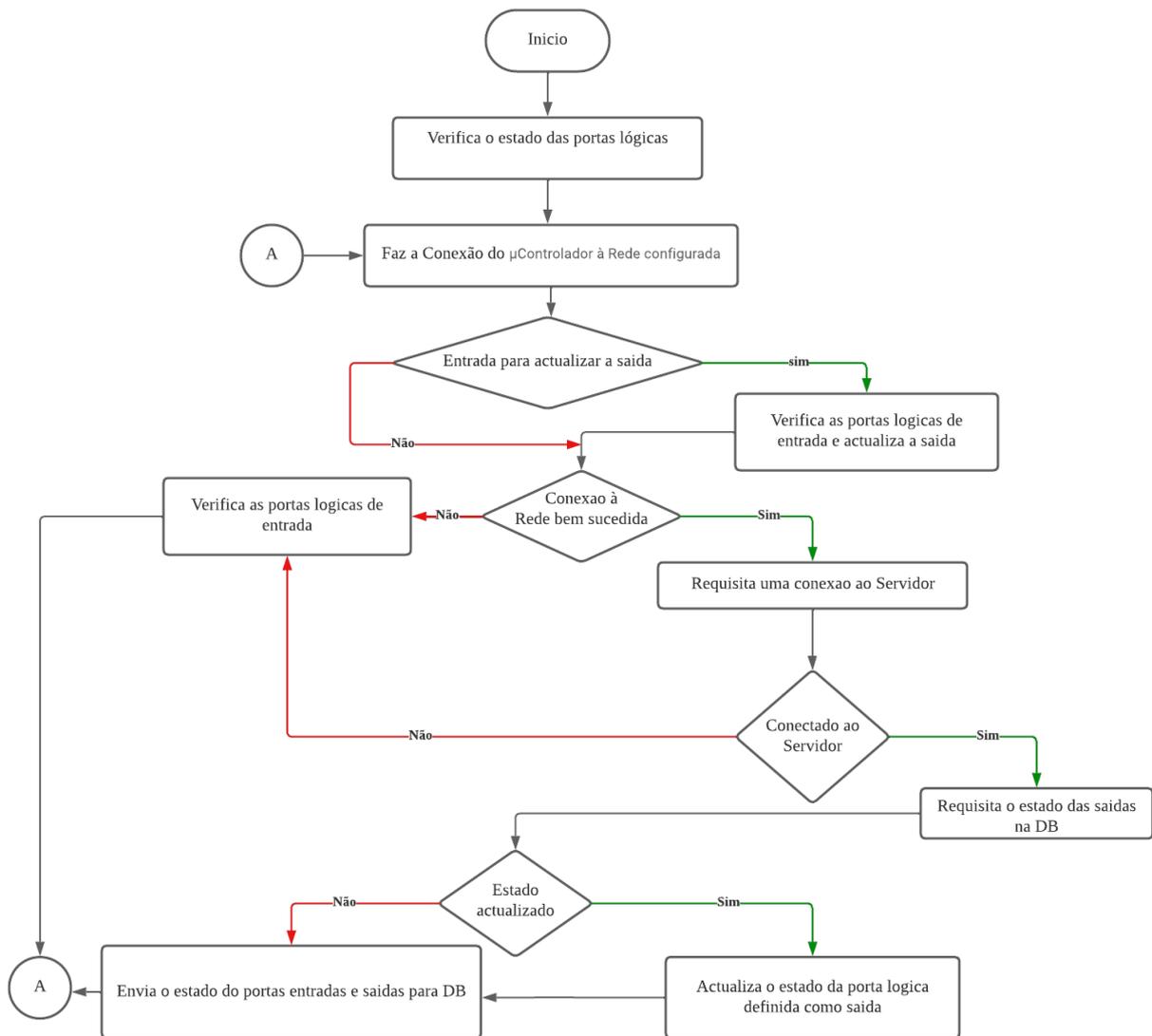
No **MCU** terá um programa (**FirmWare**) rodando, onde se fará a configuração de conexão a rede, além disso terá variáveis que concerne a cada elemento (sensor ou actuator) que serão utilizadas para enviar dados sobre o estado de cada elemento.

3.3.1 Programa do microcontrolador (Firmware)

Basicamente é o programa que estará a ser executado no microcontrolador, permitindo com que os dispositivos sejam acionados ou fazer aquisição de dados dos sensores do sistema e processa esses dados por meio dos algoritmo embutido no microcontrolador. Esse algoritmo escrito na linguagem de programação C++ e compilado na Arduino IDE. Esse programa tem *módulos*, *bibliotecas* que permitem com que ele se comunique com a *página web* por meio de **requisições HTTP** 2.9.3. Para melhor compreensão, vamos definir o funcionamento do *Firmware* por meio de **fluxograma**.

Basicamente o microcontrolador recebe da sua entrada variações de tensão (no caso dos sensores) e processa esses dados e envia esses dados para a base de dados por meio da **requisições HTTP**, nesse caso o método **POST**. No caso actualizar as saídas o microcontrolador requisita informações delas na base de dados para ver se existe alguma ação por executar, essa requisição é feita por meio do método **GET**, onde é dada ao microcontrolador informações do estudo actual da saída, isto é, no caso de haver alterações ou inputs através da *página web*. No caso em que houver uma de entrada para alterar o estado de alguma saída, o microcontrolador vai alterar o estado e enviar o estado da saída para a base de dados, através do método **POST**.

Figura 3.7: Fluxograma do programa do microcontrolador.

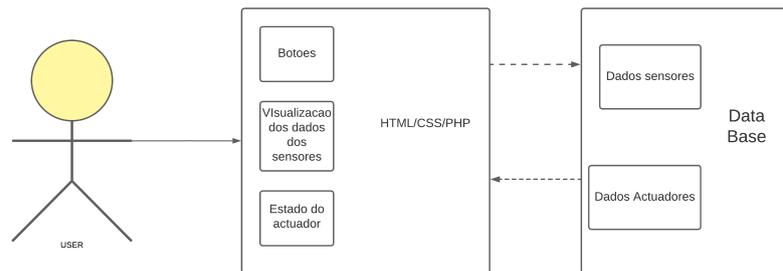


Fonte: Autor

3.3.2 Página web

Está armazenada num servidor local está conectada a mesma rede "**Wi-Fi**", estando ela também ligada a base de dados que contém as informações dos elementos do sistema, sendo ela responsável por fazer a interface entre o "microcontrolador" e o usuário, através da aquisição dos dados na base de dados. Essa *página web* tem uma interface amigável para o usuário, isto é, disponibiliza as informações dos sensores em "tempo real", e possibilita o usuário a alterar o estado das saídas definidas na página. Essa página escrita em *HTML* e *PHP*, estilizada com *CSS*.

Figura 3.8: Diagrama User.



Fonte: Autor

3.4 Levantamento de custos

Na **tabela 3.4** são apresentados os componentes do projeto, sendo o custo total de **86 563,00 MZN**. Para apresentação desta arquitetura e simulação, fez-se a implementação deste protótipo que contou com o material descrito na tabela 3.5 tendo um custo total de **6 255,00 MZN**.

Tabela 3.4: Custo dos componentes do projeto para implementação.

Componente	Descrição	Qde	Preço MZN
PC Desktop completo	Intel® Core™ i3-3220 3.20GHz 4GB RAM 500 GB Monitor 17"	1	9 500,00
Roteador	WiFi 2G/5G	1	4000,00
Circuito do protótipo		5	7 200,00
Fonte de Energia	12 e 5 VDC	1	1 500,00
Módulo Relé	1 canal	3	750,00
Sensor de Temperatura	DS18B20	1	650,00
Sensor de Sólidos Dissolvidos	Módulo TDS Sensor	1	1 600,00
Sensor de nível de água	Boia magnética	2	1 300,00
Módulo de Leitura Sensor de pH	BNC PH4502C	1	2 900,00
Bomba de Água GAMMA	220V/110V QB60 1.700L/h - GAMMA-G2761	2	10 500,00
Aerador Chafariz IP00 Mono	Trif Motor Weg 0,5 Cv - Monofásico	1	19 487,00
Juntas tipo T D50	PVC D50	2	70,00
Juntas tipo L D50	PVC D50	4	120,00
Tubos PPR	40m comprimento	1	300,00
Tubo PVC Azul D50	5 m	1	1 100,00
Tanque Reservatório	5mil litros	1	8 000,00
Tanque Circular Criação De Peixe	10.000 Litros	1	18 486,00
Total		86	563,00 MZN

Fonte: Autor

Tabela 3.5: Custo do circuito protótipo.

Componente	Descrição	Qde	Preço MZN
LED	Vermelho	3	30,00
Botoes	PUSH BUTTON	3	105,00
LCD	16x2 LCD	1	400,00
Módulo I2C	I2C para LCD	1	250,00
ESP32-WROOM-32U	WROVER-E, ESP32-D0WD-V3, 64Mbit PSRAM, 4MB SPI flas	1	1 500,00
PCB do circuito protó- tipo		5	2 200,00
Terminal Block	2 Saídas	9	225,00
Terminal Block	3 Saídas	6	210,00
Resistores	120 (0,5W)	3	30,00
Resistores	360 (0,5W)	3	30,00
Resistores	470 (0,5W)	3	30,00
Resistores	36 (0,5W)	3	30,00
Resistores	4k7 (0,25W)	1	10,00
TRIAC	BTA16-600B	3	225,00
Optocoplador	MOC3021	3	75,00
Capacitor	0,047uF	3	225,00
Capacitor	0,01uF	3	225,00
Switch		3	75,00
Terminal Block	Macho 40 pinos	1	30,00
Terminal Block	Fêmea 40 pinos	1	30,00
Estanho	2 metros	1	200,00
Conector	Macho Macho 10cm	10	100,00
Conector	Macho Fêmea 10cm	10	100,00
Total			6 255,00
			MZN

Fonte: Autor

Capítulo 4

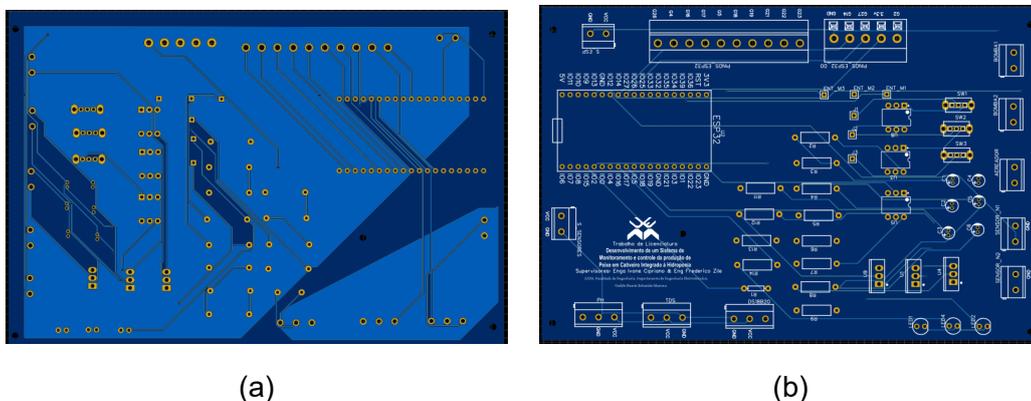
Testes e Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos com os testes realizados utilizando o protótipo desenvolvido. Esses testes foram feitos de modo a verificar a comunicação dos dispositivo, isto é, primeiramente microcontrolador com os sensores e actuadores de seguida a comunicação entre o microcontrolador com o servidor (base de dados). Alguns arquivos de media que demostram o funcionamento do protótipo estão disponível no endereço no rodapé ¹.

4.1 Circuito Físico

Consiste num conjunto de conexões entre o microcontrolador com módulos sensores ou sensores e o dimensionado módulo relé. Esse circuito foi concebido em **PCB**, que pode-se ver o resultado na **Figura 4.1**.

Figura 4.1: Protótipo: (a)PCB 2D parte inferior, (b) PCB 2D parte Superior.



Fonte: Autor.

¹<https://drive.google.com/drive/folders/1CeUEW2mdsfVQh97IW69kHpyth04xUqvh?usp=sharing>

Os esquema eléctrico do circuito pode ser visualizado no arquivo **PDF** no drive do link à baixo ² ou nos anexos do respectivo trabalho.

4.2 Resposta dos Sensores

No entanto, aqui estarão mostrados os dados obtidos pelos sensores, esses dados que serão instantaneamente mostrados na Web Page e estão guardados na base de dados no servidor.

Tabela 4.1: Conteúdo da tabela ds18b20.

id	temperatura	datahora
297	28.56	2024-09-23 00:47:52
309	28.62	2024-09-23 00:51:50
311	28.62	2024-09-23 00:52:36
312	28.62	2024-09-23 00:52:59
315	28.62	2024-09-23 00:54:16

Fonte: Autor

Tabela 4.2: Conteúdo da tabela ph.

id	ph_valor	datahora
191	7.25	2024-09-23 00:51:03
192	7.77	2024-09-23 00:51:20
194	7.9	2024-09-23 00:52:07
198	7.82	2024-09-23 00:53:37
200	8.09	2024-09-23 00:54:25

Fonte: Autor

Aqui temos parte das tabelas que guardam os dados da leitura dos sensores de temperatura e pH respectivamente, esses dados foram medidos no momento em que se estabeleceu uma comunicação entre o microcontrolador, rede e o servidor com a base de dados.

²https://drive.google.com/drive/folders/1VfMY6ZT_a1jvIUUnFsq6nfDNaRoTyFMUn?usp=sharing

As condições de medição podemos ver na figura a baixo, que os sensores estavam num recipiente com água, fazendo a medição da sua temperatura e pH.

Figura 4.2: Balde com sensores.



Fonte: Autor

Só para salientar, a data do teste 2024-09-23, essa experiencia durou 2 horas, isto é, entre as horas da madrugada e 2 horas, em que as condições ambientais, concretamente a temperatura de previsão do dia era de 32 graus célsius, isto em Maputo, Boane. Naquela período se registava-se uma temperatura de 31 graus de temperatura ambiente.

De acordo com a média da temperatura da água no balde medida pelo sensor 2 horas de experiência, que foram guardadas na base de dados sensor obteve-se:

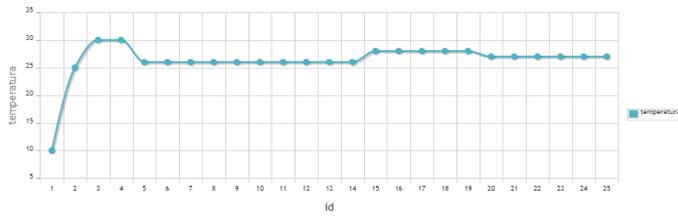
$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = \bar{T} = \frac{28.62 + 28.5 + 28.56 + \dots + 28.44}{165} = 28.53 \quad (4.1)$$

Pode se verificar que naquele momento os dados do sensor de temperatura variam menos que os do sensor pH, isto porque no momento do teste o sensor pH não se encontrava calibrado para medir o valor aproximados de pH, pois sabemos que o pH da água é igual a 7.

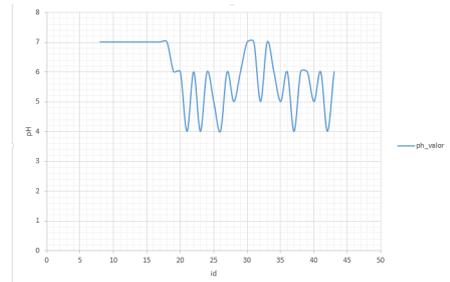
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x} = \frac{7.25 + 7.77 + 7.53 + 7.9 + 8.37 + \dots + 8.58}{20} = 7.945 \quad (4.2)$$

Com essa média obtida verifica-se que esse pH está numa média próxima de 8.0, comprova que o sensor faz leitura, mas pelo facto de não estar ainda calibrado não fornece dados fiéis.

Figura 4.3: Protótipo: (a) Gráfico de temperatura, (b) Gráfico pH.



(a)



(b)

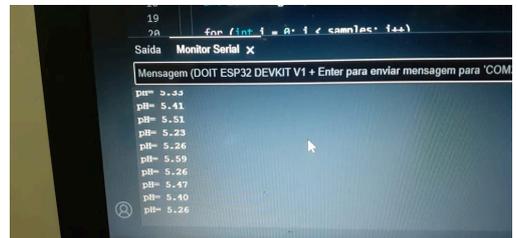
Fonte: Autor.

Depois da calibração do sensor pH, foi possível obter os seguintes resultados, em solução ácida onde tem sumo de limão se verifica um pH em torno do valor 5.0 e quando o é colocado o sensor em uma solução contendo água o seu valor está em torno dos 7.5.

Figura 4.4: Copo com sumo de Limão.



Figura 4.5: Resultado do valor pH obtido.



Fonte: Autor.

Figura 4.6: Copo com Água da Torneira.



Figura 4.7: Resultado do valor pH obtido.



Fonte: Autor.

A condutividade elétrica da água está diretamente relacionada à presença de íons dissolvidos que conduzem eletricidade. A água pura, ou seja, sem impurezas ou sais dissolvidos, tem uma condutividade elétrica muito baixa, quase nula (na faixa de 0,05 a 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em ppm, 0,025ppm a 5ppm). Isso ocorre porque a água pura não possui muitos íons livres para conduzir a eletricidade.

Quando você adiciona sal (como cloreto de sódio, NaCl) à água, o sal se dissocia em íons de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), aumentando a quantidade de íons livres na solução. Esses íons são os responsáveis por transportar a corrente elétrica, e, por isso, a condutividade elétrica aumenta significativamente (condutividade em torno de 50.000 a 55.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em ppm, 25.000ppm a 27.500ppm) isso em uma quantidade de 35 gramas de NaCl por litro de água.

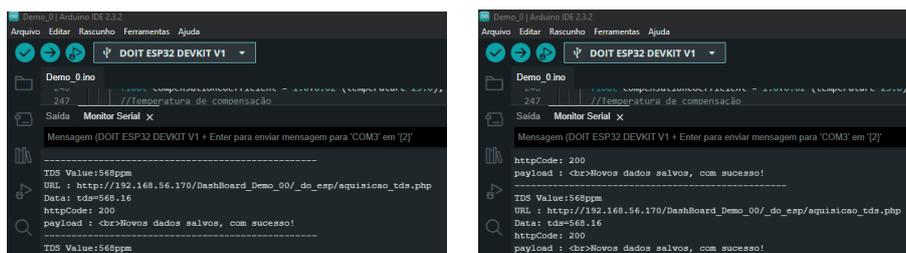
Aqui foi utilizada uma quantidade de água retirada diretamente da torneira e medida a quantidade de sais dissolvidos na água em dias diferentes e esses dados foram adicionados a web, como podemos ver na tabela à baixo:

Tabela 4.3: Conteúdo da tabela solidos_dissolvidos

id	solidos_dissolvidos	datahora
527	271.54	2024-09-13 23:36:33
3275	120.28	2024-09-23 10:35:45
3306	228.72	2024-09-23 10:36:05
3740	230.4	2024-09-23 10:40:09
3741	229.84	2024-09-23 10:40:14

Fonte: Autor.

Figura 4.8: Protótipo: (a) Salvando na base de dados, (b) Salvando na base de dados, valores do sensor TDS.



(a)

(b)

Fonte: Autor.

Capítulo 5

Considerações finais

5.1 Conclusão

Ao longo do estudo, analisou-se o modelo de produção de peixe em cativeiro, verificando-se que o monitoramento e controle desse sistema dependem de parâmetros essenciais, como temperatura, pH e oxigênio dissolvido, que afetam diretamente a qualidade da produção. A utilização de dispositivos medidores portáteis, bombas de oxigenação e de reposição de água mostrou-se fundamental para o manejo adequado, mas apresentando uma série de desvantagens.

Observou-se que o sistema proposto consiste em dois subsistemas, chamado de Aquaponia (contendo um "loop infinito" na circulação de água entre os sistemas), pois é uma junção de um sistema de aquicultura (criação de peixes em cativeiro) e hidroponia (produção de vegetais sem uso de solo), trazendo vantagens como evitar o desperdício de água.

Dimensionado o protótipo do sistema em questão, com o objetivo de fazer prova de conceitos onde constatou-se que a aplicação de tecnologias de IoT possibilitou a automação do monitoramento desses fatores, permitindo a coleta de dados dos sensores em tempo real e o envio para uma base de dados de uma rede local, possibilitando a interação direta do usuário para acionar os atuadores conforme necessário.

Os resultados obtidos com a implementação do protótipo confirmam que os objetivos do trabalho foram alcançados. A automação por meio de IoT simplificou o monitoramento e controle dos fatores ambientais, além de melhorar a eficiência do processo de produção de peixes em cativeiro. O trabalho demonstrou a viabilidade e eficácia do sistema desenvolvido, evidenciando o potencial das tecnologias inovadoras.

5.2 Constrangimentos

Uma das principais dificuldades destacadas pelo autor foi o custo elevado para adquirir certos materiais, como o sensor de oxigênio dissolvido. O autor não conseguiu encontrar no mercado nacional um sensor compatível com o microcontrolador utilizado, o que impossibilitou a sua inclusão no protótipo. Essa situação foi considerada pelo autor como um "tiro calcanhar de Aquiles" no projeto.

Além disso, ao desenvolver a página web, o autor enfrentou desafios na escolha da linguagem de programação. Optou por utilizar PHP, CSS e HTML para facilitar a interação entre a página web e a base de dados que armazenava os dados dos sensores. Essa escolha foi crucial para superar a dificuldade e garantir uma interação eficiente.

Para contornar esses obstáculos, o autor dedicou-se a pesquisas extensivas, leitura de documentos e consultas a vídeos no YouTube. Essas fontes de informação foram fundamentais para adquirir conhecimentos necessários e encontrar soluções práticas para os problemas enfrentados.

No geral, o autor demonstrou habilidade em superar desafios, adotando uma abordagem proativa e utilizando recursos disponíveis para resolver questões específicas, contribuindo assim para o avanço bem-sucedido do projeto.

5.3 Recomendações para trabalho futuro

1. **Desenvolvimento de Sensores Econômicos:** Propor o desenvolvimento de sensores de oxigênio dissolvido economicamente viáveis, utilizando sondas ópticas e explorando propriedades ópticas do meio aquático. Isso pode ser aplicado em diferentes contextos agrícolas.
2. **Aplicação Móvel e Comunicação Emergencial:** Considerar a criação de uma aplicação móvel para a programação web, proporcionando maior flexibilidade ao usuário. Além disso, implemente um sistema de comunicação emergencial para notificar o usuário em situações críticas.
3. **Adoção de Protocolos Modernos:** Sugerir a adoção de protocolos mais modernos, como o **MQTT**, para melhorar a eficiência do sistema, oferecendo facilidade e telemetria, além de proporcionar informações precisas sobre os níveis de oxigênio dissolvido na água.

4. **Sensores de nível:** Se for utilizar o modelo do sensor de nível que é apresentado para o protótipo do corrente trabalho, recomendo utilizar mais de um em cada recipiente para garantir maior precisão nos dados demonstrados na Web, isto é, utilizar 3 sensores em cada recipiente que queira medir a quantidade e o valor lógico de cada um estando em três fases, nomeadamente, Baixo ou Inadequado (sensor instalado no fundo do tanque), Médio ou Razoável (sensor instalado no meio do tanque) e Bom ou Adequado (sensor instalado mais ou menos top do tanque do tanque).

5. **Acesso Remoto:** Uma opção seria hospedar o site (**WebPage**) comprando um domínio público acessível na **Web**, juntamente com um serviço de hospedagem, permitindo que ele seja acessado de qualquer parte do mundo com acesso à Internet através desse domínio. Outra opção, um pouco mais trabalhosa, seria hospedar o site localmente em uma **LAN** e adquirir um **IP público fixo** junto ao seu **ISP** (Provedor de Serviços de Internet) para permitir o acesso remoto à máquina (**Host**) onde o site está hospedado. Nesse caso, seria necessário configurar o roteamento de portas no roteador, abrindo as portas específicas para conexão remota e associando o **IP público** ao endereço **IP interno da máquina local**. Além disso, seria preciso garantir que o **servidor web** e o **firewall** estejam configurados corretamente para permitir o acesso externo.

Bibliografia

- [1] ALTAMAR. 2021. MEDIDOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO PARA AQUICULTURA – CABO DE 4M HI9147-04. Disponível em: <https://altamar.com.br/produto/medidor-de-oxigenio-dissolvido-para-aquicultura-cabo-de-4m-hi9147-04/>. Acesso em: 20 de outubro de 2023 (23:05:00)
- [2] CANASTRA, Inês Isabel de Oliveira. *Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático*. 2017. Orientador: António Paulo Alves Ferreira de Carvalho. Coorientador: Pedro Joshua Caels. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Recursos Biológicos Aquáticos, Biologia.
- [3] CAMBOIM, Laércio Ferro et al. *Desenvolvimento de protótipo de aerador fotovoltaico aplicado à piscicultura de pequeno e médio porte*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 5, n. 10, p. 665-675, 2018.
- [4] CASTELLANE, P.D. ARAUJO, J.A.C. *Cultivo sem solo: hidroponia*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 43 p.
- [5] CECCARELLI, Paulo S., SENHORINI, José A., VOLPATO, Gilson L.. *Dicas em Piscicultura*. Santana Gráfica Editora, Bocatu – SP. 2000.
- [6] CYRINO, J. E. P. et al. *A Piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura*. Revista Brasileira de Zootecnia. São Paulo, v. 39, supl. especial, 2010.
- [7] DIVER, Steve. *Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture*. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information. 2006.
- [8] Euler Oliveira, *Como usar com Arduino – Sensor de Temperatura DS18B20 Prova D'água do Tipo Sonda*. Disponível:

<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-temperatura-ds18b20-prova-dagua-do-tipo-sonda>. Acessado: 02 de Julho de 2024 (21:45:10).

- [9] FAO. (2017). *Relatório sobre a produção de peixe em Moçambique: Desafios e Perspectivas*. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
- [10] Félix, Tomás (2022) *IoT (Internet of Things) Podemos confiar?* (Dissertação) Lisboa: Instituto Superior de Tecnologias Avançadas(ISTEC)
- [11] Francisco das chagas de Medeiros e Adair José de Moraes (2013) *COMO INICIAR PISCICULTURA COM ESPÉCIES REGIONAIS*, Sebrae, 1ª edição, Brasília.
- [12] HIDROSENSE. 2021. Medidor de Condutividade Condutivímetro Digital Modelo COM-80 HM + Solução de Calibração Grátis. Disponível em: <https://www.hidrosense.com.br/medidores/medidor-de-ec-com-80>. Acesso em: 20 de outubro de 2023 (23:05:00)
- [13] Hydrofarm - Bomba de Agua Sumergible para Hidroponia. Disponível em: <https://hydrocultura.com/products/hydrofarm-bomba-de-agua-sumergible-para-hidroponia>. Acesso em: 03 Julho de 2024 (20:15:00)
- [14] KHAN, Rafiullah et al (2012) *Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges*. 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, [s.l.], p.25. Recuperado de <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6424332>>.
- [15] MMAIP (2021) *Estratégia para o Desenvolvimento da Aquacultura 2020 – 2030*. Recuperado de <https://www.proazul.gov.mz/wp-content/uploads/2021/08/Estregetia-para-o-Desenvolvimento-de-Aquicultura-EDA-27.06.pdf>
- [16] Maurício Cordeiro. *Medição & Controle pH em controle de Processos*. 2 de abril de 2021 Disponível em: <https://i0.wp.com/www.dicasdeinstrumentacao.com/wp-content/uploads/2021/04/Eletrodo-de-PH.png?w=606&ssl=1>. Acesso em: 01 de Julho de 2024 (18:25:03)

- [17] Naara. BOMBA OXIGENIO AERADOR CHAFARIZ PARA PISCICULTURA EM SÃO PAULO. Disponível em: <https://www.permutalivre.com.br/716212/bomba-oxigenio-aerador-chafariz-para-piscicultura.html>. Acesso em: 30 de outubro de 2023 (19:05:00)
- [18] Newton C. Braga, *Relés de estado sólido (ART008)*, Disponível: <https://www.newtoncbraga.com.br/como-funciona/677-reles-de-estado-solido.html> Acessado: 01/Julho/2024, 19:50:44.
- [19] Newton C. Braga, *A evolução dos relés (ART564)*, Disponível: https://www.newtoncbraga.com.br/images/stories/artigos9/art0564_01.jpg Acessado: 01/Julho/2024, 19:14:44.
- [20] OSTRENSKY, A.; BOEGER, V. *Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo*. Guaíba: Agropecuária, 1998.
- [21] RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture*. Aquaculture Center Publications, 2006.
- [22] Rangel Gonçalves (2019) *Automatização Residencial: Um Estudo De Caso Da Aplicação Da Internet Das Coisas* (Dissertação) Florianópolis, S: Universidade Do Sul De Santa Catarina
- [23] SACCONI, L. A. *Dicionário Sacconi da Língua Portuguesa*. São Paulo: Escala, 2011.
- [24] SANTOS, IZAIAS (2020) *Automação de processos do agronegócio auxiliada pela internet das coisas (IoT): Uma proposta de implementação de um gateway de IoT para simplificar a automatização da aquicultura* (Dissertação) Medianeira: Universidade Tecnológica Federal Do Paraná
- [25] SANTOS, O.S. *Conceito, histórico e vantagens da hidroponia*. In: Santos, O. *Hidroponia da alface*. Santa Maria. UFSM. 2000.
- [26] SERAFIM, Edivaldo. *Uma Estrutura de Rede Baseada em Tecnologia IoT para Atendimento Médico a Pacientes Remotos*. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Engenharia de Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- [27] SILVA, F. A. da. *Aquaponics: Sustentabilidade em pequenas propriedades de produção de alimentos*. 2021. 142 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- [28] SOUZA, C. R.; MARCHINI, A. *Aplicação da hidroponia para a produção de alface: estudo de caso*. 2013.
- [29] TACON, A. G. J.; METIAN, M. *Global fish production trends: impacts and opportunities*. 2013.
- [30] VERMEULEN, S. J. et al. *The role of aquaculture in sustainable development: Opportunities and challenges*. 2013.

Anexos

Anexo 1

Códigos

1.1 Firmware do Microcontrolador

```
1 //Conexao WiFi e Comunicacao 22 //Bombas de agua
2 #include <HTTPClient.h> 23 #define b1 16
3 #include <WiFi.h> 24 #define b2 17
4 #define ON_Board_LED 2 25 //Areador (ou alimentador)
5 //Sensor Temperatura DS18B20 26 #define a1 19
6 #include <OneWire.h> 27
7 #include <DallasTemperature.h> 28 //botoes
8 #include <LiquidCrystal_I2C.h> 29 #define input_Bomba1 26
9 30 #define input_Bomba2 27
10 //sensor tds 31 #define input_Areador 14
11 #define TdsSensorPin 34 // Pino 32
12 // analógico onde o sensor TDS 33 //circulacao de agua
13 #define VREF 3.3 // Tensão de 34 unsigned long previousMillis = 0;
14 // referência do ESP32 ( // Armazena o último tempo que
15 // normalmente 3.3V) o LED foi atualizado
16 #define SAMPLES 10 // Número de 35 const long interval = 1500; //
17 // amostras para a média Intervalo de 15 segundos
18 // (15000 milissegundos)
19 //sensor de temperatura 36
20 #define DS18B20 15 37 //LCD
21 //Sensores de nivel de agua 38 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2)
22 // 39 ;
23 #define pinSensorTanque 13 40 //Sensor Temperatura:
24 #define pinSensorReserv 12 41 OneWire oneWire(DS18B20);
```

```

42 //Repassa as referencias do                               ://192.168.227.170/
    oneWire para o Sensor Dallas (                          DashBoard_Demo_00/_do_esp/
    DS18B20)                                                 sensorPH.php";
43 DallasTemperature Sensor(&oneWire)                          String URL2 = "http
    ;                                                       ://192.168.227.170/
44 // Variavel para Armazenar os                            DashBoard_Demo_00/_do_esp/
    dados de Leitura                                       aquisicao_tds.php";
45 float leitura;                                           68 String URL3 = "http
46                                                       ://192.168.227.170/
47 // Parametros para leitura sensor                       DashBoard_Demo_00/_do_esp/
    tds                                                     aquisicao_n1.php";
48 float adcValue = 0;                                       69 String URL4 = "http
49 float voltage = 0;                                       ://192.168.227.170/
50 float tdsValue = 0;                                       DashBoard_Demo_00/_do_esp/
51 float temperature = 25; // Pode                          aquisicao_n2.php";
    adicionar um sensor de                                  70 const char* ssid = "onildo";
    temperatura se necessário                              71 const char* password = "
52                                                       @n1l606u4rt3";
53 //Sensor pH                                              72 const char* host = "http
54 int pHSense = 35;                                         ://192.168.227.170";
55 int samples = 10;                                         73
56 float adc_resolution = 4095.0; // 74 void setup() {
    ESP 32 ADC Resolution                                  75
57                                                       76 lcd.init();
58 int buf[10],temp=0;                                       77 lcd.backlight();
59                                                       78 lcd.setCursor(0, 0);
60 //sensores nivel de agua                                  79 lcd.print("Ola, ESP32!");
61 bool estadoTanque = HIGH;                                  80 lcd.setCursor(0, 1);
62 bool estadoReserv = HIGH;                                  81 lcd.print("Marraca, Onildo!");
63                                                       82
64 //Comunicacao (Importante:                                83 // Inicia a Serial
    Configurar o IP do computador                          84 Serial.begin(9600);
    onde está armazenado os                                85 delay(500);
    documentos de comunicação com                          86
    a web!)                                                87 WiFi.mode(WIFI_STA);
65 String URL0 = "http                                        88 WiFi.begin(ssid, password);
    ://192.168.227.170/                                    89 Serial.println("");
    DashBoard_Demo_00/_do_esp/                              90
    temperatura.php";                                       91 // Inicia o Sensor temperatura:
66 String URL1 = "http                                        92 Sensor.begin();

```

```

93                                     123
94     pinMode(TdsSensorPin, INPUT);    124
95     pinMode(pinSensorTanque,        125
          INPUT_PULLUP);
96     pinMode(pinSensorReserv,        126
          INPUT_PULLUP);
97     pinMode(ON_Board_LED, OUTPUT);   127
98     pinMode(b1, OUTPUT);             128
99     pinMode(b2, OUTPUT);             129
100    pinMode(a1, OUTPUT);             130
101    pinMode(input_Bomba1,            131
          INPUT_PULLUP);
102    pinMode(input_Bomba2,            132
          INPUT_PULLUP);
103    pinMode(input_Aereador,          133
          INPUT_PULLUP);
104                                     134
105    //-----Esperando a conexao WiFi 135
          -fi                               136
106    Serial.print("Connecting");        137
107    while (WiFi.status() !=          138
          WL_CONNECTED) {
108        Serial.print(".");           139
109                                     140
110        digitalWrite(ON_Board_LED, LOW 141
          );
111        delay(250);                  142
112        digitalWrite(ON_Board_LED,    143
          HIGH);
113        delay(250);}                144
114    lcd.clear();                     145
115                                     146
116    float ph_lei (float voltage) {    147
117        return 5.32 + ((2.50 - voltage)148
          / 0.18);
118    }
119                                     149
120    void ph(){
121                                     150
122        int measurings=0;

```

```

for (int i = 0; i < samples; i
++){
    measurings += analogRead(
        pHSense);
    delay(10);}

float voltage = 3.3 /
    adc_resolution * measurings/
    samples;
//voltage -=2.0;

float pHValue=ph_lei(voltage);
Serial.print("sensor_pH = ");
Serial.println(pHValue);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("pH:");
lcd.print(pHValue,1);

String postData = "pH=" + String
    (pHValue);

HTTPClient http;
http.begin(URL1);
http.addHeader("Content-Type", "
    application/x-www-form-
    urlencoded");

int httpCode = http.POST(
    postData);
String payload = http.getString
    ();

Serial.print("URL : "); Serial.
    println(URL1);
Serial.print("Data: "); Serial.
    println(postData);
Serial.print("httpCode: ");
    Serial.println(httpCode);

```

```

151     Serial.print("payload : ");
        Serial.println(payload); 182
152     Serial.println("-----");
153     delay(500);} 183
154
155 void temperatura(){ 184
156
157     // Leitura do Sensor DS18B20 185
158     Sensor.requestTemperatures(); 186
159
160     // Armazena na variavel o valor 187
161     da Leitura 189
162     leitura = Sensor.getTempCByIndex
163     (0); 190
164
165     // Imprime na Tela a Leitura 191
166     Serial.print(leitura);
167     Serial.println("°C"); 192
168
169     lcd.setCursor(0, 0); 193
170     lcd.print("T: ");
171     lcd.print(leitura,0); 194
172
173     String postData = "temperatura="
174     + String(leitura); 195
175
176     HTTPClient http; 196
177     http.begin(URL0);
178     http.addHeader("Content-Type", "198
179     application/x-www-form-
180     urlencoded");
181
182     int httpCode = http.POST( 199
183     postData);
184     String payload = http.getString
185     (); 200
186
187     Serial.print("URL : "); Serial.
188     println(URL0);
189     Serial.print("Data: "); Serial.201
190
191     println(postData);
192     Serial.print("httpCode: ");
193     Serial.println(httpCode);
194     Serial.print("payload : ");
195     Serial.println(payload);
196     Serial.println("
197     -----");
198     delay(500);}
199
200 void tds(){
201     adcValue = 0;
202     // Coletar múltiplas leituras e
203     fazer a média
204     for (int i = 0; i < SAMPLES; i
205     ++) {
206         adcValue += analogRead(
207             TdsSensorPin);
208         delay(10);}
209
210     adcValue = adcValue / SAMPLES;
211     // Calcular a média das
212     leituras
213     voltage = adcValue * (VREF /
214     4095.0); // Converter o
215     valor ADC para tensão
216
217     // Fórmula para calcular o valor
218     de TDS em ppm
219     float compensationCoefficient =
220     1.0 + 0.02 * (temperature -
221     25.0); // Compensação de
222     temperatura
223     float compensationVoltage =
224     voltage /
225     compensationCoefficient;
226     tdsValue = (133.42 *
227     compensationVoltage *
228     compensationVoltage *
229     compensationVoltage
230     - 255.86 * compensationVoltage *

```

```

    compensationVoltage          -----");}
202 + 857.39 * compensationVoltage)229
    * 0.5; // Fator de escala 230 void sensores_nivel(){
    de 0.5 para TDS 231
203 232 estadoTanque = !digitalRead(
204 //Serial.print("voltage:"); pinSensorTanque);
205 //Serial.print(averageVoltage,2)3 estadoReserv = !digitalRead(
    ; pinSensorReserv);
206 //Serial.print("V "); 234
207 Serial.print("TDS Value:"); 235 if (estadoReserv) {
208 Serial.print(tdsValue,0); 236 Serial.println("Reservatorio
209 Serial.println("ppm"); OK!!");
210 237 lcd.setCursor(6,1);
211 lcd.setCursor(7, 0); 238 lcd.print("N2 OK");
212 lcd.print("DS: "); 239 delay(200);
213 lcd.print(tdsValue,0); 240 //String n2 = `Adequado`; //
214 Exemplo de tdsValue sendo
215 String postData = "tds=" + uma string
    String(tdsValue); 241 String postData = "n2= '
216 Adequado'";
217 HTTPClient http; 242 HTTPClient http;
218 http.begin(URL2); 243 http.begin(URL4);
219 http.addHeader("Content-Type", "244 http.addHeader("Content-Type",
    application/x-www-form- 245 "application/x-www-form-
    urlencoded"); urlencoded");
220
221 int httpCode = http.POST( 246 int httpCode = http.POST(
    postData); 247 postData);
222 String payload = http.getString 248 String payload = http.
    (); 248 getString();
223
224 Serial.print("URL : "); Serial.249 Serial.print("URL : "); Serial
    println(URL2); 250 .println(URL4);
225 Serial.print("Data: "); Serial. .println(postData);
    println(postData); 251 Serial.print("Data: "); Serial
226 Serial.print("httpCode: "); .println(postData);
    Serial.println(httpCode); 252 Serial.print("httpCode: ");
227 Serial.print("payload : "); Serial.println(httpCode);
    Serial.println(payload); 253 Serial.print("payload : ");
228 Serial.println(" Serial.println(payload);

```

```

254 Serial.println("                280 digitalWrite(b1, HIGH);}
      -----"); 281
255 //Faz parte da circulacao da 282
256 //Faz parte da circulacao da 283
      água 284
257 digitalWrite(b1, LOW);} else { 285
258 Serial.println("Reservatorio 286
      vazio!!"); 287
259 lcd.setCursor(6,1); 288
260 lcd.print("N2 VZ"); 289
261 delay(200); 290
262 //String n2 = 'Inadequado'; 291
263 String postData = "n2= ' 292
      Inadequado'";
264
265
266 HTTPClient http; 293
267 http.begin(URL4); 294
268 http.addHeader("Content-Type", 295
      "application/x-www-form-
      urlencoded");
269
270 int httpCode = http.POST( 296
      postData);
271 String payload = http. 297
      getString();
272
273 Serial.print("URL : "); Serial 298
      .println(URL3);
274 Serial.print("Data: "); Serial 299
      .println(postData);
275 Serial.print("httpCode: "); 300
      Serial.println(httpCode);
276 Serial.print("payload : "); 301
      Serial.println(payload);
277 Serial.println(" 302
      -----");
278
279 //Faz parte da circulacao da 303
      água 304
      -----"); 305
      //Faz parte da circulacao da 306
      água 307
      -----"); 308
      if (estadoTanque) { 309
      Serial.println("Tanque OK!!"); 310
      lcd.setCursor(12,1); 311
      lcd.print("N OK"); 312
      delay(200); 313
      // String n1 = 'Adequado'; 314
      String postData = "n1= ' 315
      Adequado'";
      HTTPClient http; 316
      http.begin(URL3); 317
      http.addHeader("Content-Type", 318
      "application/x-www-form-
      urlencoded");
      int httpCode = http.POST( 319
      postData);
      String payload = http. 320
      getString();
      Serial.print("URL : "); Serial 321
      .println(URL3);
      Serial.print("Data: "); Serial 322
      .println(postData);
      Serial.print("httpCode: "); 323
      Serial.println(httpCode);
      Serial.print("payload : "); 324
      Serial.println(payload);
      Serial.println(" 325
      -----");
      else { 326
      Serial.println("Tanque vazio!! 327
      ");
      lcd.setCursor(12,1); 328
      lcd.print("N VZ"); 329
      delay(200); 330
      //String n1 = 'Inadequado'; 331
      String postData = "n1= ' 332

```

```

    Inadequado';
308
309 HTTPClient http;
310 http.begin(URL3);
311 http.addHeader("Content-Type",
    "application/x-www-form-
    urlencoded");
312
313 int httpCode = http.POST(
    postData);
314 String payload = http.
    getString();
315
316 Serial.print("URL : "); Serial
    .println(URL3);
317 Serial.print("Data: "); Serial
    .println(postData);
318 Serial.print("httpCode: ");
    Serial.println(httpCode);
319 Serial.print("payload : ");
    Serial.println(payload);
320 Serial.println("
    -----");} }
321
322 //regime da Hidropomia
323 void ciculacao_agua(){
324
325 unsigned long currentMillis =
    millis(); // Obtém o tempo
    atual
326
327 if (currentMillis -
    previousMillis >= interval)
    { // Verifica se o intervalo
    foi atingido
328 previousMillis = currentMillis
    ; // Atualiza o último
    tempo
329
330 if (digitalRead(b2) == HIGH) {
    digitalWrite(b2, LOW);} else
    {
    digitalWrite(b2, HIGH);} }
//Acesso físico do sistema
void botoes(){
//Liga a bomba 1
if (digitalRead(input_Bomba1) ==
LOW) {
digitalWrite(b1, LOW);}
//Liga a bomba 2
if (digitalRead(input_Bomba2) ==
LOW {
digitalWrite(b2, LOW);}
//Liga Aereador
if (digitalRead(input_Aereador)
== LOW {
digitalWrite(a1, LOW);} }
void email(){
void acionarBomba1(){
HTTPClient http;
String GetAddress, LinkGet,
getData;
int id = 0;
GetAddress = "/DashBoard_Demo_00
/GetData.php";
LinkGet = host + GetAddress;
getData = "ID=" + String(id);
Serial.println("-----
Connect to Server
-----");
Serial.println("Get LED Status
from Server or Database");
Serial.print("Request Link : ");
Serial.println(LinkGet);
http.begin(LinkGet);
http.addHeader("Content-Type", "
application/x-www-form-

```

```

        urlencoded");
361 int httpCodeGet = http.POST(
        getData);
362 String payloadGet = http.
        getString();
363 Serial.print("Response Code : ")
        ;
364 Serial.println(httpCodeGet);
365 Serial.print("Returned data from
        Server : ");
366 Serial.println(payloadGet);
367
368 if (payloadGet == "1") {
369     digitalWrite(b1, HIGH);
370     Serial.println("Bomba 1
        acionada com sucesso");}
371 if (payloadGet == "0") {
372     digitalWrite(b1, LOW);
373     Serial.println("Bomba 1
        desligada!");}
374 http.end();}
375
376 void acionarBomba2(){
377     HTTPClient http;
378     String GetAddress, LinkGet,
        getData;
379     int id = 0;
380     GetAddress = "/DashBoard_Demo_00
        /obter_bomba2.php";
381     LinkGet = host + GetAddress;
382     getData = "ID=" + String(id);
383     Serial.println("-----
        Connect to Server
        -----");
384     Serial.println("Get LED Status
        from Server or Database");
385     Serial.print("Request Link : ");
386     Serial.println(LinkGet);
387     http.begin(LinkGet);
388     http.addHeader("Content-Type",
        application/x-www-form-
        urlencoded");
389     int httpCodeGet = http.POST(
        getData);
390     String payloadGet = http.
        getString();
391     Serial.print("Response Code : ")
        ;
392     Serial.println(httpCodeGet);
393     Serial.print("Returned data from
        Server : ");
394     Serial.println(payloadGet);
395
396 if (payloadGet == "1") {
397     digitalWrite(b2, HIGH);
398     Serial.println("Bomba 2
        acionada com sucesso");}
399 if (payloadGet == "0") {
400     digitalWrite(b2, LOW);
401     Serial.println("Bomba 2
        desligada!");}
402 http.end();}
403
404 void acionarAlimentador() {
405     HTTPClient http;
406     String GetAddress, LinkGet,
        getData;
407     int id = 0; //--> ID in Database
408     int Stat;
409     GetAddress = "/DashBoard_Demo_00
        /GetData_Alimentador.php";
410     LinkGet = host + GetAddress;
411     getData = "ID=" + String(id);
412     Serial.println("-----
        Connect to Server
        -----");
413     Serial.println("Get LED Status
        from Server or Database");
414     Serial.print("Request Link : ");
415     Serial.println(LinkGet);

```

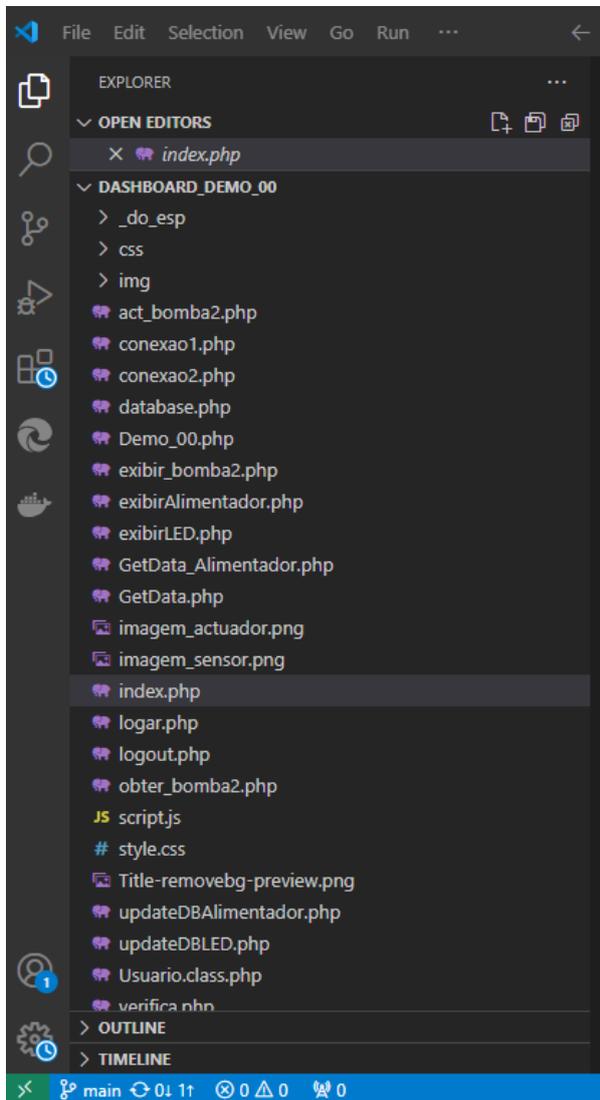
```

416     http.begin(LinkGet);                               446     // Acionar a bomba 1 na web
417     http.addHeader("Content-Type", "447     application/x-www-form-
        application/x-www-form-                               448     // Acionar a bomba 2 na web
        urlencoded");                                       449     acionarBomba2();}
418     int httpCodeGet = http.POST(
        getData);
419     String payloadGet = http.
        getString();
420     Serial.print("Response Code : ")
        ;
421     Serial.println(httpCodeGet);
422     Serial.print("Returned data from
        Server : ");
423     Serial.println(payloadGet);
424
425     if (payloadGet == "1") {
426         Serial.println("Alimentador
        acionado com sucesso");
427         digitalWrite(a1, HIGH);
428         unsigned long startTime =
            millis(); // marca o
            inicio do tempo }
429     if (payloadGet == "0") {
430         Serial.println("Alimentador
        Desligado");
431         digitalWrite(a1, LOW); }
432     http.end();}
433
434     void loop() {
435
436         ph();
437         temperatura();
438         tds();
439         sensores_nivel();
440         ciculacao_agua();
441         botoes();
442         email();
443
444         // Acionar o alimentador na web
445         acionarAlimentador();

```

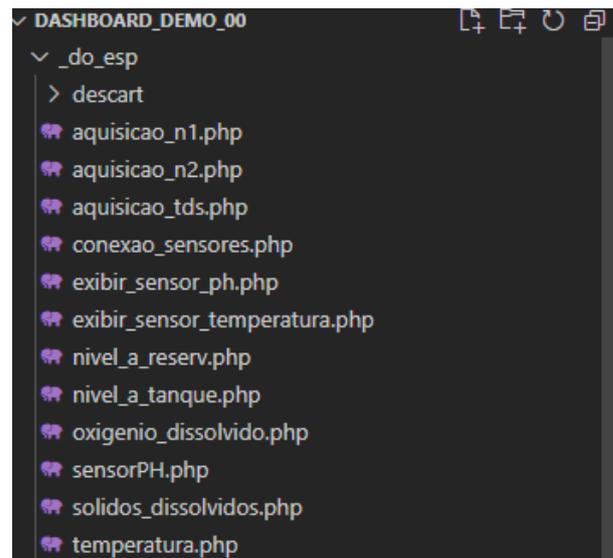
1.2 Pagina Web

Figura 1.1: Estrutura Do Projecto.



Fonte: Autor.

Figura 1.2: Comunicação Com ESP



Fonte: Autor.

1.2.1 Index

```
1                                     scale=1.0">
2     <!DOCTYPE html>                 7     <title>Login</title>
3     <html lang="en">                 8     <link rel="stylesheet" href="css
4     <head>                           /style.css">
5     <meta charset="UTF-8">           9
6     <meta name="viewport" content="10  </head>
    width=device-width, initial-11  <body>
```

```

12                                     43                                </body>
13    <form class="form" action="logar4    </html>
        .php" method="POST">
14    <div class="card">
15
16    <div class="card-top">
17
18    
19    <h2 class="titulo">Painel de
        controle</h2>
20    <p>Gerenciar o Sistema</p>
21
22    <div class="card-group">
23    <label>User: </label>
24    <input type="text" name="user"
        placeholder="Digite o seu
        Username" required>
25    </div>
26    <div class="card-group">
27    <label>Senha: </label>
28    <input type="password" name="
        senha" placeholder="Digite a
        sua password" required>
29    </div>
30
31    <div class="card-group">
32    <label><input type="checkbox" >
        Lembre-me</label>
33    </div>
34
35    <div class="card-group btn">
36    <button type="submit">Entrar</
        button>
37    </div>
38    </div>
39
40    </div>
41    </form>
42

```



```

58     <?php include('_do_esp/           86
        exhibir_sensor_ph.php'); ?>87
59     </div>                               88
60
61     </div>                               90
62
63     <div class = "sensor">                91
64     <h3>Sensor de Oxigenio
        Dissolvido</h3>
65     <?php include('_do_esp/           92
        oxigenio_dissolvido.php');
        ?>                               93
66     </div>                               94
67
68     <div class = "sensor" id="          95
        tanque">
69     <h3>Nivel de Água No Tanque        96
        Peixes</h3>
70     <div id="nivelTanque">             97
71     <?php include('_do_esp/           98
        nivel_a_tanque.php'); ?>         99
72     </div>
73     </div>
74
75     <div class = "sensor" id="          100
        reservatorio">
76     <h3>Nivel de Água No
        Reservatório</h3>
77     <div id="nivelReservatorio">
78     <?php include('_do_esp/           101
        nivel_a_reserv.php'); ?>        102
79     </div>                               102
80     </div>
81
82     </div>                               104
83     <hr>                                  105
84
85     <h2>           108
        Actuadores:</h2>                109

```

```

<hr>
<div class="sensor">
<h3>Bomba de Água 1</h3>
<form action="updateDBLED.php"
    method="post" id="
    LED_ON_Bomba" onsubmit="
    myFunction()">
<input type="hidden" name="
    Stat" value="1"/>
</form>
<form action="updateDBLED.php"
    method="post" id="
    LED_OFF_Bomba">
<input type="hidden" name="
    Stat" value="0"/>
</form>
<button class="buttonON" name=
    "subject" type="submit"
    form="LED_ON_Bomba" value=
    "SubmitLEDON" >LIGAR</
    button>
<button class="buttonOFF" name
    = "subject" type="submit"
    form="LED_OFF_Bomba" value
    ="SubmitLEDOFF">DESLIGAR</
    button>
<p> <?php include('exibirLED.
    php'); ?> </p>
</div>
<div class="sensor">
<h3>Bomba de Água 2</h3>
<form action="act_bomba2.php"

```

```

        method="post" id="          129
        LED_ON_Bomba2" onsubmit="
        myFunction()">          130
110 <input type="hidden" name="    131
        Stat" value="1"/>      132
111 </form>
112
113 <form action="act_bomba2.php"
        method="post" id="          133
        LED_OFF_Bomba2">
114 <input type="hidden" name="    134
        Stat" value="0"/>      135
115 </form>          136
116
117 <button class="buttonON" name=
        "subject" type="submit"
        form="LED_ON_Bomba2" value
        ="SubmitLEDON" >LIGAR</  137
        button>
118 <button class="buttonOFF" name
        = "subject" type="submit"
        form="LED_OFF_Bomba2"
        value="SubmitLEDOFF">    138
        DESLIGAR</button>      139
119
120 <p> <?php include('
        exhibir_bomba2.php'); ?>  140
        </p>          141
121
122 </div>          143
123
124
125 <div class="sensor">          146
126 <h3>Alimentador</h3>        147
127
128 <form action="
        updateDBAlimentador.php"  148
        method="post" id="
        LED_ON_Alimentador"
        onsubmit="myFunction()">  149
        <input type="hidden" name="
        Stat" value="1"/>
</form>
<form action="
        updateDBAlimentador.php"
        method="post" id="
        LED_OFF_Alimentador">
<input type="hidden" name="
        Stat" value="0"/>
</form>
<button class="buttonON" name=
        "subject" type="submit"
        form="LED_ON_Alimentador"
        value="SubmitLEDON" >LIGAR
</button>
<button class="buttonOFF" name
        = "subject" type="submit"
        form="LED_OFF_Alimentador"
        value="SubmitLEDOFF">
        DESLIGAR</button>
<p><?php include('
        exhibirAlimentador.php');
        ?></p>
</div>
</body>
</html>
<?php
else: header("Location: index.
        php");
endif
?>

```

Anexo 2

Circuito

Figura 2.1: PCB Pronta



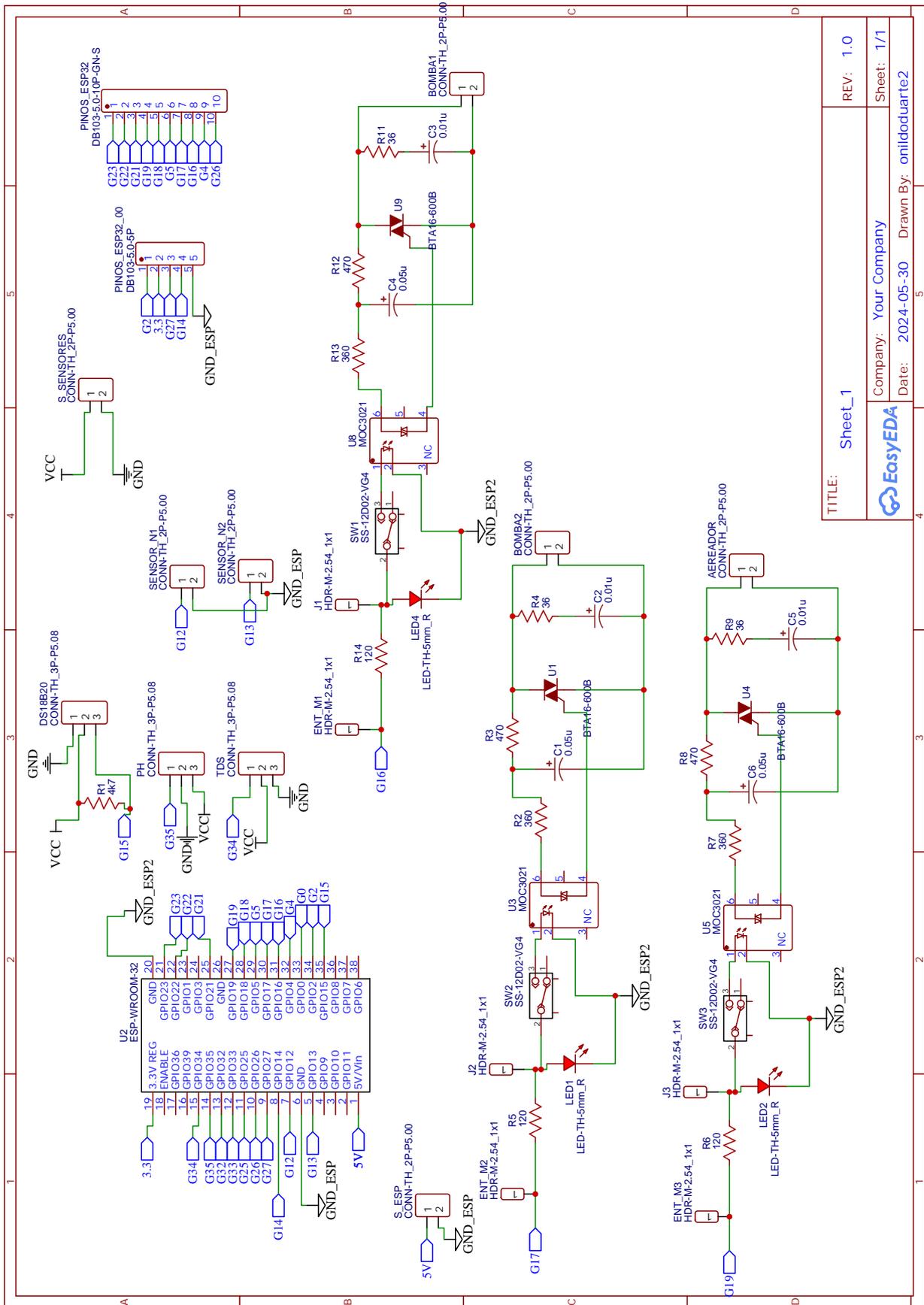
Fonte: Autor.

Figura 2.2: PCB Pronta parte inferior.



Fonte: Autor.

Figura 2.3: Esquema Eléctrico Do Circuito.



TITLE:	Sheet_1	REV:	1.0
	Company: Your Company	Sheet:	1/1
	Date: 2024-05-30	Drawn By:	onlioduarte2

Fonte: Autor.

Figura 2.4: BTA16-600B.

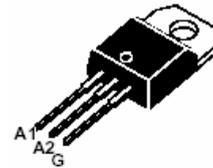
Triacs

INCHANGE

BTA16-600B

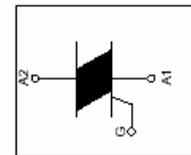
◆ **Features**

- With TO-220AB Insulated package
- This type is suitable for general purpose AC switching, and can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers, etc



◆ **QUICK REFERENCE DATA**

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
V _{DRM}	Repetitive peak off-state voltage	600	V
V _{RRM}	Repetitive peak off-state voltage	600	V
I _{T(AV)}	Average on-state current	16	A
I _{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	160	A
T _{stg}	Storage temperature	-45~150	°C
T _j	Operating junction temperature	110	°C



◆ **ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 25°C, unless otherwise specified)**

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	MAX	UNIT
V _{DRM}	Repetitive peak off-state voltage	I _D =0.1mA	600		V
V _{RRM}	Repetitive peak reverse voltage	I _D =0.5mA	600		V
I _{GT}	Gate trigger current	V _D =12V; R _L = 100 Ω T2+ G+		50	mA
		T2+ G-		50	
		T2- G-		50	
		T2- G+		100	
V _T	On-state voltage	I _T =22.5A		1.6	V
I _H	Holding current	I _T =0.5A; I _{GT} =50m A		50	mA
V _{GT}	Gate trigger voltage	V _D =12V; R _L = 100 Ω T2+ G+		1.5	V
		T2+ G-		1.5	
		T2- G-		1.5	
		T2- G+		1.8	

Figura 2.5: MOC3021 P1.

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MOC3020D



**6-Pin DIP Random-Phase
Optoisolators Triac Driver Output
(400 Volts Peak)**

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option. They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P_D	100	mW
		1.33	mW/°C

OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300	mW
		4	mW/°C

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	330	mW
		4.4	mW/°C
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	°C

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 1

© Motorola, Inc. 1995

MOC3021
[IFT = 15 mA Max]
MOC3022
[IFT = 10 mA Max]
MOC3023*
[IFT = 5 mA Max]

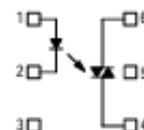
*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC



**STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04**

SCHEMATIC



1. ANODE
 2. CATHODE
 3. NC
 4. MAIN TERMINAL
 5. SUBSTRATE
 6. MAIN TERMINAL
- DO NOT CONNECT



Figura 2.6: MOC3021 P3.

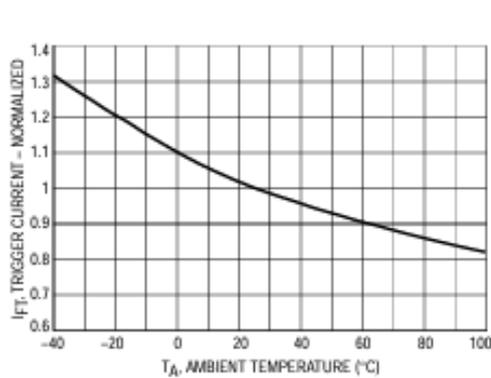


Figure 3. Trigger Current versus Temperature

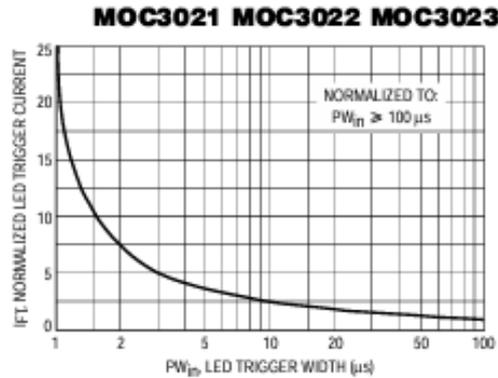


Figure 4. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width

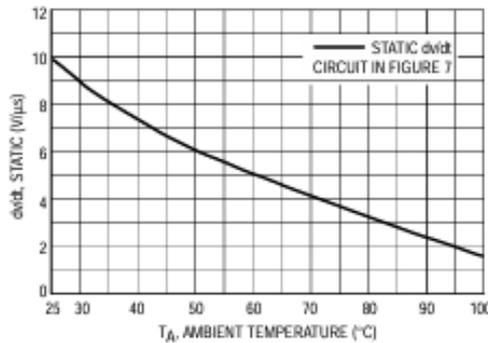


Figure 5. dv/dt versus Temperature

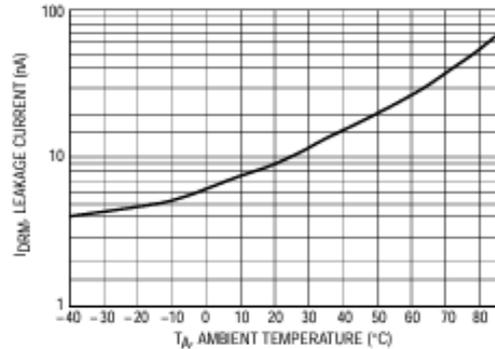
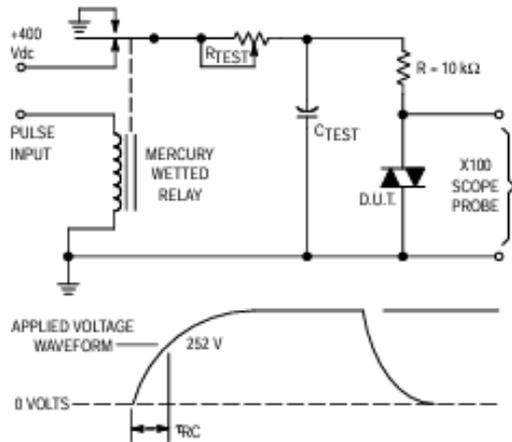


Figure 6. Leakage Current, I_{DRM} versus Temperature

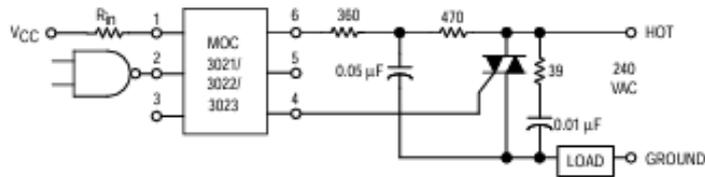


1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

Figure 7. Static dv/dt Test Circuit

Figura 2.7: MOC3021 P4.

MOC3021 MOC3022 MOC3023



* This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

Additional information on the use of optically coupled triac drivers is available in Application Note AN-780A.

In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or ground side.

The 39 ohm resistor and 0.01 μF capacitor are for snubbing of the triac, and the 470 ohm resistor and 0.05 μF capacitor are for snubbing the coupler. These components may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

Figure 8. Typical Application Circuit