

**SOCIEDADE EDUCACIONAL PINHALZINHO  
HORUS FACULDADES**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA  
AVANÇADO PARA ANÁLISE E MONITORAMENTO  
AMBIENTAL NA PISCICULTURA DE TILÁPIAS**

**Djonatan Willenz**

Pinhalzinho – SC  
2023

**Djonatan Willenz**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA  
AVANÇADO PARA ANÁLISE E MONITORAMENTO  
AMBIENTAL NA PISCICULTURA DE TILÁPIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Instituição da Horus Faculdades, como parte dos  
requisitos exigidos para a obtenção do título de Sistemas  
de Informação

Orientador: Prof. Esp. Rafael Variani

Pinhalzinho-SC  
2023

## AGRADECIMENTOS

A finalização deste Trabalho de Conclusão de Curso, marca o encerramento de um período desafiador e enriquecedor em minha trajetória acadêmica. Neste momento especial, expresso minha profunda gratidão a todos, que de alguma forma, contribuíram para este trabalho.

Em especial, desejo agradecer à professora Micheli Alba, que desde o início me auxiliou e direcionou em todos os momentos em que enfrentei dificuldades para descrever as etapas do projeto.

Agradeço também aos professores Rafael Variani e Ricardo Hendges, que me auxiliaram no processo de desenvolvimento, fornecendo ideias enriquecedoras que foram fundamentais para a conclusão do protótipo final.

Que este seja o registro de nossa dedicação, esforço e paixão pelo campo da Tecnologia. Que venham novos desafios e conquistas, e que possamos aplicar o conhecimento adquirido para contribuir positivamente para a sociedade.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Isabela Kaefer, que me auxiliou com leituras críticas para desenvolver e descrever da melhor forma possível as ideias.

Muito obrigado a todos.

Djonatan Willenz



## RESUMO

Nos últimos anos, temos observado uma busca constante por inovações tecnológicas no setor agrícola, visando aumentar a produtividade, reduzir custos e entregar produtos de alta qualidade aos consumidores. Esse movimento de inovação é evidente na piscicultura, especialmente no modelo de viveiros, que busca otimizar o desempenho e adotar práticas intensivas para a produção.

Nesse contexto, a piscicultura em viveiros confinados e monitorados passa por um constante processo de inovação, envolvendo estudos de melhoramento genético, análise de espécies adaptadas ao ambiente local e acompanhamento de todas as fases do desenvolvimento dos peixes, desde o nascimento até a entrega do produto final.

Este estudo visa a compreensão aprofundada desse ramo relativamente novo, mas em rápido crescimento, impulsionado pela crescente demanda por alimentos saudáveis, com significativa relevância para a economia brasileira.

Com base nas pesquisas realizadas, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo de sistema automatizado para otimizar as tarefas diárias dos profissionais da piscicultura. Este sistema visa capacitar técnicos e proprietários de pisciculturas a tomar decisões mais eficazes e embasadas em evidências, contribuindo para a rentabilidade do negócio, a preservação dos recursos naturais e a sustentabilidade da indústria como um todo.

A justificativa para este trabalho reside na necessidade de implementar a automação dos processos utilizando novas tecnologias, com o objetivo de analisar, monitorar e executar ações de forma independente, reduzindo a dependência técnica de operadores e interações humanas, enquanto se busca o melhor desempenho no setor.

Palavras-chave: Piscicultura. Inovação. Automação.

## ABSTRACT

In recent years, we have witnessed a constant search for technological innovations in the agricultural sector, aiming to increase productivity, reduce costs, and deliver high-quality products to consumers. This innovation trend is also evident in aquaculture, particularly in the pond model, which seeks to optimize performance and adopt intensive practices for production.

In this context, confined and monitored pond aquaculture undergoes a continuous process of innovation, involving studies on genetic improvement, analysis of species adapted to the local environment, and monitoring of all stages of fish development, from birth to the delivery of the final product.

This study aims for a deep understanding of this relatively new but rapidly growing field, driven by the increasing demand for healthy foods, with significant relevance to the Brazilian economy.

Based on the conducted research, we propose the development of an automated system prototype to optimize the daily tasks of aquaculture professionals. This system aims to empower technicians and pond owners to make more effective and evidence-based decisions, contributing to the profitability of the business, the preservation of natural resources, and the overall sustainability of the industry.

The justification for this work lies in the need to implement process automation using new technologies, with the goal of analyzing, monitoring, and executing actions independently, reducing the technical dependence on operators and human interactions while seeking the best performance in the sector.

Keywords: Aquaculture. Innovation. Automation.

## Índice de figuras

Figura 1: Exportações da piscicultura brasileira, de 2017 a 2021 (em US\$ mil e em toneladas).....	17
Figura 2: Exportações da piscicultura brasileira por trimestre, 2021 (em US\$ mil e em toneladas).....	17
Figura 3: Exportações da piscicultura brasileira, por mês, 2021 (em milhares US\$ e em toneladas).....	18
Figura 4: Exemplar de peixe da espécie tilápia.....	20
Figura 5: Efeitos do pH no metabolismo dos peixes.....	22
Figura 6: Placa microcontrolador modelo WeMos D1 ESP8266.....	32
Figura 7: Sensor PH Módulo PH4502C + PH Eletrodo.....	33
Figura 8: Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água.....	34
Figura 9: Módulo Relé 1 Canal 5v.....	35
Figura 10: Diagrama de atividade para atualização do motor do filtro.....	40
Figura 11: Modelagem ER do banco de dados.....	42
Figura 12: Conexão wi-fi Arduino.....	44
Figura 13: Conexão WebSocket.....	44
Figura 14: Desserialização de objetos JSON.....	45
Figura 15: Proxy de direcionamento da ação em execução.....	46
Figura 16: Execução de ações no ambiente.....	46
Figura 17: Execução da leitura dos parâmetros do ambiente.....	47
Figura 18: Método que calcula o pH do ambiente.....	48
Figura 19: Captura dos parâmetros de temperatura através do sensor.....	48
Figura 20: Tela de login.....	51
Figura 21: Tela de cadastro do usuário.....	52
Figura 22: Tela inicial do protótipo.....	54
Figura 23: Card de temperatura.....	55
Figura 24: Card de pH.....	55
Figura 25: Card de alertas.....	56
Figura 26: Card de pendências.....	57
Figura 27: Montagem do aquário utilizado nos testes.....	58
Figura 28: Filtro com componentes integrados ao Arduino.....	59
Figura 29: Imagem de momentos após da inclusão das tilápias no ambiente monitorado.....	61
Figura 30: Imagem após alguns dias com os animais no ambiente de teste.....	62

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. JUSTIFICATIVA.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 GERAL.....	14
3.2 ESPECÍFICOS.....	14
4. PISCICULTURA.....	15
4.1 O que é a piscicultura.....	15
4.2 Economia.....	16
4.3 Tilápia.....	19
4.4 Monitorar ambiente.....	20
4.4.1 Temperatura.....	21
4.4.2 Oxigenação.....	22
4.4.3 PH.....	23
4.4.4 Transparência.....	23
4.4.5 Alimentação.....	24
4.5 Tecnologias.....	25
4.5.1 Java.....	25
4.5.1.1 Spring boot.....	26
4.5.2 Golang.....	26
4.5.3 Dart.....	27
4.5.3.1 Flutter.....	27
4.5.4 C++.....	28
4.5.4.1 Arduino.....	28
4.5.5 Javascript.....	29
4.5.5.1 Nodejs.....	29
4.5.6 MongoDB.....	30
4.6 Hardware.....	31
4.6.1 Microcontrolador.....	31
4.6.2 Sensor de medição de pH.....	33
4.6.3 Sensor de temperatura.....	34
4.6.4 Modulo relé.....	34
5.0 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	36
6 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	37
6.1 Diagrama de atividade de atualização do status do motor bomba do filtro.....	39
6.2 Modelagem da estrutura do banco de dados.....	41

6.3 Protótipo e implantação.....	42
6.3.1 Desenvolvimento do ambiente monitorado.....	43
6.3.1.1 Conexão à rede wi-fi.....	43
6.3.1.2 Conexão ao servidor central.....	44
6.3.1.3 Recebendo comandos do servidor central.....	45
6.3.1.4 Leitura sensor pH.....	48
6.3.1.5 Leitura sensor temperatura.....	48
6.3.2 Banco de dados.....	49
6.3.3 Desenvolvimento do servidor central.....	50
6.3.4 Desenvolvimento do aplicativo mobile.....	50
6.3.5 Funcionalidades.....	53
6.3.5.1 Temperatura.....	54
6.3.5.2 PH.....	55
6.3.5.3 Alertas.....	56
6.3.5.4 Pendências.....	56
6.4 Processos de análise das informações processadas.....	57
6.5.1 Montagem aquário.....	58
6.5.2 Montagem do filtro.....	58
6.5.3 Implantação de sensores.....	60
6.5.3.1 Calibragem sensor pH.....	60
6.6 Início dos testes.....	60
7.0 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

## 1. INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI estamos vivenciando uma grande revolução tecnológica, e a cada dia surgem novas ideias e tecnologias com o objetivo de automatizar processos, ou simplesmente simplificar tarefas em nosso cotidiano, gerando todo tipo de informação com apenas um clique ou simples interação em um smartphone.

No meio agrícola não é diferente, na área da piscicultura muitas empresas privadas e inclusive órgãos públicos estão investindo fortemente em projetos voltados à pesquisa e evolução tecnológicas, que vão desde o melhoramento genético, aperfeiçoamento do manejo nutricional e com análise frequentes do ambiente de produção. Visando assim, evoluir constantemente os processos proporcionando uma melhor rentabilidade e um produto de melhor qualidade.

Neste projeto o objetivo é desenvolver um protótipo de sistema, que possibilita realizar o monitoramento constante do ambiente de produção, e tudo isso será feito de forma independente sem necessidade de interação humana. Mas para que este processo ocorra de forma correta, o sistema será dividido em quatro principais etapas e serviços.

Inicialmente teremos um equipamento integrado com componentes e sensores junto ao ambiente de produção, sendo este responsável pela captura das informações do ambiente. Desta forma após obter os dados, os mesmos serão enviados a um servidor central e armazenados em um banco de dados na nuvem.

Após os dados estarem na nuvem, será realizado um reprocessamento através de um terceiro serviço que analisa os dados gerando informações, visando encontrar padrões aplicando análise de forma constante.

Enfim após todos estes processos serem realizados, através de um aplicativo mobile será disponibilizado aos usuários o acesso às informações dos parâmetros de PH e temperatura em tempo real, além do acesso aos controles de bombas e luminárias do ambiente monitorado.

## 2. JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos vivenciamos uma constante busca por inovações tecnológicas no setor agrícola, que visam o aumento da produtividade, redução dos custos e entregas de produtos com maior qualidade ao consumidor, e na área da piscicultura não foi diferente. Segundo boletim divulgado pela Embrapa verificou-se que as exportações brasileiras na área da piscicultura finalizaram o ano com um crescimento de 78% em relação ao ano anterior. (EMBRAPA, 2021).

O modelo de piscicultura no formato de viveiros, visa obter o melhor desempenho com entregas da produção no formato intensiva. Desta forma a atividade está em um constante processo de busca por inovações, com estudos de melhoramentos genéticos, analisando espécies que melhor se adequa ao ambiente local e realizando o acompanhamento de todas as etapas do desenvolvimento dos peixes, desde o nascimento do alevino, crescimento e engorda até a entrega do produto final (RESENDE, 2020).

A criação de peixes pode contemplar uma grande variedade de espécies com diferentes graus de intensidade de produção, sendo cada uma delas com características e particularidades individuais. Desta forma pode se considerar que a atividade é relativamente complexa, isso decorre da necessidade de conhecimentos técnicos básicos, para que se tenha bons resultados e conseqüentemente uma boa lucratividade. (LOPES, 2012).

Com o estudo e análise busca-se compreender melhor o ramo da piscicultura realizada em viveiros no formato confinado e monitorado. Sendo está uma das modalidades relativamente nova para área, mas que apresentou um grande crescimento e resultados nos últimos anos. Este crescimento decorre do grande aumento da procura de alimentos saudáveis, e que tem grande importância para a economia brasileira.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de desenvolver automatização dos processos utilizando novas tecnologias, visando analisar, monitorar e criar ações independentes para se obter o melhor desempenho e reduzindo a dependência técnica de operadores com interações humanas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

O objetivo é realizar um estudo sobre a área e prática da piscicultura, visando compreender melhor os processos de produção, características do ambiente e metodologias no manuseio, que podem trazer um melhor desempenho e retorno financeiro aos produtores. Com base nisso, busca se desenvolver um protótipo de sistema, para realizar o monitoramento dos ambientes de produção através de processamentos inteligentes, integrando aos componentes utilizados em automações comerciais, que visam realizar o gerenciamento dos parâmetros de PH e temperatura em tempo real.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Realizar análise do ambiente de produção visando compreender todas as etapas do processo do desenvolvimento dos peixes, desde o nascimento do alevino, engorda até a entrega do produto final.
- Analisar processos de captura dos dados do PH e temperatura do ambiente de produção, visando automatizar processos repetitivos gerando uma redução dos custos de produção.
- Analisar e estudar tecnologias e metodologias a fim de desenvolver o protótipo do sistema.

## 4. PISCICULTURA

### 4.1 O que é a piscicultura

A piscicultura é processo de criação e cultivo de organismos com ciclo de vida desenvolvido total ou parcialmente em meio aquático, tendo entre eles como o principal os peixes, que visam a comercialização ou ornamentação de aquários em ambientes. No Brasil esta prática é muito comum em propriedades rurais como forma de complemento de renda e que cada vez mais está se tornando uma atividade rentável devido à grande procura no mercado. (RODRIGUES, 2018).

Segundo Oliveira (2020), o peixe é a carne do futuro, pois as pessoas têm percebido, cada vez mais, a qualidade deste alimento e seus benefícios para a saúde. Além disso, existe um grande mercado para o pescado no Brasil, transformando-se em um promissor negócio e boa fonte de renda.

A prática da piscicultura pode ser executada de várias formas e em diversos ambientes, sendo eles em tanques de redes, viveiros escavados, concreto ou de fibras. Desta forma cada piscicultor tem, à sua disposição, diversas práticas de manejo para criar uma ou mais espécies de peixe em um mesmo lugar, sendo necessário avaliar, além das condições geográficas, a espécie que mais se adequam ao clima local, a fim de determinar se ela pode ser criada com espécies diferentes ou não (RESENDE, 2020).

Lopes (2012), além dos ambientes propícios para criação, existem também quatro principais tipos de sistemas de produção para o formato de confinamento, sendo eles a criação extensiva, semi-intensiva, intensiva e superintensiva.

O sistema extensivo é considerado de baixo custo para o criador, pois esse sistema tem como objetivo criação de peixes na forma regular onde se alimentam de organismos presentes no viveiro (CAMARGO, 2016).

Conforme Resende 2020, esse tipo de cultivo também é considerado mais simples, pois não há um controle rígido sobre os peixes, devido que os mesmos se agrupam em açudes, lagoas, represas e outros tipos hidrográficos sem controle alimentar, desta forma os processos ocorrem de forma mais natural.

Já no sistema semi-intensivo, o cultivo possui características que permitem ao piscicultor obter uma melhor exploração econômica da atividade de forma mais rentável. Esta prática é realizada em viveiros planejados, exclusivos para a atividade

e também a possibilidade do uso de tecnologias para, por exemplo, monitorar a qualidade da água, controlar a alimentação e a oxigenação do ambiente (RESENDE, 2020).

Por outro lado, o sistema intensivo é aplicado para um tipo de espécie, chamados de monocultivos. Nesse sistema a alimentação natural não supre as exigências nutricionais mínimas para que se obtenha um melhor desenvolvimento corporal dos animais (COLDEBELLA, 2011).

Segundo Resende 2020, o sistema intensivo também é realizado em viveiros planejados e permite maior utilização de tecnologias. Além de possibilitar uma maior produtividade e qualidade do pescado, o período do ciclo de produção é inferior devido ao controle mais rígido da alimentação, tendo assim um tempo de cultivo que pode variar de 10 a 15 meses, porém por outro lado o mesmo também exige um maior investimento inicial.

Por último temos o sistema superintensivo, sendo este o foco do estudo realizado neste trabalho, visando otimizar os processos e atendermos as necessidades de um controle cada vez mais rígido. Neste sistema as condições são levadas aos extremos, o que torna necessário um monitoramento constante e bem efetuado, visando encontrar divergência o quanto antes possível, possibilitando assim controlá-las e aumentar a produtividade e lucratividades. Os parâmetros e condições analisadas são diversos, mas podemos descrever como os principais o pH, temperatura da água no ambiente de produção. (LOPES, 2012).

## **4.2 Economia**

Conforme dados apresentados pela Embrapa (2009), a piscicultura cresceu exponencialmente nos últimos anos, devido ao grande aumento da produtividade impulsionada pelo maior consumo de peixes por parte da população, sendo considerado como um dos fatores, o baixo teor de gordura e rica em ômega 3.

" As exportações da piscicultura brasileira totalizaram U\$S 20,7 milhões em 2021, o que representa um aumento de 78% comparado com 2020 (Figura 1). Em toneladas, o crescimento registrado foi de 49%, passando de 6.681 T em 2020 para 9.932 T em 2021." (COMEXSTAT/Ministério da Economia 2022).

Figura 1: Exportações da piscicultura brasileira, de 2017 a 2021 (em US\$ mil e em toneladas).

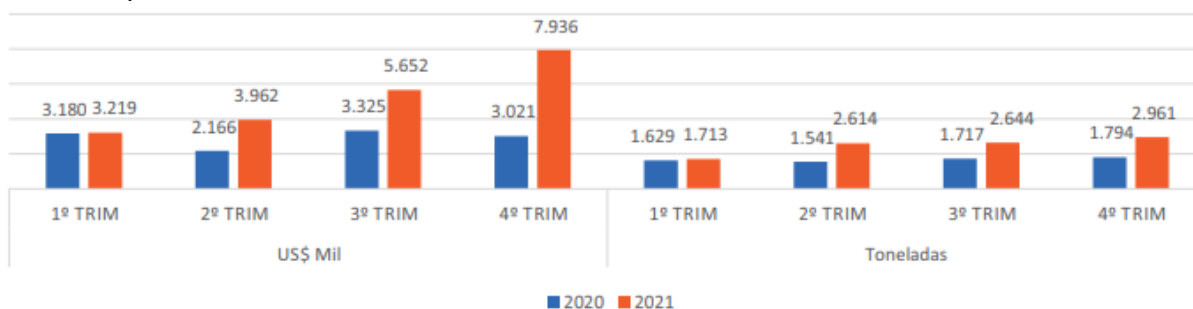


Fonte: COMEXSTAT / Ministério da Economia (2022).

Através do gráfico mostrado acima podemos analisar que há uma crescente exponencial na comercialização e exportação, que tende a estender-se por longos anos.

Em uma análise mais detalhada realizada por trimestre, podemos verificar também que ao longo do quarto trimestre de 2021, o volume de exportações atingiu US \$7,9 milhões (Figura 2).

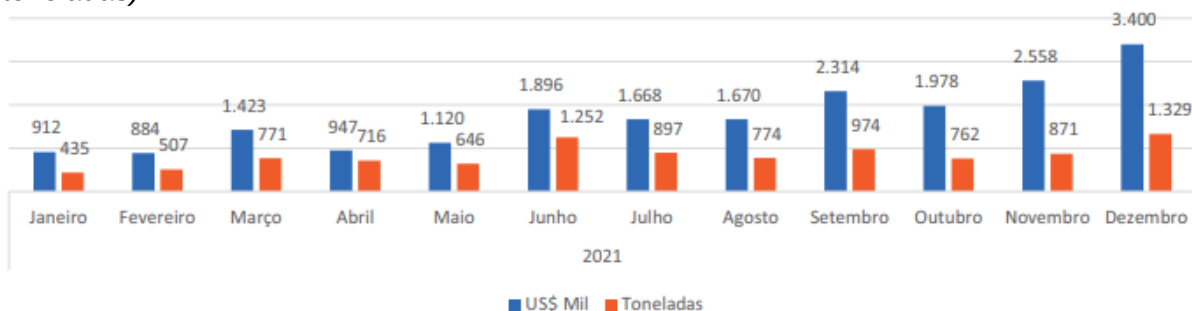
Figura 2: Exportações da piscicultura brasileira por trimestre, 2021 (em US\$ mil e em toneladas).



Fonte: COMEXSTAT/Ministério da Economia (2022).

Segundo COMEXSTAT (2022), é possível analisar os dados das exportações realizadas de forma mensal, onde podemos verificar de forma mais individual que o volume de exportação teve um crescimento significativo a partir do segundo semestre.

Figura 3: Exportações da piscicultura brasileira, por mês, 2021 (em milhares US\$ e em toneladas).



Fonte: COMEXSTAT/Ministério da Economia (2022).

Ainda com base no contexto dos dados apresentados pela Embrapa, em 2021, podemos analisar também as informações por categoria de produtos vinculados à piscicultura que mais foram exportados durante o ano de 2021.

“Entre as categorias de produtos de piscicultura, os peixes inteiros congelados apresentaram os maiores volumes, com US \$8,6 milhões (41% do total) e alta de 390% no comparativo com 2020 (Tabela 1). Os filés frescos ou refrigerados foram a segunda categoria mais exportada, com US \$5,4 milhões (26% do total) e aumento de 3%. Merece destaque o forte crescimento das exportações de filés congelados, que aumentaram 573%.”. (COMEXSTAT/Ministério da Economia, 2022).

Tabela 1: Exportações da piscicultura brasileira, por categoria, trimestres 2021 (em US\$ e em toneladas).

Categoria de produto	Unidade	1º TRIM	2º TRIM	3º TRIM	4º TRIM	Total ano	Participação %	Varição 2021/2020 (%)
Peixes inteiros congelados	US\$	698.305	1.184.826	2.506.152	4.216.353	8.605.636	41%	390%
	Toneladas	389	638	1.188	1.931	4.145	42%	243%
Filés frescos ou refrigerados	US\$	1.211.893	927.033	1.309.281	1.989.231	5.437.438	26%	3%
	Toneladas	284	134	192	292	903	9%	10%
Subprodutos de peixe impróprios para alimentação humana	US\$	433.629	792.423	792.422	381.285	2.399.759	12%	61%
	Toneladas	522	1.030	915	459	2.927	29%	47%
Filés congelados	US\$	232.780	177.681	596.645	1.210.360	2.217.466	11%	573%
	Toneladas	40	32	101	208	381	4%	406%
Óleos e gorduras	US\$	413.976	770.337	157.452	95.765	1.437.530	7%	-32%
	Toneladas	381	741	138	56	1.316	13%	-40%
Peixes inteiros frescos ou refrigerados	US\$	227.564	107.457	287.294	41.709	664.024	3%	-7%
	Toneladas	96	38	109	15	257	3%	-30%
Outros filés de peixe*	US\$	770	2.553	2.365	1.151	6.839	0%	-57%
	Toneladas	0	1	1	0	2	0%	-47%
Subprodutos de peixes próprios para alimentação humana	US\$	-	-	-	53	53	0%	N/D
	Toneladas	-	-	-	0	0	0%	N/D
Total	US\$	3.218.917	3.962.310	5.651.611	7.935.907	20.768.745	100%	78%
	Toneladas	1.713	2.614	2.644	2.961	9.932	100%	49%

Fonte: COMEXSTAT/Ministério da Economia (2022).

### 4.3 Tilápia

conforme Kubitza (2003), somente a partir da década de 1990, com as novas técnicas de difusão e reversão sexual, a criação de tilápias começou a obter destaque em seu meio de produção. No Brasil, o Paraná foi o estado que se destacou inicialmente com o processo de industrialização e comercialização do pescado da tilápia no formato industrial.

Para Júnior (2008), na década de 1990 também surgiram as primeiras pesquisas de manejo e de melhoramento genético, além de novas rações experimentais para alavancar ainda mais o desempenho e evolução no processo de adesão da espécie no meio comercial. Logo na sequência outros estados iniciaram o processo de adesão do cultivo da espécie, como foi o caso de Santa Catarina, São Paulo, Bahia, Alagoas e Sergipe.

Santa Catarina demonstrou uma rápida e organizada evolução na produção de peixes em água doce, isso se caracterizou devido a grande proximidade entre o produtor e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), que impulsionou a produção anual de 1,5 mil toneladas, em 1990, para 17,1 mil toneladas no ano 2000, um crescimento anual de 27,6%. (Kubitza, 2003)

*Tabela 2: Exportações da piscicultura brasileira por espécie, trimestres de 2021 (em US\$ e em toneladas).*

Espécies	Unidade	1º TRIM	2º TRIM	3º TRIM	4º TRIM	Total ano	Participação das espécies %	Varição 2021/2020 (%)
Tilápias	US\$	2.582.788	3.442.665	4.858.036	7.354.673	18.238.162	88%	77%
	Toneladas	1.376	2.313	2.267	2.573	8.529	86%	49%
Curimatás	US\$	392.494	411.020	456.901	535.807	1.796.222	9%	198%
	Toneladas	237	264	262	373	1.136	11%	107%
Tambaqui	US\$	203.548	55.867	263.130	27.592	550.137	3%	-2%
	Toneladas	89	23	102	11	225	2%	-30%
Bagres	US\$	8.808	13.920	12.211	8.843	43.782	0%	-20%
	Toneladas	3	4	3	2	12	0%	-18%
Surubins	US\$	3.807	21.559	10.578	4.070	40.014	0%	-66%
	Toneladas	1	6	3	1	10	0%	-73%
Outros	US\$	27.472	17.279	50.755	4.922	100.428	0%	40%
	Toneladas	7	3	7	1	19	0%	0%
Total	US\$	3.218.917	3.962.310	5.651.611	7.935.907	20.768.745	100%	78%
	Toneladas	1.713	2.614	2.644	2.961	9.932	100%	49%

Fonte: COMEXSTAT/Ministério da Economia (2022).

Através dos dados apresentados na tabela 2, podemos observar que atualmente a tilápia consolida-se como o principal produto da produção aquícola nacional totalizando US \$18,2 milhões em 2021, o que representa 88% do total em US\$. A tilápia também apresentou um importante crescimento de 77% em 2021. (COMEXSTAT / Ministério da Economia, 2022).

*Figura 4: Exemplar de peixe da espécie tilápia*



Fonte: [pescaepescarialegal.com.br/tilapia/](http://pescaepescarialegal.com.br/tilapia/) (2016).

Conforme a imagem apresentada acima podemos visualizar que a tilápia é um peixe de corpo um pouco alto, comprido e possui escamas, podem atingir 45 cm de comprimento e chegar a 2,5 kg de peso. Sua coloração é verde-oliva prateada com sombras verticais negras, já em sua nadadeira dorsal podemos visualizar uma linha vermelha e branca até cinza-escuro com pontos oblíquos (SENAR, 2020).

Em sua nadadeira caudal é pontuada na porção dorsal, vermelha ou amarela na porção ventral. Além de seus aspectos visuais, a tilápia se caracteriza pela facilidade de adaptação ao clima local em ambientes de salinidade intermediária. Características estas que transformam o peixe com um bom perfil comercial, devido ao bom reaproveitamento da carcaça para produção de files e derivados. (SENAR, 2020).

#### **4.4 Monitorar ambiente**

A qualidade da água é um fator determinante para o sucesso da criação de peixes, principalmente em condições de confinamento. Segundo pesquisas realizadas pelo SENAR em 2020, foi constatado que a tilápia criada em águas com baixa qualidade apresenta baixos índices de crescimento, pior conversão alimentar, maior índice de doenças e pior sobrevivência.

Desta forma, é indispensável que a água apresente boas características de qualidade, sendo assim, a fonte não deve apresentar contaminação por poluentes

vindos de indústrias, da agricultura ou dos centros urbanos. Segue abaixo uma tabela com alguns fatores que podem influenciar diretamente no desenvolvimento do seu pescado.

*Tabela 3: Parâmetros adequados em produção*

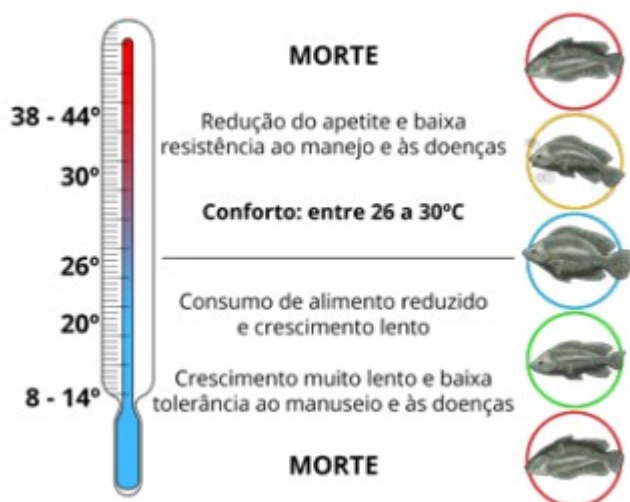
Parâmetro	Equipamento de medição	Valor ideal	Valores tolerados em tanques-rede	Observação
Temperatura	Termômetro	26 a 30°C	12 a 36°C	Influência na taxa de metabolismo dos peixes. Sob baixa temperatura os peixes apresentam redução na atividade e no apetite.
Oxigênio dissolvido	Oxímetro	Acima de 4 mg/l	Até 1,5 mg/l por curtos períodos de tempo	Parâmetro mais crítico para a sobrevivência dos peixes. Deve ser medido pela manhã logo cedo, quando geralmente apresenta níveis mais baixos. Valores tolerados dependem do tempo de exposição.
pH	Peagâmetro ou kit de análise	6,5 a 8,5	5,0 a 10,5	A variação diária do pH deve ser inferior a 2 unidades.
Transparência	Disco de Secchi	Acima de 200 cm	Acima de 60 cm	Não influencia diretamente o desempenho do cultivo. Baixa transparência aumenta o risco de ocorrência de baixos níveis de oxigênio dissolvido.

Fonte: SENAR, (2020).

#### 4.4.1 Temperatura

A temperatura é um dos parâmetros que deve ser levado em consideração ao avaliar o ambiente ideal, pois a mesma tem impacto direto no crescimento e desenvolvimento das tilápias, uma vez que os peixes não dispõem de capacidade de regular a temperatura do próprio corpo. À medida que a temperatura da água cai, diminuem o apetite e o consumo de ração, além de tornar o metabolismo mais lento no processo de digestão reduzindo assim seu desenvolvimento (SENAR, 2020).

Figura 5: Efeitos do pH no metabolismo dos peixes



Fonte: SENAR, 2020.

Conforme a tabela acima podemos verificar que a tilápia é um peixe que possui fácil adaptação climática, pois se adapta a temperaturas de 12 a 36 °C, porém para se ter um melhor desempenho e conforto, a temperatura ideal deve ficar entre 26 e 30 °C.

#### 4.4.2 Oxigenação

Podemos considerar que uma das principais necessidades do ambiente de confinamento para criação de peixes no formato intensivo é a oxigenação, sendo este um dos fatores limitantes e mais importantes para crescimento e desenvolvimento dos peixes. (SENAR, 2020).

Embora os peixes se desenvolvam em ambientes aquáticos, os mesmos também necessitam realizar o processo de respiração para obter o oxigênio. Este processo ocorre através das brânquias ou guelras que facilitam aquilo a que se chama respiração aquática. Sendo assim, quando a água entra pela boca do peixe e vai até às guelras, é realizado o processo de absorção do oxigênio contido na água, passando o mesmo para o sangue. Na sequência o organismo, expulsa o dióxido de carbono pelos opérculos, que são na realidade os buracos que se encontram em cada lado da cabeça do peixe. (PETZ, 2021).

Sendo assim é necessário mantermos os parâmetros mínimos adequados em conformidade para obtermos um bom desenvolvimento do pescado. Conforme os dados apresentados na tabela acima podemos analisar que o ideal é que tenhamos

uma concentração maior que 4 mg/L para que tenhamos um ambiente adequado para os peixes.

#### **4.4.3 PH**

Existem várias substâncias presentes na água, sendo muitas delas invisíveis a olho nu, desta forma precisamos certificar através de monitoramentos contínuos com equipamentos específicos, para avaliarmos de forma precoce se existem divergências no pH da água que estejam fora dos padrões que podendo gerar desequilíbrio causando doenças e em algumas situações causar danos irreparáveis. (SENAR, 2018).

A interação entre essas substâncias através de fenômenos biológicos, físicos e químicos, torna a água ácida, neutra ou alcalina. Normalmente os valores do pH são mais baixos nas primeiras horas do dia, aumentando durante a tarde e tornando a diminuir durante a noite. Sendo assim, em viveiros que apresentam elevada acidez na água ou elevada alcalinidade, devem ser realizados controles e monitoramentos contínuos buscando garantir um bom ambiente para o desenvolvimento dos peixes. (BOYD, 2013).

Conforme a tabela 4, podemos observar que os valores entre 6,5 e 8,5 são considerados ótimos para a piscicultura, no entanto, em ambiente de confinamentos mais espaçosos como é o caso de tanques de redes, podemos trabalhar com valores entre 6,5 e 9,0.

#### **4.4.4 Transparência**

Outro fator determinante é a transparência da água, em ambientes com a coloração verde é mais indicada para a criação de peixes como as carpas e as tilápias, pois demonstra a existência de elementos básicos para a manutenção da vida aquática. As colorações azuladas ou azuis esverdeadas indicam também boa produtividade. Porém as águas cristalinas indicam, basicamente, uma baixa produtividade do viveiro. (OLIVEIRA, 2020).

A turbidez da água pode ser medida pela quantidade das partículas em suspensão e a transparência determina o quanto de luz entra dentro da água podendo penetrar por dezenas de metros, o que não ocorre se a água apresentar muitas partículas em suspensão. Em ambientes para piscicultura, o ideal é que a luz penetre cerca de 0,4 a 0,8 metros, propiciando o desenvolvimento de plâncton

(micro vegetais que vivem na água e que lhe dão cor verde). (RODRIGUES, 1995).

A turbidez da água também é a consequência pelo acúmulo de sedimentos sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica, finamente divididas, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo, a mineração, as indústrias e o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento. Esses materiais apresentam tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores (1mm), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais. (RODRIGUES, 1995).

Desta forma os ambientes em que água apresenta turvas, são considerados impróprios para a produção e execução da aquicultura, isso ocorre devido a baixa penetração de luz solar.

#### 4.4.5 Alimentação

Manter uma alimentação correta com uma dieta de boa qualidade é um fator de grande importância no desenvolvimento do pescado, conforme a tabela demonstrada abaixo verificamos a necessidade de realizar um controle do arraçoamento entre a frequência a ser fornecida, bem como a quantidade, pois devemos levar em conta todos os demais aspectos já apresentados como conforme a espécie, idade, qualidade da água e temperatura. (SENAR, 2020).

*Tabela 4: Proporções de arraçoamento por tamanho animal*

Tabela de arraçoamento diário - Tilápia - Temperatura 25-28 °C				
Peso dos peixes (g)	Tipo de ração <sup>1</sup>	Ref/ dia <sup>2</sup>	% PV/ dia <sup>3</sup>	TCA esperada <sup>4</sup>
1 a 5 g	Ração em pó - 42% PB	5	14,0%	1,0
5 a 10 g	2-3 mm - 42% PB	4	8,0%	1,0
10 a 20 g	2-3 mm - 42% PB	3	5,0%	1,1
20 a 50 g	2-3 mm - 42% PB	3	4,5%	1,1
50 a 150 g	3-4 mm - 36% PB	3	3,4%	1,2
150 a 250 g	4-6 mm - 32% PB	3	3,0%	1,3
250 a 400 g	4-6 mm - 28-32% PB	2	2,2%	1,4
400 a 600 g	4-6 mm - 28-32% PB	2	1,4%	1,6
600 a 800 g	4-6 mm - 28-32% PB	2	1,0%	1,7
800 a 1.300 g	6-8 mm - 28-32% PB	2	0,8%	1,8
1.300 a 1.800 g	6-8 mm - 28-32% PB	2	0,6%	2,0

Fonte: SENAR, 2020.

Considerando que a taxa de arraçoamento influencia diretamente no crescimento e a eficiência alimentar de um peixe, sendo assim necessário adequar uma frequência na disponibilização da alimentação, que segundo estudos das necessidades nutricionais de peixes devem ser conduzidos na melhor taxa de arraçoamento possível, a fim de evitar o mascaramento das necessidades dos nutrientes gerando uma menor variação no tamanho entre os peixes, o que facilita o manejo e a comercialização posterior (SENAR, 2020).

Para isso, é necessária uma avaliação periódica dos peixes, a cada 30 a 45 dias. A oferta diária de ração deve aumentar à medida que os peixes crescem. Sendo assim, essa quantidade deve ser ajustada em intervalos de 7 a 14 dias. (SENAR, 2020).

## **4.5 Tecnologias**

Para desenvolvermos um sistema que atenda às nossas necessidades e possamos realizar tarefas de forma automatizada é preciso compreender todo ecossistema de tecnologias e linguagens de programação que possam atender e solucionar as dificuldades propostas a serem desenvolvidas neste projeto.

### **4.5.1 Java**

O Java é uma linguagem de programação e plataforma de computação desenvolvida e lançada pela empresa Sun Microsystems em 1995 e atualmente está sob a responsabilidade da Oracle. Seu objetivo inicial era fornecer ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos que contemplam áreas como mobile, sistemas web, sistemas desktop, dentre outros. (DEVMIDEA, 2013)

Através da linguagem Java temos acesso a JVM Java Virtual Machine, a JVM possibilita desenvolver sistemas retrocompatíveis entre plataformas, facilitando assim o processo de desenvolvimento dos sistemas devido a possibilidade de rodar os mesmos códigos fontes em diferentes sistemas operacionais sem precisar revisar e adaptar muitas coisas. Desta forma aos poucos a linguagem evoluiu e conquistou grande participação no mundo digital nos dias atuais, oferecendo uma plataforma confiável na qual muitos serviços e aplicativos desenvolvidos incluindo grandes empresas. (ARAÚJO, 2020)

De acordo com Araújo (2020), podemos considerar como algumas das principais características da linguagem Java, como sendo uma linguagem moderna

de arquitetura neutra e portátil, fortemente tipada que suporta perfeitamente o paradigma de orientação a objetos, o que torna a linguagem robusta e segura. Além de ser uma linguagem compilada com suporte a multi-thread e dinâmica que proporciona um alto desempenho.

#### **4.5.1.1 Spring boot**

O Spring Boot é um framework que tem como objetivo possibilitar a criação de novos projetos de forma opinativa e rápida, permitindo a criação de aplicações autossuficientes e robustas contendo todas as dependências iniciais para executar de forma imediata o projeto. (LIMA, 2021).

O Spring Boot veio para resolver os problemas gerados pela dificuldade de inicialização e configuração do ambiente de desenvolvimento, deixando assim o desenvolvedor se preocupar com o que mais importa, ou seja, o desenvolvimento das regras de negócio de sua aplicação. Para iniciar uma nova aplicação basta o usuário definir em poucos passos as principais funcionalidades a serem utilizadas e iniciar o desenvolvimento. (WLADIMILSON, 2019).

Desta forma utilizando bibliotecas de terceiros e incluído configurações iniciais de servidor *tomcat*, *jetty* e *undertow* embutidos que são a base para inicializar e compilar um novo projeto, além de possuir um gerenciamento de dependências mantendo assim todas elas atualizadas, deixando o software mais robusto, estável e seguro. (LIMA, 2021).

#### **4.5.2 Golang**

Go, também conhecida como Golang é uma linguagem de programação que foi iniciada seu desenvolvimento em 2007 pelo Google, após frustrações com a complexidade excessiva promovida pelas linguagens com as quais desenvolviam seus servidores web. (NOLETO, 2021).

Por trás de seu desenvolvimento estão grandes nomes da programação como os desenvolvedores Robert Griesemer, Rob Pike e Ken Thompson. A linguagem tem diretrizes que a caracterizam, tais como: programação concorrente/paralela nativa, alto desempenho, multiplataforma, facilmente escalável, compilada, garbage collector nativo, memory safe e simplista ao extremo o que caracteriza a linguagem de extrema facilidade do aprendizado. (NOLETO, 2021).

“Go é expressivo, conciso, limpo e eficiente. Seus mecanismos de

simultaneidade facilitam a escrita de programas que tiram o máximo proveito de máquinas multicore e em rede, enquanto seu novo sistema de tipos permite a construção de programas flexíveis e modulares. Go compila rapidamente para código de máquina, mas tem a conveniência da coleta de lixo e o poder da reflexão em tempo de execução. É uma linguagem compilada, de tipagem estática e rápida que parece uma linguagem interpretada é tipada dinamicamente.” (Go, 2017).

### **4.5.3 Dart**

Dart é uma linguagem de programação multi-paradigma utilizada para desenvolvimento de aplicações web, móveis e de desktop. A linguagem Dart permite que o código criado rode tanto no lado do cliente quanto no servidor. Porém a linguagem ganhou grande destaque com o surgimento do framework flutter que é fundamentado na linguagem Dart, e fez com que atraísse a atenção de muitos desenvolvedores. (BARRO, 2022).

O Dart é uma linguagem de programação fortemente tipada inicialmente criada pela Google em 2011. A missão inicial do Dart era substituir o JavaScript para desenvolvimento de scripts em páginas web. Porém, com a evolução da linguagem e com o passar dos anos, ela hoje pode ser considerada uma linguagem multi-paradigma, embora a linguagem apresente fortes estruturas típicas de linguagens orientadas a objetos. (GUEDES, 2020).

#### **4.5.3.1 Flutter**

O Flutter é um framework desenvolvido pelo Google na linguagem Dart para a criação de aplicativos multiplataforma, web, mobile e desktop. Diferente das demais frameworks disponíveis no mercado, seu código é verdadeiramente nativo, tanto para Android, iOS e desktop, desta forma conseguimos acessar e utilizar de forma mais performática todos os recursos do ambiente em que está sendo rodado a aplicação. (ANDRADE, 2020).

Com o Flutter é possível criar aplicações híbridas e manter a performance nativa. Ou seja, com apenas um código, permite criar um aplicativo que irá rodar tanto no Android quanto iOS, mantendo a performance nativa nos dois casos. Além da performance, o Flutter disponibiliza um diferencial possibilitando criar animações, inputs, scrolling que deixam os layouts muito mais bonitos possibilitando uma usabilidade diferenciada aos seus usuários finais. (HOSTGATOR, 2020).

#### 4.5.4 C++

Seu desenvolvimento foi iniciado por Bjarne Stroustrup, por volta de 1983, onde o seu objetivo era trazer uma arquitetura mais estruturada com características e suporte a orientação a objetos com base na linhagem C, que é sua antecessora. Seu código é *open source*, ou seja, qualquer pessoa pode acessar toda a estrutura e realizar as alterações caso necessário. (DELGADO, 2018).

A linguagem de programação C++ é considerada de uma linguagem de alto e baixo nível, isso porque seu poder de processamento consegue interagir mais próximo ao hardware e ao mesmo tempo seja de fácil entendimento e de desenvolvimento. Devido a sua comunicação ocorrer de forma mais próxima do hardware seu desempenho o que traz grandes benefícios para aplicações como de robóticas, jogos, edição de fotos e vídeos e muitas outras. (DIGITAL HOUSE, 2022).

##### 4.5.4.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. A tecnologia foi criada em 2005 pelo italiano Massimo Banzi, com a participação de outros colaboradores. (TALES, 2016).

O Arduino é uma ferramenta simplificada de hardware e software que auxilia a programação de um microcontrolador capaz de se comunicar com outros eletrônicos, a fim de executar funções sem ajuda manual, facilitando os mais variados processos do nosso dia a dia. Essa tecnologia é utilizada quando a ferramenta a ser desenvolvida ainda está em processo de prototipagem, ou seja, em fase de testes, pois o seu propósito é acelerar o andamento do projeto. (RODRIGUES, 2018).

Através do arduino temos a possibilidade de monitorar ambientes por meio de sensores, controlando luzes, motores e vários outros componentes atuadores disponíveis no mercado. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem wiring, e o ambiente de desenvolvimento arduino, baseado no ambiente processing. Ao desenvolver um projeto com o arduino, além da possibilidade de integrar componentes autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de software específico. (TALES, 2016).

#### **4.5.5 Javascript**

O JavaScript ou também conhecido como JS, é uma linguagem de programação de alto-nível, criada por volta da década de 90, mais precisamente em 1996 pelo programador Brendan Eich. Atualmente o JS é uma das principais linguagens de programação, sua comunidade de desenvolvedores está em constante crescimento com uma grande diversidade de bibliotecas, frameworks e aplicações para as mais diversas plataformas. (CARLOS, 2023)

Js é uma linguagem multiparadigma, abrangendo tanto a programação funcional quanto a imperativa. Ela se destaca por sua versatilidade, tipagem dinâmica (eliminando a necessidade de definir tipos de variáveis durante a declaração), sintaxe acessível e a inclusão de recursos avançados, como orientação a objetos e APIs para manipulação de texto, matrizes, datas e expressões regulares. No cenário atual, JS adere às especificações ECMAScript, garantindo suporte consistente e desempenho confiável em diversos navegadores. (DIEGO, 2020)

##### **4.5.5.1 Nodejs**

O Node.js foi criado em 2009 como uma solução para a execução de códigos JavaScript no lado do servidor, uma vez que a linguagem inicialmente visava principalmente a manipulação do DOM (Modelo de Objetos do Documento) para tornar as aplicações web mais interativas e dinâmicas nas partes visuais. (ANDRE, 2023)

Segundo André também podemos considerar como algumas das características do desenvolvimento utilizando o node.js, processamento single threads, executando as tarefas de forma assíncrono deixando mais performático e simples de gerenciar. Com isso, ele trabalha de forma a não bloquear a aplicação no momento de sua execução, colocando os processos mais demorados para um segundo plano.

Podemos destacar como algumas das vantagens da utilização do nodejs no desenvolvimento, a facilidade na sua curva de aprendizagem, alta performance de processamento, alto grau de escalabilidade para crescimento do projeto com demandas de solicitações de informações e uma enorme comunidade de desenvolvedores. (LUCAS, 2022)

#### **4.5.6 MongoDB**

O MongoDB é um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) NoSQL (não relacional) de código fonte aberto à comunidade, este banco de dados tem baixa curva de aprendizagem o que o torna de fácil integração para começar a utilizar. (IGOR, 2014)

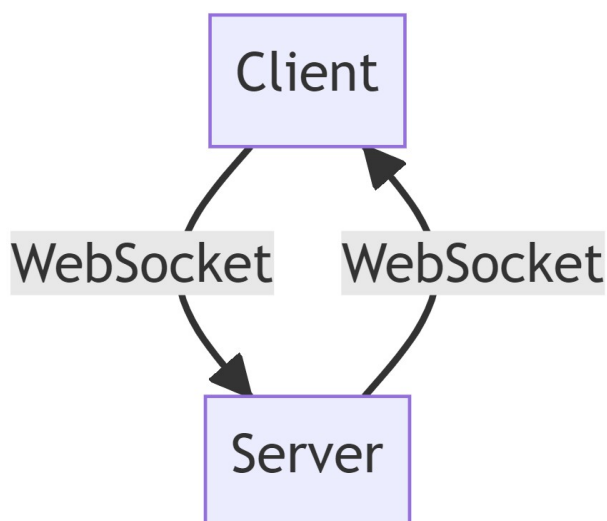
O MongoDB é um banco que possui uma estrutura dinâmica e flexível no armazenamento dos dados, desta forma suporta alterações constantes em sua estrutura sem ter grandes impactos o que torna facilmente escalável para grandes aplicações. (IGOR, 2014)

O banco de dados MongoDB permite armazenar dados de aplicativos back-end de forma dinâmica, incluindo em dispositivos Apple iOS e Android, além de permitir implantações de soluções de armazenamento baseadas em cloud. Toda esta flexibilidade permite agregar dados em diversos ambientes, com índice secundário e geoespacial, proporcionando aos desenvolvedores a capacidade de escalar suas aplicações e aplicativos de maneira intuitiva e extraíndo um alto desempenho. (IBM, 2017)

#### **4.5.6 Protocolo de comunicação WebSocket**

O protocolo de comunicação WebSocket fornece uma via de comunicação bidirecional, possibilitando assim realizar uma conexão de cliente e servidor de forma que os dois possam trocar informações de forma síncrona em tempo real. Ao contrário do protocolo HTTP (pedido-resposta), aqui a conexão nunca se fecha. Por ser bidirecional, não só o cliente, mas também o servidor pode ter a iniciativa de enviar dados para o cliente sem que haja um pedido ou vários pedidos do cliente, poupando-se assim largura de banda, tempo de resposta e otimização de desempenho. (ACERVOLIMA, 2022).

Diagrama 1: Modelo de comunicação WebSocket



Fonte: <https://marketsplash.com/tutorials/go/golang-websocket>

Na imagem acima podemos visualizar melhor como ocorre a comunicação entre o cliente e servidor, assim pode considerar que o cliente sempre será o módulo ou aplicação que cria a conexão inicial, e o servidor o ponto central que fornece os dados ou que também em algumas situações pode ser o solicitante. Ao adotar essa abordagem, é possível criar experiências interativas e dinâmicas, melhorando significativamente a usabilidade das aplicações e proporcionando aos usuários uma experiência mais rica e envolvente. (EMANUEL, 2023)

Para ilustrar a usabilidade do protocolo de comunicação WebSocket, podemos tomar como exemplo a interatividade em um chat, onde as mensagens são atualizadas instantaneamente assim que o remetente as envia, eliminando a necessidade de consultas periódicas ao servidor central. Em última análise, o WebSocket oferece um alto desempenho em situações em que não temos controle sobre o momento em que novas informações ou atualizações são disponibilizadas. (EMANUEL, 2023)

## 4.6 Hardware

### 4.6.1 Microcontrolador

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica de código aberto (*open-source*) e hardware livre, que possibilita o desenvolvimento de protótipos e projetos eletrônicos com baixos custos financeiros, possibilitando assim validar e desenvolver

ideias. Através do seu microcontrolador pode ser realizada a integração de todos os tipos de equipamentos, sendo alguns ligados diretamente ou através de um intermediador. (MARCIO, 2022).

Figura 6: Placa microcontrolador modelo WeMos D1 ESP8266



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog>

Existem vários modelos de placas microcontroladores, tendo como exemplo o modelo WeMos D1 R1 ESP8266 que é uma placa que se inspira no design do Arduino Uno, com conectores posicionados de forma idêntica aos da placa Uno. No entanto, o principal diferencial da Placa WeMos D1 R1 ESP8266 em relação ao Arduino Uno é o seu microcontrolador principal. Enquanto o Arduino Uno utiliza o Atmega328, a Placa WeMos D1 R1 ESP8266 é equipada com o ESP8266, um módulo que desempenha a função de microcontrolador e oferece conectividade Wi-Fi. (RICARDO, 2022)

A utilização da Placa WeMos D1 R1 ESP8266 no seu projeto proporcionará uma conectividade Wi-Fi de forma nativa e simplificada. Isso significa que você pode incorporar facilmente recursos de comunicação sem fio em seu projeto, tornando a conexão à rede e a troca de dados uma tarefa descomplicada. (RICARDO, 2022)

Para realizar este processo de comunicação com leitura e execução de comandos junto aos componentes e a placa Arduino, é necessário realizar a implementação de scripts com códigos fontes, utilizando a linguagem de programação C++. Através destes comandos programados se criam rotinas que vão

desde a captura de dados a execução de ações. (MARCIO, 2022).

#### 4.6.2 Sensor de medição de pH

O sensor de pH é um componente que possibilita a captura dos índices de pH em líquidos e pode ser utilizado com diversos modelos de microcontroladores. O sensor de pH Arduino realiza a leitura do valor do pH de determinada solução, conseguindo verificar sua alcalinidade ou acidez. (MATHEUS, 2022).

*Figura 7: Sensor PH Módulo PH4502C + PH Eletrodo*



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog>

O pH é importante parâmetro que pode ser medido na água e no solo, indicando o nível de sua acidez (pH menor que 7), alcalinidade (pH maior que 7) e neutralidade (pH igual a 7). É necessário realizar o devido controle do pH, desta forma garantimos o um ótimo desempenho da atividade em execução, extraindo assim um produto de melhor qualidade e produtividade. (MATHEUS, 2022)

Este sensor basicamente é constituído a partir de uma haste, a qual geralmente é feita em vidro, apresentando na “membrana”, sendo esta preenchida com uma solução para armazenagem de algum líquido neutralizador, também conhecida como tampão de pH. Este design proporciona um ambiente propício no qual íons H<sup>+</sup> ficam armazenados em seu interior e possam ser utilizados como base para futuras leituras de parâmetros. (MATHEUS, 2022)

### 4.6.3 Sensor de temperatura

A temperatura é outro fator de grande relevância e influência diretamente na alimentação e desenvolvimento dos animais devido a mesma tornar o metabolismo mais acelerado tornando os animais mais ativos, o que gera um maior gasto energético necessitando de uma maior quantidade de nutrientes. (SENAR, 2020).

*Figura 8: Sensor de Temperatura DS18B20 a Prova D'água*



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog>

O sensor demonstrado acima fornece leituras de temperatura de 9 a 12 bits. A comunicação deste sensor pode ser feita através de um protocolo de barramento de um fio que usa uma linha de dados para se comunicar com um microprocessador interno, podendo este ser uma placa Arduino. Além disso, este sensor obtém a fonte de alimentação diretamente da linha de dados, de modo que a necessidade de uma fonte de alimentação externa pode ser eliminada. (ELETROGATE, 2020).

### 4.6.4 Modulo relé

O módulo relé é um componente que permite agregar funcionalidade com outros equipamentos que não possuem conexão direta com a placa do Arduino. A partir das saídas digitais pode-se, através do relé, controlar cargas maiores e dispositivos como motores AC ou DC, eletroímãs, solenóides e lâmpadas incandescentes. (ELETROGATE, 2022).

Figura 9: Módulo Relé 1 Canal 5v



Fonte: <https://www.huinfinito.com.br/modulos/988-modulo-rele-5v1canal.html>

Os módulos relés têm grande importância para a realização de projetos eletrônicos embarcados, sobretudo no controle de cargas alternadas como lâmpadas, tomadas ou ventiladores. Devido a sua simplicidade na implantação bem como suas características de funcionamento simples, o fazem ser um dos módulos mais utilizados em projetos com Arduino e outros microcontroladores disponíveis no mercado. (RONTEK, 2023)

## 5.0 METODOLOGIA DA PESQUISA

A piscicultura vem se destacando e se desenvolvendo rapidamente ao longo dos últimos anos, esta evolução decorre de um constante processo de busca por inovações tecnológicas que vão desde o melhoramento genético, alimentação e prática das tarefas no dia a dia.

Através dos resultados desta pesquisa, desenvolvemos um protótipo de sistema visando automatizar atividades do cotidiano, reduzindo assim a dependência contínua de mão de obra humana e conseqüentemente aumentando o fluxo de informações obtidas através de software, que podem auxiliar e influenciar no processo de tomada de decisões.

Este software é composto por quatro principais módulos responsáveis pela obtenção, gerenciamento e visualização das informações. O principal módulo é composto por um serviço central que estará disponível na nuvem, com o objetivo de processar e interligar todos os demais módulos fornecendo as informações necessárias.

Localmente no cliente será instalado um protótipo de software junto a uma placa gerenciadora com componentes utilizados em automação comercial, através desta placa será realizado a comunicação com o servidor central, sendo assim este processo responsável por capturar dados do ambiente local e replicá-los para o servidor central.

Após a captura das informações teremos um terceiro serviço responsável pelo processamento dos dados obtidos, gerando uma análise mais aprofundada, observando padrões e diagnosticando precocemente possíveis problemas que podem ser resolvidos de forma antecipada evitando agravamento ou perda total da produção.

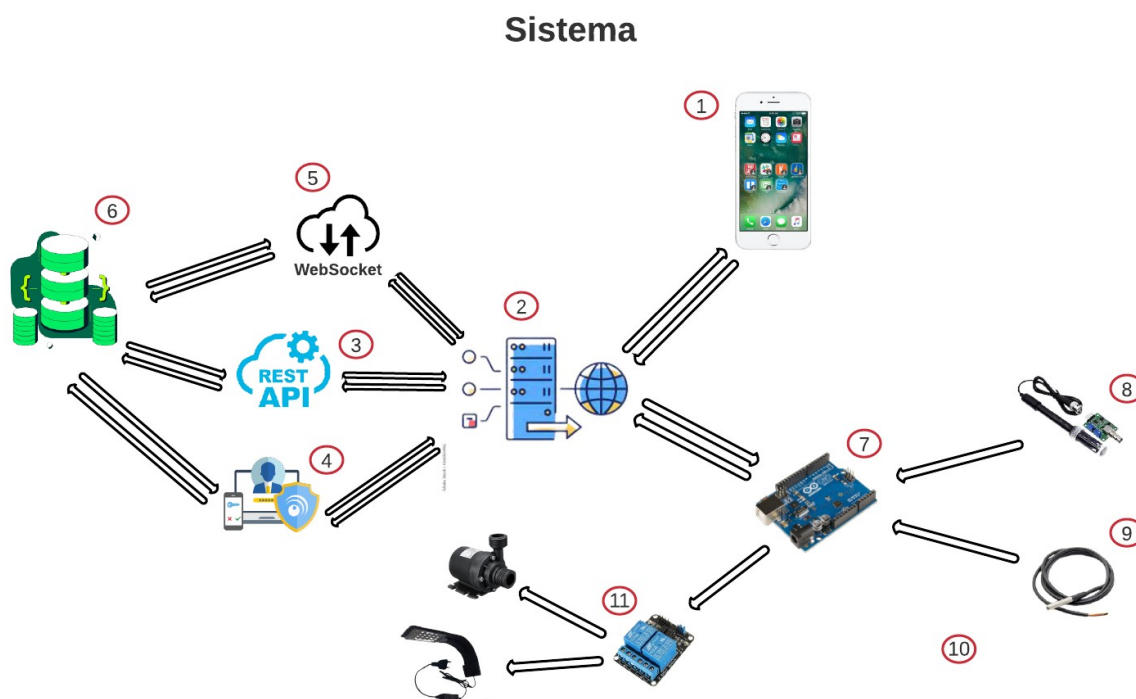
Enfim, após todo o processo de coleta e análise dos dados obtidos, será disponibilizado um aplicativo mobile, sendo este responsável por fornecer de forma rápida e prática todas as informações geradas através de gráficos e relatórios para os usuários, ou até mesmo gerenciar os equipamentos conectados no ambiente monitorado.

## 6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Após a análise do cenário atual e finalizarmos os estudos e pesquisa, para levantar todos os requisitos necessários, se deu início ao desenvolvimento do protótipo da aplicação. Esse processo de desenvolvimento foi dividido em várias etapas, sendo cada uma delas de extrema importância.

A fase inicial teve por objetivo a definição e modelagem superficial dos processos de comunicação, permitindo a visualização dessas etapas em pequenos passos, facilitando a compreensão de todos os requisitos e possibilitando uma visão mais aprofundada de cada etapa a ser desenvolvida e implantada.

Diagrama 2: Fluxo de comunicação do protótipo em desenvolvimento



Fonte: próprio autor.

No diagrama apresentado acima pode ser visualizado o fluxo que as informações trafegam no sistema, nos tópicos abaixo descreveremos conforme a numeração apresentada a descrição e responsabilidade de cada uma delas.

- **Item 1:** ilustra a aplicação mobile que tem por objetivo, possibilitar a interação dos usuários, visualização das situações e histórico dos dados gerados.
- **Item 2:** está sendo representado o gateway da nossa aplicação, sendo este de grande importância para o nosso sistema, através deste serviço é

gerenciado todos os processos de redirecionamento para os demais serviços internos que rodam no servidor central. Através dele também realizamos os processos de gerenciamento da autenticação de usuários e permissões de acesso.

- **Item 3:** representa o serviço de processamento de dados para o aplicativo mobile, fornecendo informações processadas e configurações para acesso dos mesmos diretamente no smartphone.

- **Item 4:** está associado ao serviço de autenticação do usuário no sistema, sendo este acessado pelo gateway com os dados de login informados na requisição. Desta forma, após validar os parâmetros, é retornado um token (chave de acesso temporário), de autenticação que deverá ser incluído em todos os processos de comunicação com o servidor, garantindo assim a integridade de acessos aos dados.

- **Item 5:** representa o serviço de comunicação WebSocket, responsável em permitir a conexão através de um canal de mensageria contínua, permitindo assim transitar dados do cliente ao servidor, e da mesma forma, o servidor enviar dados para o cliente.

- **Item 6:** realiza a representação do banco de dados, este responsável por armazenar e centralizar as informações de todos os processos.

- **Item 7:** representa a placa microcontroladora do sistema, sendo está posicionada localmente no ambiente monitorado com o objetivo de controlar e comunicar todos os componentes e sensores físicos. Para realizarmos os processos de comunicação com o servidor central, será estabelecido uma conexão através de um canal WebSocket, que possibilita a comunicação no formato de via dupla, conforme explicado no item 5.

- **Item 8:** representa o equipamento físico para realizar leituras do pH no ambiente monitorado, ao realizar uma consulta no sensor o mesmo retornará os dados que devem ser processados, gerando assim a informação a ser retomada para o servidor central.

- **Item 9:** representará o sensor de temperatura.

- **Item 10:** representará o módulo relé, possibilitando a integração com componentes externos sem nenhum requisito, devido ao mesmo simular uma chave disjuntor que recebe parâmetros através da placa micro controladora para ativar e desativar o fluxo de energia em seus terminais.

Com base no mapeamento apresentado acima será seguido as próximas

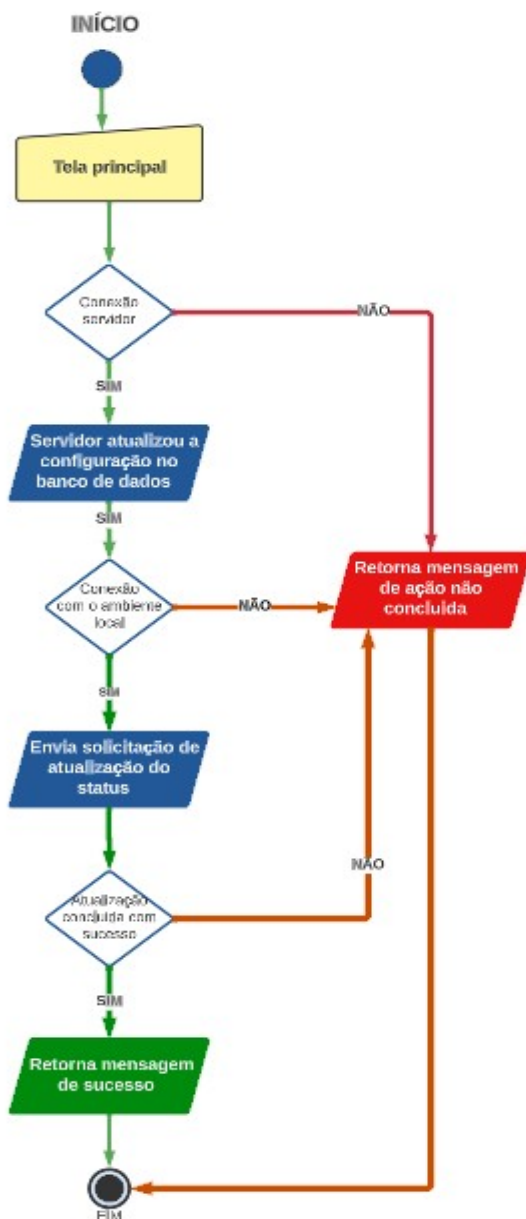
etapas de desenvolvimento do projeto, gerando informações que agregam valor aos seus usuários e auxiliando no processo de tomada de decisões.

### **6.1 Diagrama de atividade de atualização do status do motor bomba do filtro**

Para melhorarmos o entendimento previo das funcionalidades do prototipo a ser desenvolvido, foram criados digramas de fluxo de atividades, que tem por objetivo oferecer uma representação visual intuitiva e sistematica das etapas da atividade, descrevendo a ordem sequencial e as decisões que devem ser realizadas e por fim as ramificações que se podem ter durante o processo.

Em resumo, os diagramas de atividades são uma ferramenta eficaz para analisar, comunicar e aprimorar processos, fornecendo uma visão abrangente e clara das interações e fluxos de trabalho em um sistema.

Figura 10: Diagrama de atividade para atualização de status do motor do filtro



Fonte: próprio autor.

No diagrama apresentado acima, é possível visualizar o fluxo de atividades relacionado à solicitação de atualização do status do motor da bomba do filtro. Este processo envolve diversas etapas para assegurar que o usuário esteja ciente da situação real do ambiente monitorado.

Inicialmente, na tela principal do diagrama, o usuário tem acesso a um botão para atualizar o status da atividade do motor no ambiente monitorado. Ao realizar essa alteração, é estabelecida uma comunicação com o servidor central. Se a

comunicação falhar, uma mensagem é gerada para informar ao usuário sobre a tentativa malsucedida. Caso a solicitação seja atendida pelo servidor central, uma busca pela conexão com o ambiente local é realizada internamente. Se a conexão estiver indisponível, uma mensagem é enviada ao usuário indicando a comunicação inacessível com o ambiente local. No entanto, se a conexão estiver disponível, a atualização do status é solicitada no ambiente local. Se a operação for concluída com sucesso, o registro de configuração é atualizado no banco de dados da aplicação, e o status é retornado com a mensagem de atualização bem-sucedida.

Dessa maneira, garantimos que as informações apresentadas no aplicativo estejam coerentes com o estado real do ambiente monitorado, e o desenvolvimento de diagramas de fluxo de atividades é fundamental para visualizar e destacar as diversas tratativas necessárias para garantir a integridade e confiabilidade da informação.

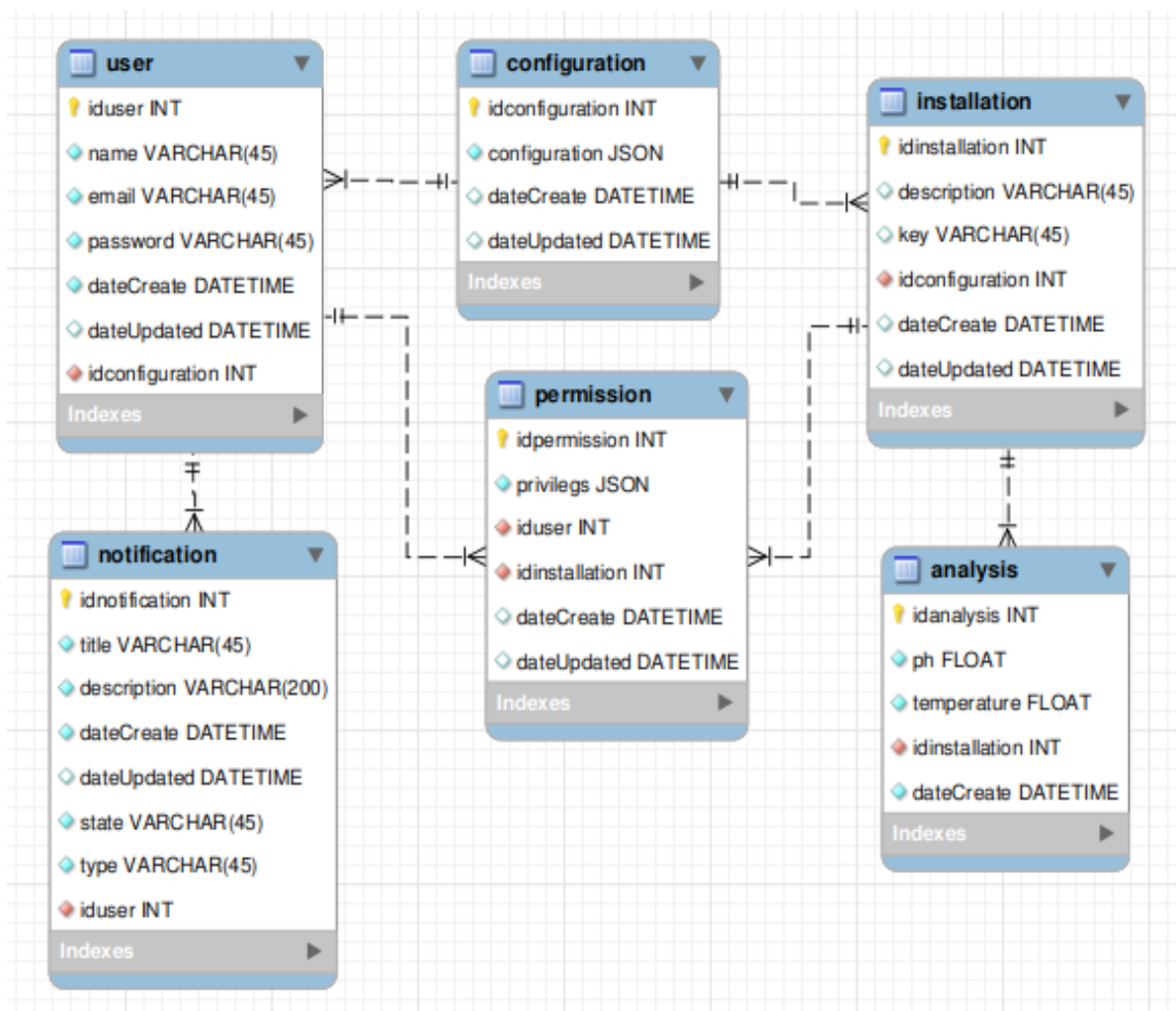
## **6.2 Modelagem da estrutura do banco de dados**

Após finalizarmos a análise e definição com a construção dos diagramas descritos acima, seguimos para etapa de análise e definição da estrutura do banco de dados. Esta etapa detém grande importância devido a mesma representar a segurança, integridade e disponibilidade dos dados armazenados, pois com base nos dados armazenados temos todo o histórico de alterações que podem ser analisadas visando gerar informações que podem auxiliar na tomada de decisões para o usuário.

Para realizarmos o armazenamento dos dados utilizamos o banco de dados modelo não relacional MongoDB, sendo este utilizado devido sua flexibilidade e performance no processo de armazenamento dos dados e informações geradas.

Por se tratar de um banco de dados não relacional, ou seja, não contém uma estrutura sólida, podemos realizar constantemente alterações em sua estrutura, incluindo novos modelos de dados, o que torna fácil a escalabilidade e crescimento da quantidade de usuários na aplicação.

Figura 11: Modelagem ER do banco de dados



Fonte: próprio autor.

Na imagem acima pode ser visualizado a estrutura de ligações entre tabelas do banco de dados, esta estruturação visa uma melhor organização e integridade dos dados gerenciados, com o foco em melhorias e crescimentos futuros para o sistema.

### 6.3 Protótipo e implantação

O processo de montagem do protótipo da aplicação foi dividido novamente em quatro principais etapas, sendo elas a elaboração física dos componentes no ambiente local, o desenvolvimento do software integrado ao Arduino, o servidor central que realiza o processamento e armazenamento dos dados, e por fim a aplicação mobile que apresenta os dados aos usuários e interessados.

### **6.3.1 Desenvolvimento do ambiente monitorado**

Para realizar os testes de validação, criamos um ambiente similar a um ambiente de produção, sendo este realizado em um aquário totalmente montado, implantado com componentes, sensores e demais equipamentos envolvidos.

Como orquestrador no ambiente local utilizamos uma placa de comunicação modelo WeMos D1 ESP8266 wi-fi, sendo esta responsável por integrar as aplicações com os equipamentos físicos, como sensores e motores. Possibilitando assim realizar a execução de comandos e funcionalidades dos equipamentos, e ao mesmo tempo capturar parâmetros necessários para o gerenciamento e armazenamento dos mesmos, criando assim um histórico de dados.

Para realizar a extração de dados do ambiente local, utilizamos um script de comunicação codificado na linguagem C. Essa escolha se deve ao poder de processamento significativo oferecido pela mesma, o que garante segurança e confiabilidade em todo o processo de extração de informações.

No script, foram implementadas diversas funcionalidades que possibilitam uma ampla gama de ações, desde a simples captura de dados até o controle de motores integrados à placa de comunicação. Esse conjunto de funcionalidades permite uma maior flexibilidade nos processos de interação com o ambiente local.

#### **6.3.1.1 Conexão à rede wi-fi**

Todo o fluxo de processo começa com o estabelecimento de uma conexão à internet através de uma rede wi-fi, possibilitando assim realizar comunicações a ambientes externos. Para dispomos da possibilidade de realizar a conexão, foi utilizado um modelo de placa microcontroladora que dispõe o módulo wi-fi embutido facilitando assim o desenvolvimento e configuração.

Figura 12: Conexão wi-fi Arduino

```

34 void connetcWifi() {
35     WiFi.begin("rede", "senha");
36     Serial.print("Conectando a rede wifi");
37     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
38         delay(500);
39         Serial.print(".");
40     }
41     Serial.println("");
42     Serial.println("Rede wifi conectada com sucesso...");
43 }

```

Fonte: próprio autor.

No código fonte apresentado na imagem acima podemos observar o método de conexão à rede wifi, na segunda linha de código temos o seguinte comando `Wifi.begin()` sendo este recebendo dois parâmetros, o nome e a senha da rede wifi a ser conectada, seguindo então para um laço de repetição testando a conexão com intervalos de 500 milissegundos.

### 6.3.1.2 Conexão ao servidor central

Após a realização da conexão à rede wi-fi obter sucesso seguimos para a próxima etapa para iniciarmos o processo de comunicação com o servidor central. Possibilitando assim buscar comandos e configurações e ao mesmo tempo enviar dados dos parâmetros capturados no ambiente local.

Figura 13: Conexão WebSocket

```

45 void webSocket() {
46     if (!ws.isConnected()) {
47         ws.connect("192.168.0.121", "/", 3000);
48         if (ws.isConnected()) {
49             ws.send("{ \"event\": \"REGISTER\", \"key\": \"yvluq7olt9\", \"connection\": \"SOCKET\"}");
50             Serial.println("Conexão webSocket realizada com sucesso.");
51         }
52     } else {
53         String json;
54         if (ws.getMessage(json))
55             jsonParser(json);
56     }
57 }

```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima podemos observar o método responsável por realizar a conexão através de um canal de comunicação WebSocket com o servidor central.

Inicialmente importamos uma biblioteca WebSocket para através dela realizarmos a configuração.

Na segunda linha de código, realizamos uma verificação se a conexão já foi realizada, caso a mesma estiver inativa executamos o comando `ws.connect()`, passando como parâmetros o link do servidor e a porta de entrada no mesmo.

Ao concluir a conexão realizamos um primeiro envio de mensagem criando um evento de registro, iniciando assim, a configuração para que o servidor central saiba que (esta conexão é referente a esta instalação). Desta forma, durante a realização dos processamentos de dados, o servidor saberá de qual instalação os dados recebidos devem ser vinculados ao serem armazenados.

### 6.3.1.3 Recebendo comandos do servidor central

Os processos de comunicação ocorrem bidireccionalmente através do canal WebSocket, que permite tanto o envio de informações como a recepção de mensagens contendo parâmetros para solicitações de manipulação de componentes e pesquisa de dados.

Na imagem abaixo, é possível observar o processo de desserialização que ocorre nas mensagens recebidas do servidor central. Esse processo inclui a validação da estrutura e dos parâmetros das mensagens, o que permite a identificação do comando ou da regra a ser executada.

Figura 14: Desserialização de objetos JSON

```
59 void jsonParser(String json) {
60     StaticJsonDocument<200> dto;
61     DeserializationError error = deserializeJson(dto, json);
62     if (error) {
63         Serial.print(F("deserializeJson() failed: "));
64         Serial.println(error.f_str());
65         return;
66     }
67     proxy(dto);
68 }
```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima, podemos observar o processo que chamamos de serialização ou parser de informações no mundo da programação. Esta etapa tem como objetivo extrair informações que estão no formato de texto, seguindo um padrão de estrutura chave-valor, e transformá-las em variáveis acessíveis no código

fonte.

Uma vez que concluímos o processo de serialização de informações, podemos então avançar para a etapa de interpretação dos dados, onde analisamos o conteúdo, e determinamos quais ações ou comandos devem ser executados com base nas informações obtidas.

Figura 15: Proxy de direcionamento da ação em execução

```
70 void proxy(StaticJsonDocument<200> dto) {
71     if (dto["action"] == "EXECUTE")
72         execute(dto);
73     if (dto["action"] == "READ")
74         read(dto);
75 }
```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima, encontramos a primeira etapa crucial de validação e redirecionamento para realizar a ação desejada, conhecida como proxy. Nesse estágio, examinamos o tipo de ação (action) que pode ser de dois tipos distintos: execução (EXECUTE) ou leitura (READ).

Quando a ação selecionada é do tipo execução, iniciamos a chamada de um método intermediário responsável por aplicar filtros adicionais. Esses filtros validam parâmetros essenciais que controlam a ativação e desativação do motor do filtro e luminárias, conforme apresentado na imagem abaixo.

Figura 16: Execução de ações no ambiente

```
87 void execute(StaticJsonDocument<200> dto) {
88     if (dto.containsKey("water_pump")) {
89         if (dto["water_pump"] == 1)
90             digitalWrite(WATER_PUMP, LOW);
91         else
92             digitalWrite(WATER_PUMP, HIGH);
93     }
94     if (dto.containsKey("lighting")) {
95         if (dto["lighting"] == 1)
96             digitalWrite(LIGHTING, LOW);
97         else
98             digitalWrite(LIGHTING, HIGH);
99     }
100 }
```

Fonte: próprio autor.

Caso a ação selecionada for do tipo leitura, executamos o método apresentado na imagem abaixo sendo este responsável por realizar a captura das informações e configurações atuais no ambiente, retornando as mesmas pelo mesmo canal de comunicação que solicitou a leitura dos dados.

Figura 17: Execução da leitura dos parâmetros do ambiente

```

77 void read() {
78     bool water_pump = digitalRead(WATER_PUMP) == 1;
79     bool lighting = digitalRead(LIGHTING) == 1;
80     ws.send("{ \"event\": \"MESSAGE\", \"data\": { \"ph\": \"
81     + String(calculatePH()) + \", \"temperature\": \"
82     + String(getTemperature()) + \", \"water_pump\": \"
83     + String(water_pump) + \", \"lighting\": \"
84     + String(lighting) + \"}}");
85 }

```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima podemos visualizar o procedimento para leitura das configurações nas portas analógicas associadas ao motor da bomba do filtro (WATER\_PUMP) e à porta analógica da luminária (LIGHTING). Nesse contexto, é importante destacar que o resultado da chamada do método `digitalRead()` nos retorna um valor numérico, sendo este 1 para ativo e 0 para desligado. Na sequência realizamos a chamada do método `ws.send(*)`, sendo este o responsável por realizar o envio dos dados incluídos no texto passado por parâmetro. Podemos visualizar também que na montagem do texto podemos visualizar a chamada de dois outros métodos, sendo eles o `calculatePH()` e o `getTemperature()`, entenderemos um pouco melhor cada um nos próximos tópicos abaixo.

#### 6.3.1.4 Leitura sensor pH

O processo de extração do parâmetro do pH no ambiente local é realizado através de sensores analógicos, que permitem a captura de dados. Para uma maior precisão no processo de captura, realizamos a extração de dez valores a cada nova atualização sendo estes processados e realizados uma média, trazendo uma melhor precisão da informação aferida.

Figura 18: Método que calcula o pH do ambiente

```

102 float calculatePH() {
103     float valor_calibracao = 21.34;
104     float soma_tensao = 0;
105     float tensao;
106
107     for (int i = 0; i < 10; i++) {
108         tensao = (analogRead(PH) * 5.0) / 1024.0;
109         soma_tensao = (soma_tensao + tensao);
110         delay(100);
111     }
112
113     float media = soma_tensao / 10;
114     float valor_pH = -5.70 * media + valor_calibracao;
115     return valor_pH;
116 }

```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima podemos analisar o código fonte que realiza o processo de leitura e processamento de dados do pH, gerando assim a informação a ser retornada. Este processo se inicia com a leitura de dez entradas de dados com intervalos de 100 milissegundos, sendo o valor capturado multiplicado pela tensão e dividido por 5 que é a voltagem.

### 6.3.1.5 Leitura sensor temperatura

O processo de captura da temperatura é realizado através de bibliotecas do Arduino, sendo estas responsáveis por tratar e converter os dados extraídos em parâmetros reais de temperatura.

Figura 19: Captura dos parâmetros de temperatura através do sensor

```

118 #include <OneWire.h>
119 #include <DallasTemperature.h>
120
121 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
122 DallasTemperature sensors(&oneWire);
123 DeviceAddress sensorTemperature;
124
125 float getTemperature() {
126     sensors.requestTemperatures();
127     return sensors.getTempC(sensorTemperature);
128 }

```

Fonte: próprio autor.

Na imagem acima podemos visualizar o processo de captura da informação de temperatura no componente interligado a placa microcontroladora. O processo de conversão dos valores é realizado através de bibliotecas e classes disponíveis no Arduino.

### **6.3.2 Banco de dados**

Antes de iniciarmos o processo de desenvolvimento do servidor central, foi fundamental a realização da definição do banco de dados, pois esta etapa desempenha um papel crucial no processo de desenvolvimento, uma vez que tem um impacto direto na maneira como as informações serão estruturadas e armazenadas. Para o desenvolvimento do protótipo, foi optado por utilizar o banco de dados não relacional MongoDB, esta escolha se deu devido algumas necessidades técnicas que visam desde uma alta performance, escalabilidade e flexibilidade para manutenção e evolução dos processos conforme seu crescimento.

Também conhecido como mongo, este banco de dados é uma plataforma *open source* e gratuito para utilização, o que também contribui para o crescimento da comunidade, que atualmente já é gigantesca com muitos conteúdos tutoriais, o que torna a sua curva de aprendizado muito baixa em comparação a outros bancos de dados do mesmo segmento.

Inicialmente o banco de dados será implantado em uma máquina local para fins de testes, porém a sua flexibilidade, facilidade e disponibilidade atualmente de opções para implantação do mongo em servidores na nuvem se torna outro grande ponto positivo em sua adesão.

### **6.3.3 Desenvolvimento do servidor central**

O servidor central foi desenvolvido com base na linguagem Javascript em conjunto ao serviço Node.js, que possibilita desenvolver servidores com baixos custos de processamento, enquanto o armazenamento das informações foi realizado por meio do banco de dados MongoDB.

Para atender às diversas solicitações de processamento dos dados, adotamos uma abordagem de divisão de responsabilidades de pequenos projetos interconectados, trabalhando de forma colaborativa para garantir o funcionamento correto de todo o ecossistema. Essas responsabilidades são distribuídas da seguinte maneira:

Inicialmente, temos o serviço de *gateway*, este tem por objetivo realizar o processo de autenticação e validação de chaves de acesso, garantindo assim que todas as informações disponibilizadas, estão sendo retornadas aos usuários previamente autorizados.

Para comunicações do aplicativo mobile, temos um serviço que disponibiliza as informações constantemente atualizadas e com todos os históricos armazenados. Possibilitando assim extrair dados para geração de relatórios e gráficos, com filtro de períodos.

Quando ativamos nosso sistema de monitoramento no ambiente local, ele estabelece uma conexão por meio de um canal WebSocket com nosso terceiro serviço. Este serviço é responsável pelas comunicações síncrona, mantendo-se constantemente conectado para receber ou fazer requisições.

Por fim, todos esses serviços são centralizados em um único ponto de entrada para solicitações, o serviço de gateway, que atua como o principal ponto de entrada e redirecionamento para os outros serviços. Isso proporciona uma camada adicional de controle e segurança para as operações do sistema.

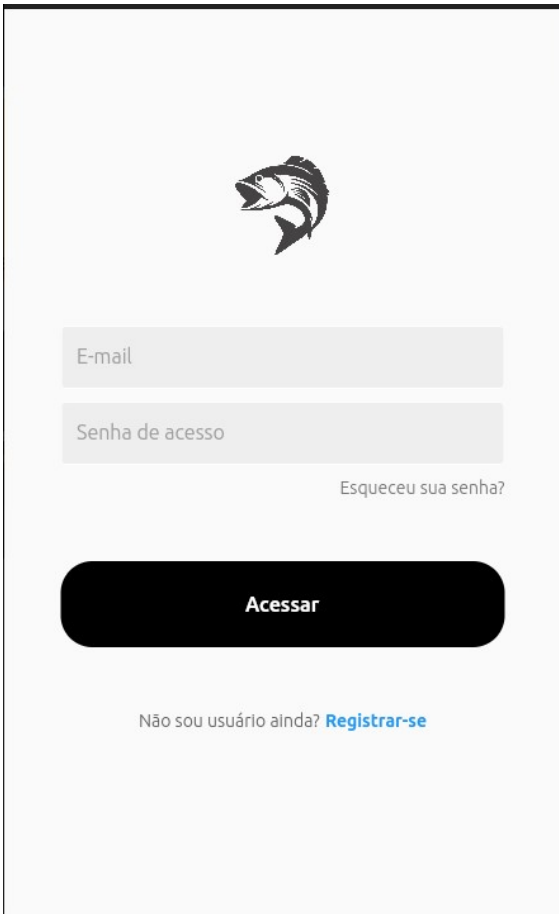
#### **6.3.4 Desenvolvimento do aplicativo mobile**

O desenvolvimento do protótipo do aplicativo foi realizado utilizando a linguagem de programação Dart, que se baseia no framework Flutter.

O protótipo do aplicativo foi criado com algumas funcionalidades essenciais que visam validar o processo de captura, análise e visualização de dados. Ao acessar o protótipo do aplicativo, os usuários encontrarão as seguintes funcionalidades:

Inicialmente, os usuários têm a opção de realizar o login utilizando suas credenciais previamente cadastradas. Conforme a imagem abaixo capturada do aplicativo, podemos visualizar a tela de login da plataforma, tendo as seguintes opções disponíveis, sendo elas de critério obrigatório para acesso ao aplicativo: realizar o login, solicitar redefinição de senha e registrar-se.

Figura 20: Tela de login



A tela de login apresenta um ícone de um peixe no topo. Abaixo dele, há dois campos de entrada de texto: "E-mail" e "Senha de acesso". À direita do campo de senha, há um link "Esqueceu sua senha?". Abaixo dos campos, há um botão preto com o texto "Acessar" em branco. Na base da tela, há o texto "Não sou usuário ainda?" seguido pelo link "Registrar-se" em azul.

Fonte: próprio autor.

Caso o usuário opte pela opção de registrar-se, será direcionado para a tela seguinte, onde o mesmo realizará o cadastro para acesso ao aplicativo.

Figura 21: Tela de cadastro do usuário



A imagem mostra a interface de usuário para o cadastro de um novo usuário. O título da tela é "Cadastrar usuário", com um ícone de seta para trás no canto superior esquerdo. Abaixo do título, há cinco campos de entrada de texto, cada um com um rótulo à esquerda: "Nome completo:", "E-mail:", "Senha:", "Confirmar senha:" e "Chave de integração:". Abaixo dos campos, há um botão de ação arredondado com o texto "Cadastrar".

Fonte: próprio autor.

Os dados básicos para realização de um novo cadastro de usuário serão o nome completo do usuário, e-mail, senha e a chave de acesso. Sendo esta chave a responsável por vincular à conta do usuário ao ambiente local, garantindo uma conexão segura e personalizada.

Após o login bem-sucedido, os usuários serão direcionados para a tela inicial do aplicativo. Aqui, eles terão acesso às principais informações, incluindo dados de temperatura, pH, alertas e pendências. Esses dados são essenciais para o monitoramento e gerenciamento das operações.

Além das informações principais, os usuários também terão acesso a notificações compartilhadas pelos desenvolvedores. Isso inclui sugestões para melhorias, atualizações e outras novidades relacionadas ao aplicativo. Essas notificações fornecem uma maneira eficaz de manter os usuários informados sobre as últimas mudanças e aprimoramentos no aplicativo.

O objetivo do protótipo é fornecer uma visão inicial do aplicativo, demonstrando suas funcionalidades fundamentais. Com isso, buscamos validar o

processo de coleta, análise e apresentação de dados de maneira eficaz, garantindo que atenda às necessidades dos usuários finais neste primeiro momento de testes. O protótipo servirá como um ponto de partida valioso para o desenvolvimento contínuo e aprimoramento do aplicativo.

### **6.3.5 Funcionalidades**

Os usuários terão acesso às informações por meio de um protótipo de aplicativo móvel. Inicialmente, a página inicial do aplicativo exibirá os parâmetros e informações mais relevantes, oferecendo uma visão gerencial em tempo real dos dados.

Para garantir o funcionamento adequado, é essencial manter uma conexão contínua com a internet. Assim, o aplicativo se comunicará de forma síncrona através de um canal WebSocket que se conecta ao servidor central. Essa abordagem assegura que as atualizações e dados sejam transmitidos de maneira eficaz e em tempo real para uma melhor experiência dos usuários.

Figura 22: Tela inicial do protótipo



Fonte: O próprio autor.

No painel de controle exibido acima, temos acesso às informações essenciais do sistema, estas informações são atualizadas automaticamente de maneira sincronizada com o processo de captura e processamento dos dados realizados constantemente no servidor central. Esse processo é facilitado pela integração contínua entre o aplicativo e o servidor central através de um canal WebSocket.

Na sequência será detalhado as funcionalidades de cada um dos cards exibidos no painel inicial, descrevendo detalhes e sua importância no monitoramento do ambiente.

### 6.3.5.1 Temperatura

Através do card abaixo podemos observar a temperatura em tempo real do ambiente, sendo este um dos principais parâmetros analisados, pois a mesma exerce uma influência significativa no ambiente de produção das tilápias, uma vez

que suas oscilações desencadeiam alterações físicas que afetam diretamente o organismo dos peixes.

Figura 23: Card de temperatura



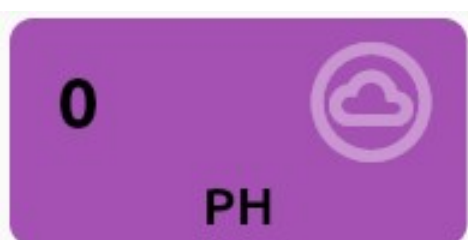
Fonte: próprio autor.

Em situações de baixas temperaturas, é possível observar uma redução na quantidade de alimento consumido pelas tilápias, bem como uma diminuição em sua imunidade. Esses fatores, por sua vez, resultam em um desempenho de crescimento dos peixes abaixo do esperado. Desta forma, é fundamental manter um controle adequado da temperatura no ambiente de produção para garantir o desenvolvimento saudável e eficiente das tilápias.

#### 6.3.5.2 PH

O pH é representado pelo card ilustrado abaixo, este parâmetro pode oscilar de zero a quatorze e pode ser categorizado como ácido, neutro ou alcalino. É essencial destacar que o pH é o principal fator a ser monitorado, pois possui um impacto direto e significativo na saúde dos peixes.

Figura 24: Card de pH



Fonte: próprio autor.

Na aquicultura de água doce, como no caso da tilápia, é recomendado manter um pH mais neutro, que esteja na faixa de 6,5 a 7,5 sem grandes oscilações. Manter esse intervalo de pH é fundamental para garantir o bem-estar e o desempenho saudável das tilápias. Caso ocorra alterações neste parâmetro de forma constantes ou com uma grande variação, podem afetar negativamente o sistema respiratório, digestivo e imunológico dos peixes, levando a problemas de saúde, menor

crescimento ou até perder sua produção.

Desta forma, o controle constante e cuidadoso do pH da água é uma prática crucial na criação de tilápias, especialmente em sistemas de piscicultura em cativeiros onde visamos uma criação em larga escala com grandes concentrações de animais.

### 6.3.5.3 Alertas

Os alertas representam notificações de alterações do fluxo normal das informações capturadas, ou seja, quando ocorrem alterações críticas no ambiente ou a perda da conexão do ambiente local com o servidor central.

Figura 25: Card de alertas



Fonte: próprio autor.

Através dos alertas também podem ser notificadas recomendações que auxiliam no desempenho do seu ambiente monitorado, estas notificações são geradas através de análise feitas no servidor com base em históricos armazenados, que visam encontrar padrões, como por exemplo, alterações de pH e temperatura.

### 6.3.5.4 Pendências

O card de pendências tem como principal objetivo notificar os usuários sobre tarefas agendadas e programadas, criando assim, um cronograma de atividades a serem realizadas no cotidiano. Essa funcionalidade oferece uma maneira eficaz de gerenciar responsabilidades e compromissos, visando auxiliar os usuários a manterem-se organizados e a cumprir prazos importantes.

Figura 26: Card de pendências



Fonte: próprio autor.

Além disso, o card de pendências tem por objetivo com sua evolução futura em ser personalizável, de acordo com as preferências individuais de cada usuário, permitindo a priorização e o acompanhamento das tarefas de forma conveniente e eficiente. Dessa forma, os usuários podem otimizar sua produtividade e garantir que nada seja esquecido em suas rotinas diárias.

#### **6.4 Processos de análise das informações processadas**

No servidor central, junto ao processo de armazenamento das informações coletadas, implementamos uma rotina de análise. Esta rotina tem por objetivo calcular a média dos últimos 10 parâmetros coletados. Uma vez calculada a média, comparamos os valores resultantes com o valor a ser integrado, para verificar se existe uma diferença superior a 15%.

Quando identificamos grandes discrepâncias que ultrapassam o limite de 15%, procedemos com a geração de uma notificação para o usuário. Essa notificação é enviada por meio do canal de comunicação WebSocket e é exibida na forma de um alerta, visível no cartão de alertas e na lista de notificações. Isso permite que o usuário fique ciente das divergências e tome as medidas necessárias.

#### **6.5 Implantação**

O processo de implantação foi conduzido em um ambiente controlado de pequeno porte, o que proporcionou condições ideais para a utilização dos componentes do Arduino e a realização de um melhor acompanhamento durante os testes.

Os testes de validação do protótipo foram realizados durante sete dias, proporcionando uma visão introdutória, com objetivo de capturar falhas e observar alterações que precisam ser realizadas como melhorias para futuras implantações

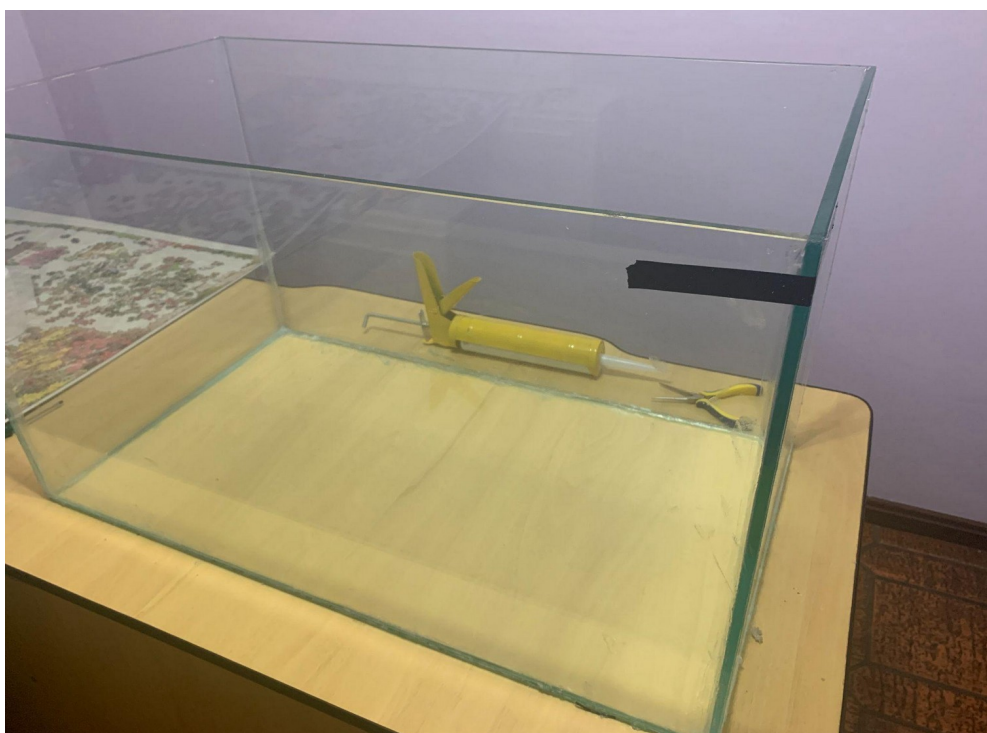
em ambientes reais.

### 6.5.1 Montagem aquário

Para a realização desses testes, foi montado um aquário em um formato retangular, cujas dimensões eram de 90 cm de comprimento, 45 cm de altura e 45 cm de profundidade, conforme ilustrado nas imagens a seguir.

A montagem do aquário teve início com a colagem dos vidros no seu posicionamento correto, seguindo o formato retangular.

*Figura 27: Montagem do aquario utilizado nos testes*



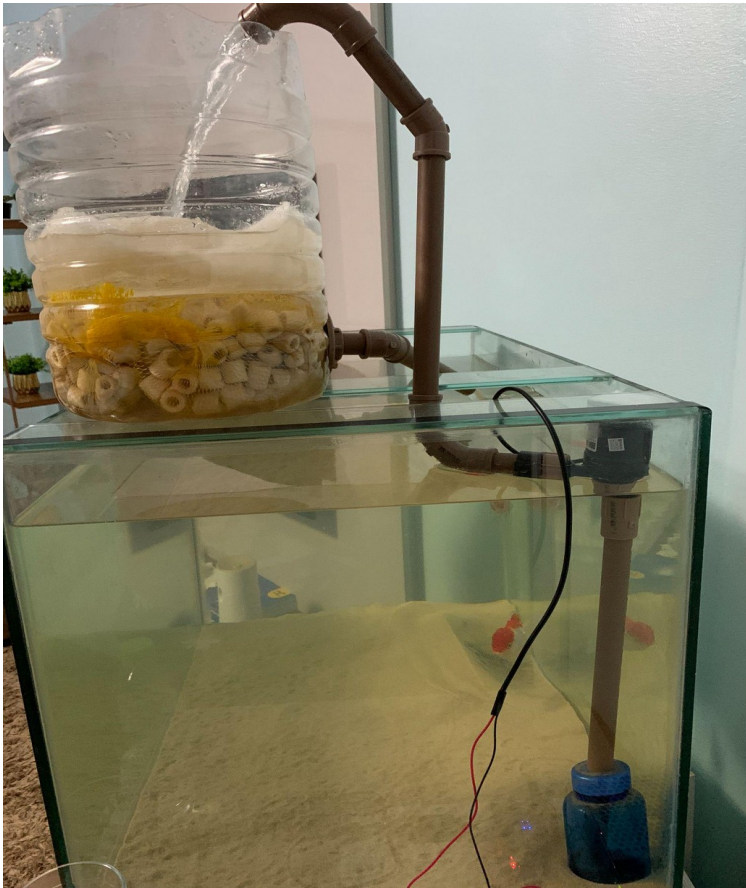
Fonte: próprio autor.

Após a colagem, aguardou-se alguns dias para a secagem da cola, bem como realizado algumas medidas preventivas de segurança para garantir o travamento da estrutura. Com a conclusão da montagem do tanque de testes, prosseguimos para a montagem do filtro ecológico, cujo objetivo principal é realizar a ciclagem da água e remover partículas maiores de sujeira do ambiente dos peixes.

### 6.5.2 Montagem do filtro

Conforme pode ser observado na imagem abaixo, o filtro é composto por um motor bomba de 12 volts, conectada a tubulações de ½", que têm como função conduzir a água captada do ambiente monitorado e direcioná-la para o filtro.

Figura 28: Filtro com componentes integrados ao Arduino



Fonte: próprio autor.

O filtro é formado por três camadas principais que executam o processo de filtragem.

- A primeira camada é responsável pela filtragem mecânica, removendo as partículas de maior tamanho e visibilidade.
- A segunda camada é a filtragem química, que tem como objetivo eliminar odores e partículas de menor tamanho.
- Por fim, a terceira camada é a filtragem biológica, realizada por meio de mídias de cerâmica, que tratam impurezas como o nitrato e amônia, contribuindo para equilibrar o pH da água, antes de retorná-la ao aquário monitorado, completando assim o ciclo de limpeza.

Todas essas etapas de montagem e funcionamento do protótipo, foram cuidadosamente planejadas para garantir a eficácia e a precisão dos testes realizados no ambiente controlado.

### **6.5.3 Implantação de sensores**

Após a finalização da montagem do aquário e a instalação do filtro, avançamos para a próxima etapa do projeto, que envolveu a implantação dos sensores e outros componentes conectados à placa Arduino. Esse passo foi fundamental para completar a configuração e a montagem do ambiente, preparando-o para o início dos testes de validação do sistema.

Nessa etapa, foram cuidadosamente posicionados os sensores e dispositivos relevantes no interior do aquário de forma estratégica, visando coletar os dados de maneira precisa e eficiente. Com todos os componentes devidamente configurados e em funcionamento, se deu início a série de experimentos, a fim de avaliar o desempenho e a confiabilidade do protótipo.

#### **6.5.3.1 Calibragem sensor pH**

Para o funcionamento correto do sensor que captura parâmetros do pH, foi necessário realizar algumas configurações e o caibramento do mesmo, visando uma melhor qualidade dos resultados capturados para serem analisados.

Inicialmente para realizarmos o processo de calibração do sensor, precisamos de uma solução denominada tampão, com o objetivo de ser nossa referência na configuração e testes de aferimento do equipamento, como por exemplo o KCl 3m.

Mergulhamos a sonda do equipamento de medição de pH na solução tampão, e prosseguimos com os ajustes através da válvula de precisão para realizarmos as correções necessárias, visando assim uma melhor precisão dos parâmetros capturados. Com a conclusão da calibragem o equipamento foi posicionado junto ao ambiente monitorado.

## 6.6 Início dos testes

Com tudo pronto para iniciar os testes, foi realizado o enchimento do aquário com água mineral sem nenhum tratamento de cloro ou limpeza adicional. Essa escolha deliberada, de não tratar a água, foi estratégica, pois nos permitiu replicar condições mais próximas daquelas encontradas na natureza, onde a água não é pré-tratada antes de ser usada em ambientes de produção.

Ao evitar o tratamento da água com cloro ou outros produtos químicos, podemos avaliar de maneira mais precisa como o nosso sistema seria capaz de lidar com uma fonte de água natural, simbolizando um ambiente aquático realista com todas as características reais.

Essa fase inicial de testes com água não tratada serviu como uma base sólida para a avaliação das capacidades do nosso sistema e nos permitiu detectar qualquer desafio inicial que precisasse ser abordado antes de prosseguir com testes mais avançados e a introdução de peixes no ambiente monitorado.

Com a finalização do enchimento do aquário, se deu início aos testes de validação do sistema, ligando todos os motores e sensores para a captura dos dados do ambiente. Nos primeiros quatro dias, o sistema ficou em funcionamento apenas com a água, visando assim deixar apenas o filtro em funcionamento para que as bactérias estabilizem a vida no aquário, deixando assim o ambiente adequado para incluir as primeiras tilápias.

*Figura 29: Imagem de momentos após da inclusão das tilápias no ambiente monitorado*



Fonte: próprio autor.

Ao incluirmos as primeiras tilápias no ambiente, observou-se uma ligeira alteração no pH logo no primeiro dia, isso ocorreu devido ao estresse da troca de ambiente e ao tamanho dos peixes utilizados nos testes, sendo estes com peso de aproximadamente 120 gramas.

Ao longo dos dias posteriores o ecossistema voltou a se estabilizar melhorando assim a visibilidade do aquário e conseqüentemente a qualidade da água.

*Figura 30: Imagem após alguns dias com os animais no ambiente de teste*



Fonte: o próprio autor.

Os testes de validação tiveram a duração de sete dias, durante os quais observamos vários pontos de melhoria que foram sendo gradualmente implementados ou estão previstos como parte das futuras melhorias, contribuindo para a evolução contínua deste projeto.

Logo nos primeiros dias, enfrentamos uma interrupção do sistema devido a uma queda de energia. Isso incluiu o desligamento do servidor central, que estava sendo executado localmente em um computador para fins de teste. Infelizmente, quando a energia foi restaurada, nosso servidor não reiniciou automaticamente, o que impossibilitou o sistema de estabelecer uma nova conexão para recuperar as configurações e restaurar o funcionamento normal das tarefas. Isso nos levou a rever a necessidade de analisar e definir uma configuração padrão para o sistema em situações que a conexão não possa ser estabelecida devido a problemas de rede ou à inatividade do servidor central.

Após realizarmos os ajustes necessários no software, executamos alguns testes de validação, como por exemplo simular uma possível queda de energia através do desligamento do disjuntor geral. Com o passar de alguns minutos, o disjuntor foi religado, realizando assim a inicialização e tentativa de uma conexão ao servidor central, por motivos de o servidor se manter desativado, o dispositivo Arduino que gerencia localmente os componentes utilizou a configuração padrão enquanto realizava novas tentativas de conexões.

Conforme comentado acima, este ajuste se tornou necessário devido uma necessidade crítica de manter o filtro do ambiente que gera a limpeza e a oxigenação ativos, pois estas são condições base para manter o ciclo de vida em pleno funcionamento no ambiente.

Durante os dias de teste, também foi notado que o componente físico responsável por capturar o pH da água, apresentou algumas limitações na precisão de suas medições devido ao fato de não ser projetado para uso intensivo, ou seja, para medições contínuas em longos períodos de tempo. Essas leves flutuações nas medições podem ser atribuídas à exposição prolongada a diferentes condições ambientais e à inevitável degradação gradual do componente.

Como resultado dessas observações, tornou-se necessário realizar uma aferição do equipamento a cada cinco dias usando uma solução KCl 3m, para restaurar sua capacidade e conseqüentemente criar medições mais precisas. Essa aferição periódica permite calibrar o componente e compensar quaisquer desvios que possam ocorrer devido ao desgaste ou influências ambientais. Dessa forma, garantimos que as medições de pH da água sejam realizadas de maneira confiável e precisa ao longo do período de teste.

## 7.0 CONCLUSÃO

Em resumo, a criação e implementação do protótipo de sistema de monitoramento para a piscicultura representa um passo significativo na direção de uma gestão mais eficiente e sustentável desse ecossistema, e através desse projeto, demonstramos a grande importância de analisar e monitorar constantemente os ambientes de criação de peixes.

Ao longo deste estudo e desenvolvimento do projeto, ficou visível que o acesso a informações em tempo real sobre os parâmetros ambientais, como a qualidade da água, temperatura e níveis de oxigênio, é fundamental para tomar decisões. Isso não apenas ajuda a otimizar as condições de cultivo para maximizar a produção, mas também desempenha um papel crucial na prevenção de eventos adversos, como surtos de doenças ou condições ambientais desfavoráveis dificilmente analisadas de forma visível.

A disponibilidade de dados precisos e atualizados permite aos técnicos e proprietários de pisciculturas a tomar decisões mais eficazes e baseadas em evidências, contribuindo para a rentabilidade do negócio, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade da indústria da piscicultura como um todo.

Portanto, este protótipo de sistema não é apenas um avanço tecnológico, mas também uma ferramenta valiosa para a gestão responsável e eficiente das operações de piscicultura. A análise e o monitoramento contínuo dos ambientes de cultivo de peixes são cruciais para enfrentar os desafios atuais e futuros, garantindo a produção de alimentos saudáveis e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RESENDE (2020), Professor Giovanni Resende de Oliveira, **Curso Criação de Peixes - Como Implantar uma Piscicultura.** Disponível em <<https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodepeixes/criacao-de-peixes-como-implantar-uma-piscicultura>>. Acesso em 04 abril, 2022.

RESENDE (2020), Professor Giovanni Resende de Oliveira, **Curso Criação de Peixes - Como Implantar uma Piscicultura.** Disponível em <<https://www.criacaodepeixes.com.br/principais-praticas-de-manejo-de-peixes>>. Acesso em 04 abril, 2022.

RODRIGUES (2018), **Aquaculture Brasil.** Disponível em <<https://www.criacaodepeixes.com.br/o-que-e-piscicultura>>. Acesso em 04 abril, 2022.

IBM, (2017), **O que é MongoDB?.** Disponível em <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/mongodb>>. Acesso em 1 de outubro de 2023.

CHAVES, Renata (2020). **Saiba o que é Aquaponia.** Disponível em <<https://www.trilhoambiental.org/post/saiba-o-que-e-aquaponia>>. Acesso em 18 abril, 2022.

EMBRAPA, (2021). **Exportações da piscicultura brasileira cresceram 78% em 2021.** Disponível em <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td\\_2328.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf)>. Acesso em 23 abril, 2022.

KUBITZA (2003), F. **A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercado.** Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, mar./abr. 2003. Acessado em <[http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan76\\_Kubitza.pdf](http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan76_Kubitza.pdf)>. Acesso em 23 abril, 2022.

PETZ (2021), **como os peixes respiram.** Acessado em <<https://www.petz.com.br/blog/bem-estar/como-os-peixes-respiram>>. Acesso em 15 maio, 2022.

OLIVEIRA (2020), Léo, **Manual de qualidade da água para aquicultura.** Disponível em <<https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743436/Manual+Qualidade+%C3%81gua+Aquicultura.pdf>>, 16 de maio, 2022.

BOYD (2013), Claude E., **MANEJO DO CICLO DO pH PARA MANTER A SAÚDE ANIMAL.** Acessado em <[https://abccam.com.br/wpcontent/uploads/2013/10/MANEJO\\_DO\\_CICLO\\_DO\\_pH\\_PARA\\_MANTER\\_A\\_SADE\\_ANIMAL.pdf](https://abccam.com.br/wpcontent/uploads/2013/10/MANEJO_DO_CICLO_DO_pH_PARA_MANTER_A_SADE_ANIMAL.pdf)>, 18 maio, 2022.

RODRIGUES (1995), Paulo de Tarso R., **Manual de qualidade da água para aquicultura.** Disponível em <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743436/Manual+Qualidade+%C3%81gua+Aquicultura.pdf>. Acesso em 23 de maio de 2022.

SCHULTER e VIEIRA, Eduardo Pickler e José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, **Evolução da Piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia.** Disponível em [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td\\_2328.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf). Acesso em 23 abril, 2022.

DEVMIDEA, (2013), **Introdução às plataformas Java.** Disponível em <https://www.devmedia.com.br/introducao-as-plataformas-java/29544>. Acesso em 29 maio, 2022.

ARAÚJO, Rogério, (2020), **Java: O que é essa tecnologia?** Disponível em <https://blog.grancursosonline.com.br/java-o-que-e-essa-tecnologia>. Acesso em 29 maio, 2022.

LIMA, Cleyson, (2021), **O que é o Spring Boot?** Disponível em [https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-o-spring-boot?gclid=CjwKCAjws8yUBhA1EiwAi\\_tpEeclCgh7JHOp1JcxAPDAUbA2xHxRXSZ6Ad-RbW-EM5dOyloyx9f\\_FxoCv2wQAvD\\_BwE](https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-o-spring-boot?gclid=CjwKCAjws8yUBhA1EiwAi_tpEeclCgh7JHOp1JcxAPDAUbA2xHxRXSZ6Ad-RbW-EM5dOyloyx9f_FxoCv2wQAvD_BwE). Acesso em 29 maio, 2022.

NOLETO, Cairo, (2021), **Linguagem Go: guia prático e rápido sobre Golang 2022.** Disponível em <https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/linguagem-go-guia-completo/#1>. Acesso em 29 maio, 2022.

GO, (2014), **Documentation.** Disponível em <https://go.dev/doc>. Acesso em 29 maio, 2022.

GUEDES, Marylene, (2020), **O que é Dart?** Disponível em [https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-dart?gclid=CjwKCAjws8yUBhA1EiwAi\\_tpEfAmoSRmveq3c9jHv7gN7K-h2QewXliTUjH7A2cHhwcaTtCbQENbIBoC0PMQAvD\\_BwE](https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-dart?gclid=CjwKCAjws8yUBhA1EiwAi_tpEfAmoSRmveq3c9jHv7gN7K-h2QewXliTUjH7A2cHhwcaTtCbQENbIBoC0PMQAvD_BwE). Acesso em 29 maio, 2022.

BARRO, Bruna B., (2022), **Conheça a Linguagem Dart e Entenda as Polêmicas que a Envolvem.** Disponível em <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/linguagem-dart>. Acesso em 22 maio, 2022.

ANDRADE, Ana Paula, 2020, **O que é o flutter?.** Disponível em <https://www.devmedia.com.br/guia/flutter/40713>. Acesso em 29 maio, 2022.

TELES, Elaine, (2016). Disponível em Arduino: **O que é? Pra que serve? Quais as**

**possibilidades?** Acesso em 30 maio, 2022.

RODRIGUES, Natielli, (2018), **O que é um Arduíno? Para que serve e como funciona?** Disponível em <<http://meuprofessordefisica.com/2018/03/27/o-que-e-um-arduino-para-que-serve-e-como-funciona>>. Acesso em 30 maio, 2022.

DIGITAL HOUSE, (2022). **Linguagem C++: saiba tudo sobre essa tecnologia que permite uma programação orientada a objetos.** Disponível em <<https://www.digitalhouse.com/br/blog/linguagem-c-->>. Acesso em 04 junho, 2022.

DELGADO, Armando Luiz N., (2018), **Programação Básica em C++.** Disponível em <<https://www.ime.usp.br/~slago/slago-C++.pdf>>. Acesso em 04 junho, 2022.

ELETROGATE, (2020), **Guia Completo do Sensor DS18B20 à Prova D'água.** Disponível em <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-sobre-sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua/>>. Acesso em 07 setembro de 2023.

RONTEK, (2023), **como utilizar o módulo relé com arduino.** Disponível em <<https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinios/como-utilizar-o-modulo-rele-com-arduino/>>. Acesso em 17 outubro de 2023.

MARCIO, Marcio Makiyama, (2022), **O que é arduino, para que serve, benefícios e projetos.** Disponível em <<https://victorvision.com.br/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 17 outubro 2023.

WLADIMILSON, Wladimilson M. Nascimento, (2019), criando api rest com Spring Boot. Disponível em <<https://www.treinaweb.com.br/blog/criando-uma-api-rest-com-o-spring-boot>>. Acesso em 31 de outubro de 2023.

RICARDO, Ricardo Lousada, (2022), **O que é Arduino: Para que serve, vantagens e como utilizar.** Disponível em <<https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>>. Acesso em 4 de novembro de 2023.

ACERVOLIMA, (2022), **O QUE É WEBSOCKET E COMO ELE DIFERE DO HTTP?.** Disponível em <<https://acervolima.com/o-que-e-web-socket-e-como-ele-difere-do-http/>>. Acesso em 4 de novembro de 2023.

EMANUEL, Emanuel Negromonte, (2023), **O que são WebSockets? Por que usar?** Disponível em <<https://sempreupdate.com.br/o-que-sao-websockets-por-que-usar/>>. Acesso em 4 de novembro de 2023.

ANDRE, André Bessa, (2023), **Node.JS: o que é, como funciona esse ambiente**

**de execução JavaScript e um Guia para iniciar.** Disponível em <<https://site.alura.com.br/artigos/node-js>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.

CARLOS, Carlos Estrella, (2023), **O Que é Javascript e Para Que Serve na Programação Web.** Disponível em <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-javascript>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.

DIEGO, Diego Melo, (2020), **O que é JavaScript? [Guia para iniciantes].** Disponível em <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-javascript-guia-para-iniciantes/>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.

LUCAS, Lucas Marchiori, (2022). Disponível em <<https://blog.betrybe.com/nodejs/>>. Acesso em 13 de novembro de 2023.