

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

DAVI MARQUES MANTOAN
ANDRÉ DARCI DE SOUZA RAMOS
MARIA EDUARDA DE LIMA SOARES
VITORIA CAROLINE EXPEDITA ZUIM

***FISH FARMING*: MONITORAMENTO DE PH E**
TEMPERATURA DE ÁGUA

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

DAVI MARQUES MANTOAN
ANDRÉ DARCI DE SOUZA RAMOS
MARIA EDUARDA DE LIMA SOARES
VITORIA CAROLINE EXPEDITA ZUIM

FISH FARMING: MONITORAMENTO DE PH E
TEMPERATURA DE ÁGUA

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

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali

M293f Mantoan, Davi Marques; Ramos, André Darci de Souza; Soares, Maria Eduarda De Lima; Zuim, Vitoria Caroline Expedita.

Fish Farming: Monitoramento de PH e Temperatura de Água – Mogi Guaçu/SP,
2025.

74 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Automação Industrial da ETEC Auro Albino de Souza, de Mogi Guaçu.

Orientadores: Professor Mestre Diogo Pedriali;

1. Piscicultura. 2. Monitoramento. 3. P.H. 4. Temperatura. I. Pedriali, Diogo;
Barbosa, Fabio Fernando (orientadores). II. Título

CDD: 536.5

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

FISH FARMING: MONITORAMENTO DE PH E
TEMPERATURA DE ÁGUA

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

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Fabio Fernando Barbosa – (Orientador)

Prof. Luis Carlos Pompeu

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta monografia aos nossos pais, que sempre acreditaram em nossos sonhos e nos apoiaram em cada passo da nossa jornada até aqui. Também dedicamos esse trabalho aos nossos professores como resposta dos ensinamentos por eles repassados em sala de aula durante três anos, os quais foram além do conhecimento em Automação Industrial, mas também conselhos para uma vida mais sensata e humana perante a sociedade, que implicou de forma direta em nossa convivência dentro de um meio social, ainda que seja ela inserida na indústria ou não.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, pela força, saúde e sabedoria que Ele nos proporcionou para o bom desenvolvimento deste projeto.

A todos os professores do curso, os quais foram âncoras cruciais na orientação para as tarefas que compunham o nosso trabalho, aqueles que nos mostraram assuntos e conteúdos dispostos no curso com habilitação em Automação Industrial, sendo base para o nosso conhecimento dentro do universo automatizado.

Aos colegas do curso com os quais pudemos partilhar a experiência na confecção deste trabalho de maneira harmônica e simultânea, pois como engrenagens que se complementam e se encaixam, a organização no momento da produção deste desafio, foi quem dispôs a finalização concisa e eficiente da tarefa proposta ao grupo.

Agradecemos, especialmente, ao meu orientador, professor Me. Diogo Pedriali, que com sua sabedoria e didática apontou-nos a direção e fragmentação do trabalho a ser realizado, de modo que o grupo conseguiu se posicionar diante das orientações do Mestre de maneira produtiva.

À ETEC Euro Albino de Souza, que foi o local e instituição que primeiramente nos apresentou a oportunidade de convivência durante três anos, e neste íterim o grupo desenvolveu um vínculo de amizade muito forte, também foi o ambiente de encontro e interação central no decorrer da produção deste trabalho.

RESUMO

Esta monografia apresenta o projeto *Fish Farming*, que é um monitorador de pH e de temperatura de água de maneira autônoma integrado a um aplicativo que demonstra através de indicadores, os valores de pH e temperatura da água em tempo real, este produto surge como resposta às dificuldades encontradas pelos piscicultores ao verificar esses parâmetros citados anteriormente. Com isso, a relevância deste projeto reside no fato de elevar a valorização da piscicultura uma área que vem crescendo cada vez mais no Brasil, que se dá na criação de peixes. Para elaborar este projeto, a metodologia científica adotada é o Protocolo Prisma-P, conforme a sua orientação sequencial de como realizar um projeto dos primórdios. No desenvolvimento deste projeto, propõe-se a solução e a praticidade na medição da temperatura e do pH da água na realidade dos piscicultores, proporcionando acessibilidade no cotidiano, ao realizar a devida medição desses dois parâmetros cruciais na criação controlada de peixes. Pode-se observar como resultados obtidos por meio deste trabalho, que a adesão a prática de monitorar a temperatura e pH da água por meio do projeto apresentado neste estudo, trará uma liberdade e versatilidade para a realidade dos piscicultores, tanto no viés econômico, quanto no fator ambiental.

Palavras-chave: Piscicultura. Monitoramento. pH. Temperatura da água. Qualidade da água.

ABSTRACT

This monograph presents the Fish Farming project, which is an autonomous pH and water temperature monitor integrated with an application that displays real-time pH and water temperature values through indicators. This product was developed in response to the difficulties encountered by fish farmers when checking these parameters. The relevance of this project lies in the fact that it increases the value of fish farming, an area that has been growing steadily in Brazil. To develop this project, the scientific methodology adopted is the Prisma-P Protocol, according to its sequential guidance on how to carry out a project from the beginning. In developing this project, we propose a solution and practicality in measuring water temperature and pH in the reality of fish farmers, providing accessibility in everyday life by performing the proper measurement of these two crucial parameters in controlled fish farming. The results obtained through this work show that adherence to the practice of monitoring water temperature and pH through the project presented in this study will bring freedom and versatility to fish farmers, both economically and environmentally.

Keywords: Fish farming. Monitoring. pH. Water temperature. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exportações da piscicultura brasileira, 2020 a 2024 (US\$ mil e em toneladas).....	22
Figura 2 - Percentual de Produção das Variedades de Peixes no Brasil e os principais estados envolvidos.....	22
Figura 3 - Tilápia Nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	23
Figura 4 - Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	24
Figura 5 – Tambacu	25
Figura 6 - Fluxograma Quantitativo de Dados de Pesquisa	27
Figura 7 - Circuito Eletrônico.....	31
Figura 8 - Protótipo integrado com os materiais utilizados.....	32
Figura 9 - ESP32.....	33
Figura 10 - Sonda de pH BNC.....	34
Figure 11 - Módulo Sensor de pH 4502c.....	34
Figura 12 - Sensor de Temperatura DS18B20	35
Figure 13 - Placa Solar CNC 142X85-5	36
Figura 14 - Powerbank Pineng Pn-951	36
Figura 15 - Precificação dos componentes usados.....	37
Figura 16 - Vista lateral do protótipo	Erro! Indicador não definido.
Figura 17 - Dados de TCC Planilhas Google	40
Figura 18 - Página 1 de TCC Planilhas Google.....	41
Figura 19 - Página 2 de TCC Planilhas Google.....	41
Figura 20 - Página 3 de TCC Planilhas Google.....	42
Figura 21 - Face do Sistema de Monitoramento Fish Farming na seleção da espécie tilápia.....	43

Figura 22 - Face do Sistema de Monitoramento Fish Farming com a aba para o
acesso a Monografia44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNC	<i>Bayonet Neill–Concelman</i> (conector da sonda de pH)
CSS	Cascading Style Sheets
°C	Grau Celsius
DDP	Diferença de Potencial Elétrico
ESP32	Microcontrolador com Wi-Fi e Bluetooth integrado
GAS	Google Apps Script
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
iOS	Sistema operacional móvel da Apple
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
IP67	Grau de proteção contra poeira e imersão temporária em água
KCL	Cloreto de Potássio
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
mA	<i>Miliampere</i>
pH	Potencia Hidrogeniônico
PRISMA-P	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols</i>
RAS	<i>Recirculating Aquaculture System</i> (Sistema de Recirculação em Aquicultura)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
V	Volt
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
ZWD	<i>Zero Water Discharge</i> (Descarga Zero de Água)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2.1	ANÁLISE FINANCEIRA	16
1.2.2	ANÁLISE SOCIAL.....	16
1.2.3	ANÁLISE AMBIENTAL	17
1.2.4	ANÁLISE DE SEGURANÇA	17
1.3	RELEVÂNCIA	18
1.4	ACESSIBILIDADE.....	18
2	DESENVOLVIMENTO	19
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1.1	PISCICULTURA.....	20
2.1.2	EXPORTAÇÃO DA PISCICULTURA.....	21
2.1.3	TRÊS DAS ESPÉCIES DE PEIXES MAIS CULTIVADAS NO BRASIL.....	22
2.1.4	METODOLOGIA CIENTÍFICA	26
2.2	TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO.....	27
2.2.1	TECNOLOGIA	28
2.2.2	PH E TEMPERATURA DA ÁGUA	29
2.3	RECURSOS NECESSÁRIOS.....	30
2.4	CRONOGRAMA.....	30
2.5	DESENHOS E DETALHAMENTOS DOS COMPONENTES.....	31
2.5.1	CAIXA DE PROTEÇÃO	32
2.5.2	ESP32.....	33
2.5.3	SONDA DE PH BNC.....	33
2.5.4	MÓDULO SENSOR DE PH 4502C.....	34
2.5.5	SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20	35
2.5.6	PLACA SOLAR CNC 142x85 – 5.....	35
2.5.7	POWERBANK PINENG PN-951.....	Erro! Indicador não definido.
2.6	CUSTOS.....	37
2.7	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	38
2.8	DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	39
2.8.1	FUNCIONAMENTO DO APLICATIVO WEB.....	42
2.9	PROTOCOLOS DE TESTES	44

2.9.1	EXECUÇÃO DOS TESTES	44
2.9.2	COLETA DE DADOS DOS TESTES	45
2.9.3	ANÁLISE DOS DADOS DE TESTE	46
2.10	MELHORIAS	47
2.11	ASPECTOS POSITIVOS	47
2.12	RISCOS	48
2.13	DIFERENCIAIS	48
2.14	RECOMENDAÇÕES.....	49
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
3.1	TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	APÊNDECES.....	55
	APÊNDECE A - CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO ESP32.....	55
	APÊNDECE B – INDEX.HTML DO SISTEMA DE MONITORAMENTO FISH FARMING.....	60
	APÊNDECE C – JAVASCRIPT DO SISTEMA DE MONITORAMENTO FISH FARMING	72

1 INTRODUÇÃO

Com as lacunas no desenvolvimento da tecnologia dentro da piscicultura, uma área que se dá na criação de peixes de maneira controlada, sendo essa uma vertente que vem crescendo nos últimos anos nos territórios brasileiros. Visa-se a inserção do projeto apresentado nesta monografia com o objetivo de contribuir para os trabalhadores deste ramo de produção. O projeto *Fish Farming* faz a medição de pH e de temperatura da água, alimentando-se a partir da energia fotovoltaica, medindo esses dois parâmetros que são cruciais para a criação de peixes, tendo a energia solar como garantia de alimentação para a bateria dispostas no projeto que é o *power bank*. Uma vez que a medição do pH manualmente é de maneira explícita, muito cara, sendo assim, com este projeto proporciona a mesma experiência, porém de forma mais econômica.

Esta monografia foi fragmentada em capítulos organizados para compor esse material de estudo, o primeiro capítulo introduz o protótipo com sua introdução, objetivos do grupo em construir um projeto com uma função específica, justificativa e análises em diversos aspectos, como social, ambiental e econômico.

No segundo capítulo desenvolve-se toda a extensão do projeto, apresentando toda a base teórica necessária para o entendimento do mesmo e do cenário no qual está inserido o foco deste produto, abordando tópicos como as definições de piscicultura, pH, temperatura, etc., pontuando a metodologia científica que foi baseada no Protocolo PRISMA-P (*Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols*), o qual dispôs sequências de como desenvolver este projeto, ainda neste capítulo expõem-se os componentes usados e como foram combinados para chegar ao objetivo final, nesse contexto há o cronograma que estruturou a organização do tempo em prol de auxiliar na construção do protótipo, com isso, as imagens dos componentes eletrônicos vêm para revelar visualmente as peças desse quebra - cabeça que é o *Fish Farming*, inclusive tendo-se todo o orçamento para a fabricação do projeto flutuante junto com todos os dados necessários para os teste de eficiência, além disso, outras análises como as melhorias que se dá nos pontos que pretende-se evoluir, tanto na eletrônica, quanto na estrutura física, os aspectos positivos e negativos, os riscos e perigos, a capacitação do manuseio do protótipo para aqueles que dentro do contexto da piscicultura irão usá-lo, ademais as

peculiaridades do projeto flutuante e algumas recomendações, assim finaliza-se o segundo capítulo desta monografia.

Já no terceiro e último capítulo com as considerações finais, observa-se a síntese de todo este trabalho, a comparação de expectativa versus realidade, idealização e realização, customizando o tempo, recursos financeiros e organização do grupo em prol de fazer acontecer este projeto, neste capítulo tem-se a essência dos trabalhos futuros com as demais áreas a serem incrementadas nesse protótipo, não sendo somente o pH e a temperatura, também outras medições como oxigênio dissolvido, concentração de amônia entre outras, e, por fim, a inserção do controle de todas essas variáveis quando descontroladas a partir do aplicativo .

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema autônomo de monitoramento dos parâmetros de pH e temperatura da água, por meio da integração de sensores específicos e de um sistema de alimentação fotovoltaico, com o propósito de disponibilizar aos pequenos piscicultores uma ferramenta eficiente de baixo custo e de fácil utilização sincronizada a um aplicativo para a melhoria da produtividade na piscicultura.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Projetar e construir um protótipo flutuante capaz de realizar medições em tempo real dos parâmetros de pH e temperatura da água, integrando os sensores de pH (Figura 12) e temperatura (Figura 13) ao microcontrolador ESP32 (Figura 10), possibilitando a coleta, o processamento e a transmissão automatizada dos dados obtidos na interface desenvolvida, o aplicativo.

Implementação de um sistema de captação de energia solar por meio de placas fotovoltaicas associado ao *power bank* recarregável, assegurando a autonomia energética do dispositivo;

Desenvolvimento de uma interface digital para o monitoramento remoto dos dados coletados, via WiFi, permitindo ao usuário o acompanhamento em tempo real dos parâmetros monitorados (pH e temperatura) por meio de um aplicativo. Realizando testes experimentais em ambientes controlados, com o objetivo de avaliar

a precisão das medições, a estabilidade do sistema, a autonomia energética e a viabilidade de aplicação do protótipo na piscicultura.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de sensores e sistemas de controle e monitoramento de qualidade da água em tempo real, é uma solução a ser praticada na piscicultura a fim de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade da água, fazendo com que os riscos de perda em massa na criação sejam reduzidos.

Com a análise do trabalho de conclusão de curso SISTEMA DE MONITORAMENTO DIRECIONADO A PISCICULTURA SYS Piscicultura de Figueira (2022), observou-se que havia um programa (site) para otimizar e organizar o trabalho dentro da piscicultura segregando em quantidade de espécies e suas variações, a organização por setores ou por açudes, contudo não havia um projeto que mostrasse a temperatura e o pH da água em tempo real, proporcionando um processo tecnológico de medição de forma mais econômica. No portal da Embrapa (2024):

As exportações da piscicultura brasileira apresentaram um crescimento recorde de valor em 2024: aumento de 138%, em relação a 2023, chegando a 59 milhões de dólares. Em volume, o crescimento foi de 102%, passando de 6.815 toneladas para 13.792 toneladas. É o maior aumento em volume exportado desde 2021. O aumento dos embarques de filés frescos foi o principal fator responsável pelo incremento das exportações em 2024, atingindo US\$ 36 milhões. (EMBRAPA, 2024).

Isto é, a utilização de tais tecnologias, como sistemas de recirculação da água, automação alimentar e especialmente o monitoramento dos parâmetros, pH e temperatura, que são indispensáveis quando o assunto é garantir produtividade. Com este trabalho, para além da produção elevada, promove-se a sustentabilidade ao usar a energia solar como fonte de alimentação. Ademais, tudo isso em prol de evoluir a área de criação de peixes.

1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Nesta análise financeira visa-se ponderar a viabilidade de obter este projeto como um produto, comparando-a com os gastos que um piscicultor pode ter ao monitorar o pH e a temperatura da água de sistemas de criação de peixes através de soluções químicas.

Um kit qualquer de análise química para o pH da água, pode variar entre R\$200 a R\$250, já um termômetro simples de água varia entre R\$50 a R\$100, juntos podendo custar pelo menos R\$250, com uma utilidade de 6 meses a 1 ano, enquanto o monitorador *Fish Farming* estima-se uma vida útil muito mais prolongada com o benefício de se auto alimentar a partir da energia solar, com o retorno financeiro mais rápido, pois acaba diminuindo a taxa de erro na medições, com a precisão dos sensores, aumentando assim, o lucro do produtor com um investimento unitário na compra deste produto no valor de R\$900.

Uma vez que existem monitoradores de pH com sistemas automáticos com implementos de alarmes, mas que custam pelo menos 5.000 reais diferente do *Fish Farming* que proporciona uma automatização muito mais econômica financeiramente.

1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

Com este projeto propõe-se facilitar a medição do pH e da temperatura da água de açudes, capacitando produtores de peixes, principalmente os pequenos piscicultores a fazerem o controle das variáveis essenciais para a boa produção com maior facilidade, rapidez e eficiência, sem a necessidade de uma mão de obra especializada para identificar alterações ou equipamentos e ferramentas de custos elevados.

Neste contexto, a ideia de implantar este projeto na sociedade, é trazer dignidade e acessibilidade a um produto portador de tecnologia por um valor de mais fácil acesso, promovendo a igualdade na oportunidade de criar peixes de uma maneira mais econômica, trazendo um gasto a menos para o produtor, além de usar o aplicativo que de maneira simples pode ser manuseado, facilitando ainda mais a identificação e a inclusão para o bom monitoramento do pH e da temperatura.

1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

Análise ambiental refere-se ao estudo e avaliação de fatores que afetam o meio ambiente, tanto naturais quanto aqueles causados por atividades humanas. Podendo ser aplicada em diferentes contextos, como por exemplo para avaliar a qualidade ambiental e propor ações de conservação do ambiente.

Na piscicultura, a análise ambiental envolve a avaliação dos impactos da criação de peixes no meio ambiente, incluindo a qualidade da água e a geração de resíduos. É um processo crucial para garantir a sustentabilidade da atividade, minimizando seus efeitos negativos e promovendo práticas responsáveis.

Um dos principais aspectos da análise ambiental na piscicultura é o monitoramento da qualidade da água. A análise da água é fundamental para verificar parâmetros como oxigênio, temperatura, pH, amônia, nitrito, nitrato e outros. Esses parâmetros afetam diretamente a saúde dos peixes e o equilíbrio do ecossistema aquático.

Levando em consideração todos os aspectos descritos acima, por meio dessa análise observa-se que a utilização da energia solar como fonte energética para todo o sistema eletrônico do protótipo, mostra a prática do uso de uma forma de alimentação limpa, uma vez que a energia advinda da luz do Sol proporciona essa saúde ao ambiente.

1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

A análise de segurança na piscicultura envolve a identificação e mitigação de riscos tanto para os animais cultivados quanto para os trabalhadores, além da garantia da qualidade da água e do ambiente de produção. Isso inclui medidas de biossegurança, boas práticas de manejo, controle de doenças, prevenção de acidentes e monitoramento da qualidade da água. Vale ressaltar, que com a boa produtividade de um alimento tão proteico e valorizado como a carne branca, obtém-se uma segurança alimentar para a população.

Visando a segurança do produtor, este projeto armazena seus os componentes eletrônicos na parte interna do protótipo protegidos, mantendo-os fora do contato com a água diretamente evitando assim riscos ocupacionais ou até mesmo a queima dos

componentes, enquanto a sonda de pH e o sensor de temperatura ficam na parte externa do protótipo, já que ambos podem estar em contato constante com a água.

1.3 RELEVÂNCIA

O projeto *Fish Farming* foi desenvolvido a fim de diminuir erros na medição do pH e da temperatura da água usada na criação de peixes, facilitando assim a medição e otimizando o tempo do produtor, porém com uma tecnologia mais avançada e mais acessível.

O projeto conta com o diferencial de três placas solares que funcionam como fonte de energia para alimentar o projeto sem a necessidade de uma fonte de energia elétrica, também a interatividade com um aplicativo que conversa diretamente com o ESP32 (Figura 10) para o monitoramento da água em tempo real, propondo as faixas de medição ideais para a criação das três das espécies de peixes mais produzidas no Brasil, a tilápia, o tambaqui e o tambacu.

1.4 ACESSIBILIDADE

O projeto é acessível para todos envolvidos na área da piscicultura, contudo o alvo principal do projeto são os pequenos e médios produtores de peixe. Tal acessibilidade se dá por conta de seu ótimo custo benefício, com o preço abaixo do mercado e tendo um design que facilita o manuseio do piscicultor durante a medição tanto do pH quanto da temperatura da água com o aplicativo mostrando os resultados em tempo real.

O fato de usar uma linguagem mais simples de funcionamento, existe para propor aos usuários uma facilidade no manuseio do produto incluindo o aplicativo, assim a acessibilidade se destaca quando o piscicultor mais humilde consegue comprar um produto de qualidade e tecnologia por um valor acessível que trará uma revolução na realidade deste produtor.

2 DESENVOLVIMENTO

A aquicultura tem se destacado no cenário nacional como uma opção sustentável para a produção de proteína animal que integra crescimento econômico com conservação ambiental. O aumento do consumo de alimentos derivados de mares, rios e açudes, se deve à expansão da população mundial e à exploração indevida, enfatizando a necessidade de melhorias tecnológicas que aumentam a eficiência da prática de criação destes alimentos de maneira correta.

Nesse contexto, o projeto *Fish Farming* fornece um sistema de monitoramento automático da temperatura e do pH da água, que são condições críticas para a boa saúde dos peixes. O fator diferencial é o uso de energia solar, tornando o dispositivo independente, adequado para áreas rurais com fornecimento de eletricidade limitado. A iniciativa é planejada para sustentar pequenos produtores e oferecer proximidade à sustentabilidade.

A piscicultura, além de sua relevância econômica, apresenta também um interesse social, especialmente nas estruturas ribeirinhas e no campo, proporcionando renda e contribuindo para a inclusão produtiva (BARROSO, 2024). A aquicultura atual é muito importante para manter o controle ambiental e, hoje em dia, tecnologias como a aqui descrita estão diretamente envolvidas na eficiência e segurança da produção.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

A base teórica abordada neste trabalho é a piscicultura em zonas úmidas. Com os principais conceitos de piscicultura, as espécies tilápia (*Oreochromis niloticus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do híbrido tambacu (tambaqui e pacu) que são as mais produzidas no território brasileiro, bem como o monitoramento da qualidade da água, e finalmente, os parâmetros pH e temperatura que são alvos deste estudo, onde ambos são indispensáveis para o bom desempenho da produção de peixes, com isso, pode-se criar um alicerce para o bom entendimento deste protótipo.

Inicialmente, o histórico da piscicultura, como um campo específico dentro da aquicultura, foca-se em sua contribuição para a produção sustentável de proteína animal e o desenvolvimento socioeconômico em diferentes regiões do Brasil. Essa prática tem crescido rapidamente, graças aos incentivos públicos e à crescente

demanda por alimentos aquáticos. Nesse sentido, a seleção das espécies cultivadas é um dos aspectos mais importantes para o sucesso produtivo.

2.1.1 PISCICULTURA

Conforme Custódio *et al.* (2023), a aquicultura trata-se do cultivo otimizado de seres aquáticos, tais como peixes, moluscos, crustáceos e vegetais marinhos, realizado em ambientes controlados por humano, como tanques, lagos artificiais e açudes. Essa prática tem ganhado destaque global proporcional ao aumento no consumo por alimentos de origem aquática, pressionado pelo crescimento populacional e pela escassez gerada pela pesca excessiva. A piscicultura, um termo que será usado em todo corpo de estudo deste trabalho, por sua vez, encaixa-se como uma vertente da aquicultura segundo Soares (2024).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), define a piscicultura como o cultivo sistematizado de peixes em espaços monitorados, englobando todas as etapas do ciclo produtivo, desde a reprodução até a colheita. Essa prática surge como alternativa estratégica para atender à crescente demanda por proteína animal, reflexo direto do aumento populacional. Além de contribuir para a segurança alimentar, a piscicultura também exerce um papel importante na economia.

Segundo Souza (2023), essa atividade gera emprego e renda especialmente em localidades com menos oportunidades, como regiões litorâneas e zonas rurais, favorecendo a redução da pobreza e promovendo a inclusão social, visto que muitas famílias encontram na atividade pesqueira seu principal sustento. Como destacado em *Gestão Financeira no Agronegócio* (2024), o setor também estimula o desenvolvimento de habilidades nas mais diversas fases da cadeia produtiva, desde a reprodução até o beneficiamento e a comercialização do peixe, resultando na qualificação humana e valorização do capital envolvido.

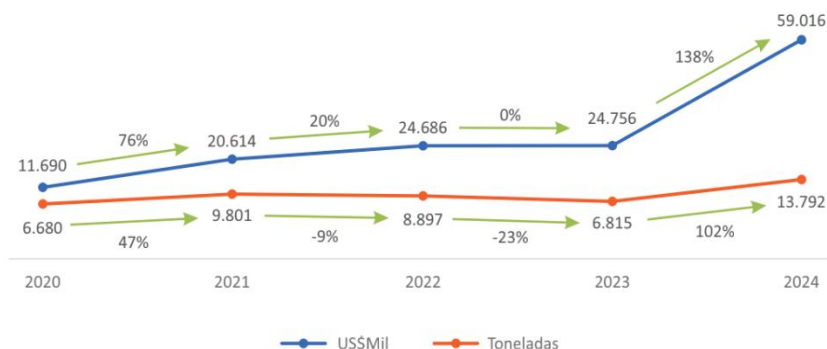
2.1.2 EXPORTAÇÃO DA PISCICULTURA

Nos últimos anos, a piscicultura no Brasil se consolidou como uma alternativa no agronegócio nacional, destacando-se no abastecimento do mercado interno com grande impacto nas exportações (Figura 1). No ano de 1970, no Brasil, foram introduzidos produtos sustentáveis que ainda são benéficos para o mercado de proteínas vegetais, uma vez que o Brasil tem potencial para utilizar seus recursos hídricos. Entre os estados brasileiros, Paraná, São Paulo e Santa Catarina foram os líderes na época da introdução de espécies de peixes, examinando as principais destas que eram consumidas, como a tilápia, o tambacu e o tambaqui.

Em 2020, mesmo diante das dificuldades impostas pela pandemia de coronavírus e apesar das deficiências que vieram em seu pacote, o estado nacional sustentou a produção de peixes, uma das atividades que seguiu o país durante este momento delicado e difícil, com a tilápia ocupando um lugar importante em suas exportações e uma grande participação nas negociações internacionais (CNN Brasil, 2021).

A partir disso, o país desfrutou de uma variedade de espécies, desenvolvendo-se com uma figura pioneira neste setor global de produção. Em áreas como a Amazônia, onde há abundância de água, no Centro-Oeste, onde tanques e sistemas tecnológicos de produção foram lançados nos últimos anos, favoreceu a produção de grandes quantidades de peixes em um ano de múltiplas colheitas. Mesmo havendo necessidades específicas de acordo com as espécies, como temperatura e pH da água, todas as espécies puderam adaptar-se às diversas condições produtivas e ambientais do país (Resende *et al.*, 2010).

Figura 1 - Exportações da piscicultura brasileira, 2020 a 2024 (US\$ mil e em toneladas)

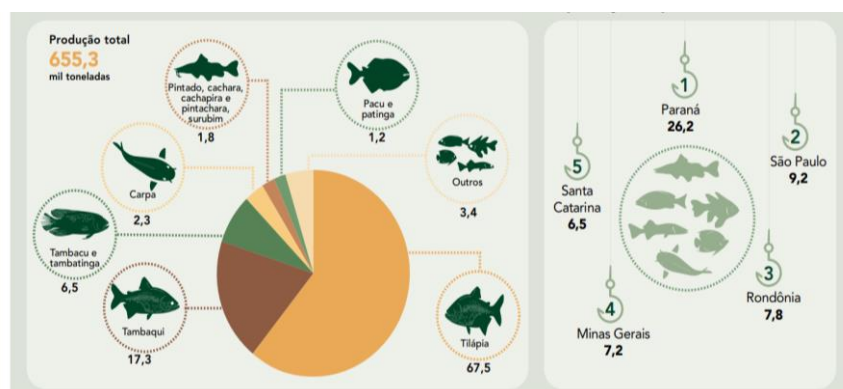


Fonte: Embrapa Pesca e Aquicultura (2025).

2.1.3 TRÊS DAS ESPÉCIES DE PEIXES MAIS CULTIVADAS NO BRASIL

As três espécies de peixes mais importantes para a aquicultura do Brasil são a tilápia, o tambaqui e o tambacu, que são estrategicamente intrínsecos para a consolidação no mercado interno e a expansão do comércio internacional neste ramo. Dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (2024) mostram que a espécie de tilápia é a mais cultivada no Brasil pelo volume de produção, seguida por produtos nacionais (Figura 2).

Figura 2 - Percentual de Produção das Variedades de Peixes no Brasil e os principais estados envolvidos



Fonte: IBGE (2023).

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) ou Tilápia do Nilo (Figura 3), adaptada durante a introdução e aclimação às condições tropicais no Brasil, é nativa da África. Destaca-se pela sua resistência, adaptabilidade às condições de cultivo adversárias e seu rápido crescimento. Apresenta carne branca firme com poucos ossos bem localizados, sendo atraente para o consumidor (IBAMA, 1989, *apud* IMBIRIBA *et al.*, 2000).

A forma na culinária é variada, podendo ser cozida de diferentes maneiras (frita, grelhada, assada ou ensopada). Este peixe, se desenvolve melhor em temperaturas de 27 a 32°C, é o que o faz bem, seu apetite e desenvolvimento são reduzidos quando a temperatura está abaixo ou acima dessa amplitude térmica (Kubitza, 2000, *apud* LIMA *et al.*, 2011). Embora a tilápia tolere pH até 4, a água deve variar de 5 a 8, esta é a faixa de pH para o desempenho da espécie, essa amplitude indica um alto nível de tolerância à variação química entre as espécies de peixe abordadas (Rocha *et al.*, 2025).

Outro motivo para o excelente desempenho produtivo da tilápia é sua taxa de conversão alimentar, bem como a capacidade de cultivo em vários sistemas (tanques-rede, viveiros escavados e sistemas de aquicultura em recirculação RAS), permitindo economia de água. Os programas de melhoramento genético da espécie têm contribuído para a seleção de uma linhagem resistente e produtiva, a tornando mais competitiva no mercado nacional e internacional.

Figura 3 - Tilápia Nilótica (*Oreochromis niloticus*)



O tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Figura 4) é, por outro lado, uma espécie nativa das bacias Amazônica e Orinoco, uma das mais representativas da ictiofauna brasileira. É muito apreciado no mercado interno, assim como no internacional, por sua carne de alta qualidade rica em gorduras saudáveis como o ômega-3. Um corpo forte e robusto com comprimento total de até 1 metro e peso superior a 30 kg. Também é um ectotérmico, isto é, um peixe que depende da temperatura da água em que se encontra para regular seu metabolismo. Sua ampla faixa térmica é de 28,0°C a 31,7°C, quando específica o pH entre 6,8 e 7,5, como melhores condições para seu crescimento (Silva *et al.*, 2013). O tambaqui também é altamente adaptável a níveis variados de oxigênio distribuídos, tornando-lhe ajustável em relação às variações sazonais da qualidade da água.

Originalmente concentrado no Norte, seu cultivo é reservado para o Centro-Oeste e Sudeste, impulsionado pelo interesse crescente em variedades indígenas e tradições alimentares locais. Além disso, essa espécie desempenha uma importante função ecológica, atuando como dispersor natural de sementes nos ecossistemas inundados da Amazônia, o que pode ajudar a manter a fonte de vegetação para regeneração (FOGAÇA *et al.*, 2018).

Figura 4 - Tambaqui (*Colossoma macropomum*)



Fonte: EMBRAPA (2019).

O tambacu (Figura 5) é um híbrido entre a fêmea tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o macho pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Possui um corpo forte e

arredondado, o que é bom para ser ágil na água, uma qualidade importante para evitar absorção, e ter boa adaptabilidade a condições ambientais variadas. O tambacu possui todas as características de qualidade da carne do tambaqui e resistência e crescimento precoce do pacu, é considerado uma alternativa muito boa na piscicultura. Resistência a doenças, eficiência alimentar e riqueza dietética são alguns de seus benefícios.

Segundo Santos et al. (2010), a temperatura ideal para seu crescimento é de 28,8 – 31,4°C, e o pH ideal está entre 6,7 e 6,9. O híbrido tem se destacado na piscicultura brasileira por seu alto desempenho de filé, sabor altamente aceito e de fácil manejo, especialmente em sistemas semi-intensivos e extensivos.

Esse aumento na produção dessas espécies pode ser atribuído ao aumento de políticas públicas para o fortalecimento e implementação da aquicultura, capacitação de produtores e investimentos em tecnologias para manejo, nutrição e saúde.

Figura 5 – Tambacu



Fonte: Criação de Peixes (2023).

A piscicultura, especialmente a criação de tilápia, tambaqui e tambacu, é estratégica para contribuir com a segurança alimentar, emprego e economia de diversas regiões brasileiras. As etapas da cadeia produtiva — criação, larvicultura, engorda, abate, processamento e venda — abrem grandes possibilidades em termos de agregação de valor, inclusão social e desenvolvimento sustentável, particularmente entre pequenos produtores rurais e populações ribeirinhas tradicionais.

2.1.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA

O estudo atual segue uma abordagem metodológica o protocolo PRISMA-P (*Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols*), um padrão para revisões sistemáticas que visa maior transparência, reprodutibilidade e rigor científico. Trata-se de uma revisão sistemática qualitativa da literatura não intrusiva e uma análise crítica das evidências disponíveis sobre este tema.

A questão clínica focalizada foi formulada com base no modelo PICO (População, Intervenção, Comparador, Resultado) com o objetivo de focar nos componentes do estudo, que visa a praticidade e evolução nas vidas dos piscicultores. A partir desta estrutura, a seguinte pergunta orientada foi determinada: Como autenticar a praticidade na medição de parâmetros presentes nas vidas dos pequenos piscicultores?

Para a busca de estudos, foram pesquisadas bases de dados Alice (EMBRAPA), SciELO, Google Scholar, Periódicos Capes, SENAR usando uma combinação de palavras-chave direcionadas e atribuídas ao tema. O método de busca foi pré-definido, documentado e cronológico de acordo com os padrões do protocolo PRISMA-P, para garantir a rastreabilidade e a replicabilidade do procedimento.

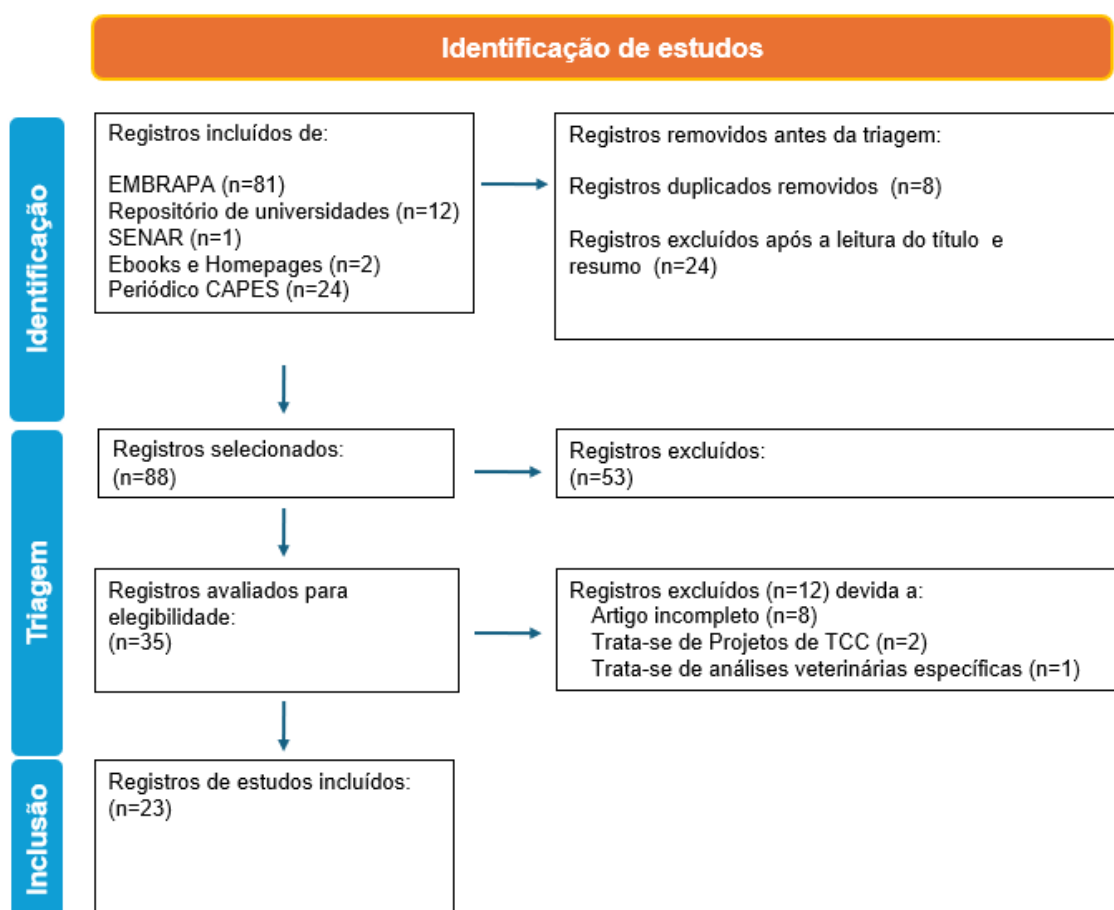
Critérios de seleção foram desenvolvidos para os estudos a serem incluídos, foram todos os artigos nos idiomas selecionados português (Brasil) e inglês (EUA), que tinham relação direta com o objeto de estudo sendo selecionados para esta publicação. Documentos duplicados, que não eram passíveis de acesso e aqueles que não abordavam os objetivos da pesquisa foram excluídos.

A seleção dos estudos foi feita em duas etapas: em um primeiro estágio, enquanto se liam os títulos e resumos, seguidos pela leitura dos textos completos dos estudos potencialmente elegíveis. Dois revisores realizaram o processo de forma independente e divergências foram resolvidas por um terceiro revisor, seguindo o fluxograma PRISMA (Figura 6).

A extração de dados foi realizada com um modelo padronizado incluindo informações como: autor, ano de publicação, local do estudo, objetivos, tipo de metodologia, principais resultados e conclusões. A análise de dados foi guiada por uma abordagem crítica dos assuntos como: piscicultura, monitoramento, pH, temperatura da água, qualidade da água, tilápia, tambaqui e tambacu, priorizando a

síntese narrativa daqueles encontrados como mais relevantes para estruturar o trabalho.

Figura 6 - Fluxograma Quantitativo de Dados de Pesquisa



Fonte: Autoria própria.

2.2 TÓPICOS DE FUNDAMENTAÇÃO

Diante dos tópicos fundamentais para a compreensão deste projeto, cabe toda a explicação dos elementos cruciais citados neste trabalho, como as definições de pH e temperatura, uma vez que esses fatores dão sentido desde a escolha do nome do protótipo até a principal função por ele desenvolvida e toda a área tecnológica que esse ramo está inserido.

2.2.1 TECNOLOGIA

A aquicultura é uma parte do crescimento mais rápido da produção mundial de alimentos e está dividida em diferentes setores, como o cultivo de moluscos, crustáceos e peixes, que também atrai a atenção mundial, a piscicultura tornando-se o principal ramo da aquicultura, promove-se como proeminente para a segurança e a qualidade alimentar mundial através de seu papel no fornecimento de proteína animal. Este empreendimento parece ser eficiente, mas enfrenta desafios importantes para sua implementação, incluindo a sustentabilidade dos recursos hídricos, a eficiência do sistema de produção e o controle de doenças. É nesse sentido que o uso da tecnologia atual é necessário para aumentar a produtividade, garantindo a segurança do processo de produção e o melhor gerenciamento da água. O aumento natural da população e a crescente demanda por alimentos tornam a aplicação de soluções tecnológicas modernas necessárias (GAMA, 2024).

A vigilância contínua também é uma das ferramentas básicas na piscicultura, pois contribui para o bem-estar e qualidade final do peixe. Parâmetros como pH e temperatura da água devem ser rigorosamente controlados, pois variações desses intervalos podem causar estresse nos peixes e torná-los mais suscetíveis a doenças (WANG *et al.*, 2023 apud ROCHA *et al.*, 2025). O monitoramento regular dessas variáveis permite a identificação precoce de problemas no sistema e medidas imediatas para corrigi-los, o que leva a uma produção mais eficiente e riscos reduzidos. A tecnologia de alimentação automatizada também se mostra altamente eficaz. Sistemas inteligentes que monitoram e regulam a frequência e o fornecimento de dados de alimentos aos peixes evitam desperdícios e impactos ambientais em termos de conteúdo de nutrientes na água. Tais inovações favorecem tanto a saúde e o crescimento dos animais quanto a lucratividade da produção (MELO, 2022).

Outro aspecto a não ser negligenciado a nível tecnológico diz respeito aos sistemas de recirculação de água, graças aos quais o consumo de água é reduzido, o desperdício é gerido de forma otimizada e, conseqüentemente, uma produção cada vez mais sustentável é gerada. Tais sistemas tratam a água cinza usando processos como filtração, desinfecção e biofiltração, permitindo seu reuso, reduzindo assim a demanda por quantidade de água potável e contribuindo significativamente para a diminuição dos impactos ambientais (MARTINS *et al.*, 2010; SUANTIKA *et al.*, 2018).

2.2.2 PH E TEMPERATURA DA ÁGUA

O pH é um indicador-chave no cultivo, pois se refere à acidez ou alcalinidade de uma solução úmida e tem um impacto direto na saúde dos organismos que se cria. A escala vai de 0 a 14, ácidas (pH menor que 7), neutras (pH igual a 7) e alcalinas (pH maior que 7). Para cada espécie, existem ótimas faixas de pH e variações que podem impactar a solubilidade de compostos, atividades enzimáticas e a estabilidade de macromoléculas como proteínas e ácidos graxos nucleicos (SARAIVA *et al.*, 2023).

A temperatura da água também desempenha um papel importante, uma vez que cada espécie tem uma faixa térmica ótima. Fora dessa faixa, pode ocorrer estresse térmico, comprometendo o sistema imunológico, promovendo doenças e influenciando o metabolismo. Temperaturas mais altas controlam os níveis de oxigênio distribuídos, e temperaturas mais baixas diminuem as taxas de digestão e absorção de nutrientes nos peixes, afetando assim o crescimento (SARAIVA *et al.*, 2023). Apesar da importância desses parâmetros, muitos produtores ainda os medem manualmente (com plantas indicadoras, reagentes colorimétricos, tabelas comuns, etc.). Essas técnicas, no entanto, são frequentemente complicadas e nem sempre fornecem a precisão necessária, envolvendo atenção, tempo e equipamentos técnicos para incorporação adequada (ABREU, 2022).

Uma das principais dificuldades que precisam ser superadas é a limitação, precisão e preservação dos equipamentos. Se ignorados, no entanto, os problemas sistêmicos como erros de armazenamento e uso dos equipamentos impactam subsequentemente nos dados diagnósticos resultantes, portanto, a saúde dos peixes e o desempenho produtivo do sistema. Nesse contexto, a adição de tecnologias mais avançadas surge como uma opção promissória. Sondas multiparâmetros, por exemplo, são capazes de medir pH e temperatura simultaneamente com base em transmissão de dados online e automaticamente diretamente para sistemas de monitoramento integrados. Isso reduz as possibilidades de erros humanos, de modo que a aquisição de dados pode ser contínua, e o alerta é dado para variações importantes para que uma ação possa ser prevista. Assim, a gestão torna-se mais segura, prática e eficiente.

2.3 RECURSOS NECESSÁRIOS

O desenvolvimento desta pesquisa necessita de recursos específicos para o desenvolvimento e monitoramento de três espécies de peixes importantes na piscicultura brasileira: tilápia (*Oreochromis niloticus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu. São necessários equipamentos e instalações para manter as condições ambientais ideais para a validade e resistência dos dados, com foco no controle do pH e na temperatura da água.

Dentro da infraestrutura em prol do desempenho dos testes do protótipo, é ideal a existência de alguns fatores, como um tanque de água, junto da coleta de águas variadas de diversas procedências, para que na fase de teste sejam usadas para construir o embasamento adquirido durante esse processo, para fins de estruturar o projeto ao ser exposto a uma realidade maior, sendo ela em um açude, rio, lago ou até mesmo em um pesqueiro, ademais, se faz necessário que o protótipo fique em contato com a luz solar, para que a partir desta, as placas solares instalada em cima do *Fish Farming*, tenha a autonomia de gerar energia a favor de alimentar o sistema, para que o mesmo se mantenha ligado.

Nesse contexto, é preciso a presença de peixes, ou algum animal que procede da água, para que o fundamento do objetivo seja realizado, que se dá na praticidade na vida daqueles que produz peixes, ou seja, os piscicultores, assim o grupo atingirá seu público-alvo, os proporcionando acessibilidade a um projeto de tamanha qualidade.

2.4 CRONOGRAMA

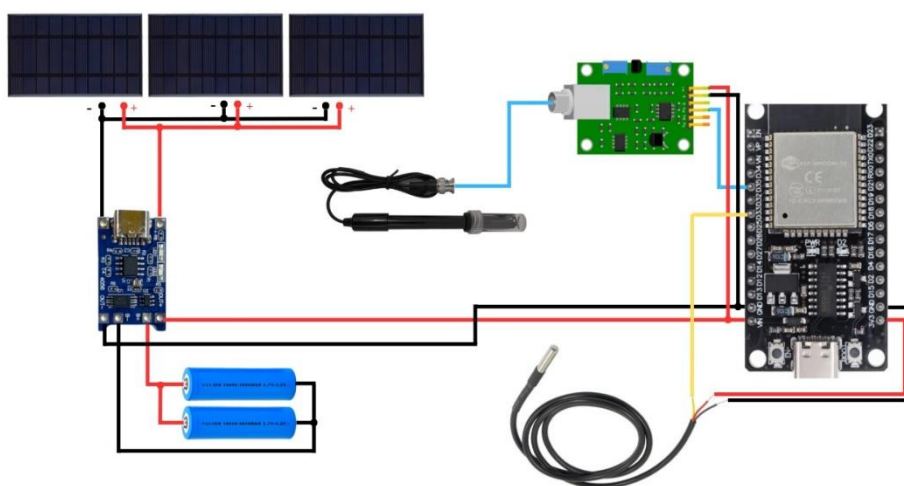
O cronograma foi desenvolvido a fim de auxiliar e facilitar a organização no desenvolvimento do projeto e da monografia. Iniciou-se o cronograma com a pesquisa de possíveis temas para o TCC assim que se deu início ao ano letivo de 2025 em fevereiro. Após a definição do projeto, foi a fase de análise bibliográfica e estudos sobre o tema escolhido ainda no mês de fevereiro. Durante o mês de março, foi desenvolvido o artigo científico que teve fim em abril, onde no mesmo mês foi iniciada a escrita da monografia, a escolha dos componentes os quais viriam a ser utilizados, análise e arrecadação de verba, separação para a escrita da monografia, compra dos

materiais e o desenvolvimento deste trabalho. Maio principiou-se o desenvolvimento do protótipo em conjunto com a continuação da escrita da monografia. Em junho foi realizada uma apresentação de como estava o desenvolvimento do projeto, e a partir disso, manteve-se o desenvolvimento deste texto, do protótipo e da programação do protótipo, durante os meses de julho, agosto e setembro sucessivamente a produção do pôster, o que se prolongou além do esperado em decorrência de dificuldades encontradas na programação e alimentação do protótipo. No fim de outubro teve fim a programação, construção do protótipo e finalização do pôster, durante todo o período, foram realizados testes do protótipo e da programação, também findando a revisão da monografia para enfim a sua entrega e apresentação para a banca de avaliação em novembro.

2.5 DESENHOS E DETALHAMENTOS DOS COMPONENTES

As imagens abaixo foram desenvolvidas a fim de melhorar a visualização dos componentes eletrônicos utilizados no protótipo, assim como a caixa de proteção e suas dimensões. A Figura 7 demonstra a ligação dos componentes citados a seguir a fim de exemplificar e evidenciar a maneira correta de interagir todos os elementos eletrônicos para produzir-se este projeto.

Figura 7 - Circuito Eletrônico

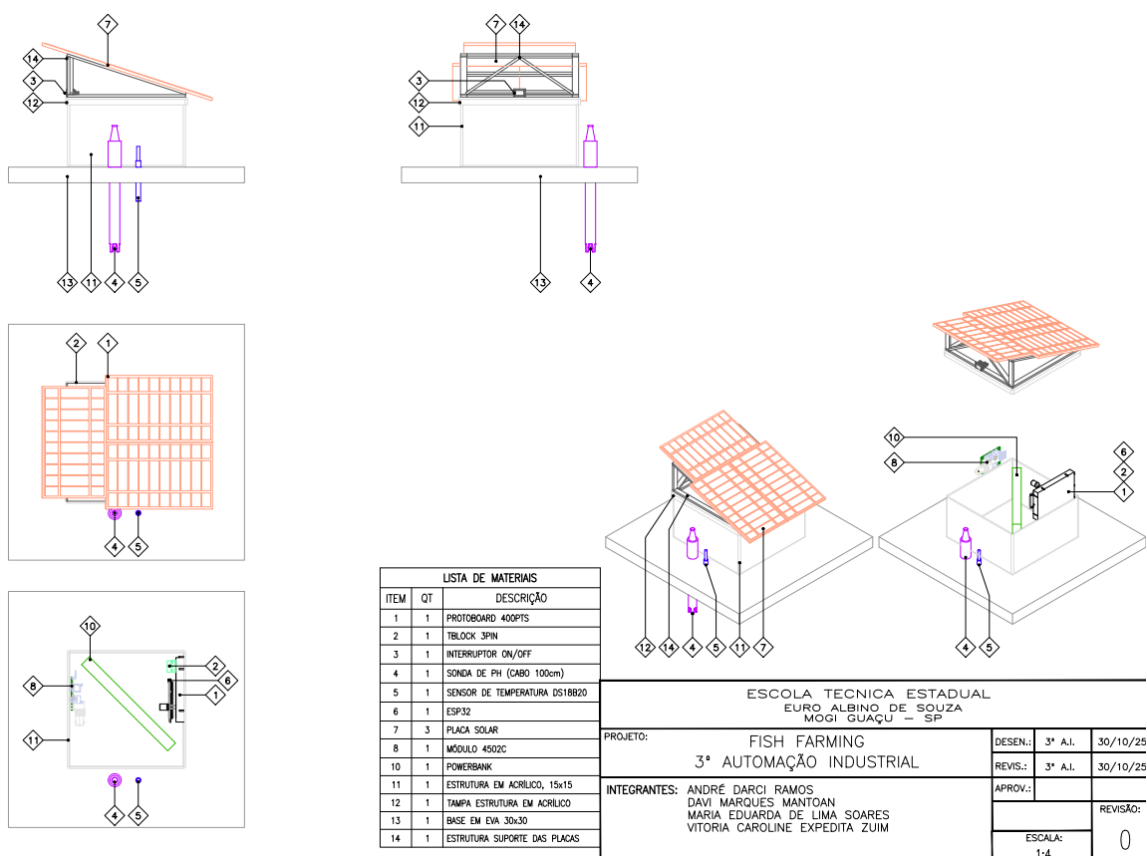


Fonte: Autoria própria

2.5.1 CAIXA DE PROTEÇÃO

Para a proteção dos componentes eletrônicos, foi utilizada uma caixa de acrílico com dimensões de 15x15 cm. A escolha desse material se deve à sua resistência, leveza e transparência, permitindo tanto a proteção contra respingos de água quanto a visualização interna do sistema. Segue a figura que demonstra a parte física do projeto com lista de materiais (Figura 8).

Figura 8 - Protótipo integrado com os materiais utilizados



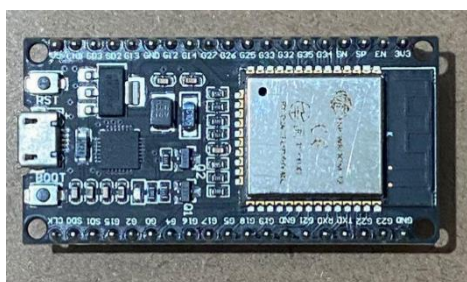
Fonte: Autoria Própria

2.5.2 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de baixo custo, porém de alto desempenho e suporte ao Wi-Fi e Bluetooth e que neste projeto foi escolhido pela viabilidade econômica e a integração via Wi-Fi, para que haja a transmissão de dados medidos pelos sensores, interpretados pelo ESP32 e transmitidos pelo Wi-Fi direto para o aplicativo, seu uso a rede é intrínseco.

No Projeto, ele atua como o cérebro do sistema, contendo a programação responsável por ele. Ele recebe as medições dos sensores de pH e temperatura e envia os dados via Wi-Fi para o aplicativo, podendo trabalhar tanto com tensões de 3,3V e 5V (Figura 9).

Figura 9 - ESP32



Fonte: Autoria Própria

2.5.3 Sonda de pH BNC

A sonda de pH BNC é responsável por medir diretamente a acidez ou alcalinidade da água por meio da Diferença de Potencial Elétrico (DDP) em Volts (V). Trabalha em conjunto com o módulo 4502c e sua faixa de medição de pH é de 0 a 14. Precisando ficar em contato direto com o líquido calibrador que é o KCL (cloreto de potássio) ou com a própria água, para evitar o ressecamento do eletrodo de vidro (Figura 10).

Figura 10 - Sonda de pH BNC



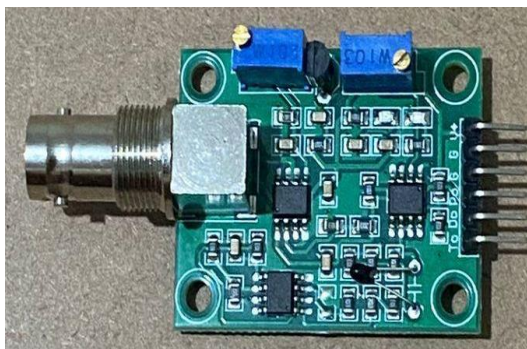
Fonte: Autoria própria

2.5.4 MÓDULO SENSOR DE PH 4502C

O módulo (Figura 11) faz a conexão entre a sonda de pH e o ESP32, amplificando e condicionando o sinal, permitindo a leitura pelo microcontrolador. Trabalha-se com 5V e é necessário que se faça uma calibração através de seus *trimmers*, permitindo adquirir os valores desejados.

Para essa calibração foi necessária a modificação com código de programação, de modo que no monitor serial aparecesse a tensão medida a fim de ajustar o trimpot para 2.5V, que se compara diretamente com o pH neutro, ou seja, igual a 7, usa-se um fio de cobre enrolado na parte externa do conector da sonda BNC e posicionado na parte central interna do mesmo conector em prol de gerar uma espécie de curto-circuito e demonstrar o valor em volts e não de fato o valor do pH medido.

Figure 11 - Módulo Sensor de pH 4502c



Fonte: Autoria própria

2.5.5 SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20

Um sensor digital de temperatura com encapsulamento resistente à água, mede a variação térmica da água e envia os valores diretamente para o ESP32 por comunicação digital “OneWire”. Sua faixa de operação é de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$, com precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ entre -10°C e $+85^{\circ}\text{C}$. Trabalha com tensão de 3,0V a 5,5V e corrente em torno de 1,5 mA durante a conversão (Figura 12).

Figura 12 - Sensor de Temperatura DS18B20



Fonte: Autoria própria

2.5.6 PLACA SOLAR CNC 142x85 – 5

As placas deste projeto fornecem energia limpa e renovável para todo o sistema. No projeto, a energia é direcionada para o *power bank*. Cada placa gera cerca de 5V, com a corrente variável de acordo com a intensidade da luz, de 200mA a 400Ma (Figura 13).

Figure 13 - Placa Solar CNC 142X85-5



Fonte: Autoria própria

2.5.7 POWERBANK PINENG PN-951

O *Power bank* Pineng PN-951 é uma bateria externa portátil que utiliza células de Polímero de Lítio recarregáveis para armazenar a energia captada pelas placas solares. No projeto, ele garante o funcionamento noturno, em dias nublados e em qualquer condição para o devido uso. Ele possui uma capacidade de bateria interna de 10.000 mAh com tensão nominal interna de 3,7V fornecendo a energia através das saídas USB, trabalhando com uma tensão de saída nominal de 5V e uma corrente de 2.1A em cada porta (Figura 14).

Figura 14 – *Power bank* Pineng Pn-951

Fonte: EletronTec

2.6 CUSTOS

Uma sonda de pH no mercado atual está em torno de R\$150,00, podendo chegar a R\$5.000,00 fazendo a medição da temperatura da água e dependendo de suas especificações, funcionalidade e capacidade de medição pode passar de R\$9.000,00. Entretanto, este projeto teve um custo total em torno de R\$448,00 com a sonda medindo pH e o sensor de temperatura.

Considerando que certos componentes eletrônicos como o ESP32 e as placas solares foram comprados de segunda mão, tendo assim um valor abaixo ao do mercado, ao contrário do que se fossem comprados novos, sairia um pouco mais caro dependendo do local ou site da compra. Levando em consideração também que foi necessário a compra da solução de cloreto de potássio separadamente por erro no manuseio da sonda, já que tal solução é necessária para a manutenção da mesma, além de ser essencial para a conservação e armazenamento do eletrodo de pH e para a calibração da sonda.

Pensando na venda deste projeto, sairia por volta de R\$900,00 considerando o valor de cada componente utilizado agregando também o tempo e dedicação de cada membro da equipe ao projeto, ainda assim ficando com o valor relativamente abaixo do valor de mercado.

A figura abaixo indica as quantidades e valores dos componentes e materiais utilizados na montagem deste projeto (Figura 15).

Figura 15 - Precificação dos componentes usados

Componentes	Quantidades	Valores
Esp32	1	R\$ 35,00
Sonda de Ph BNC	1	R\$ 127,18
Módulo Sensor de Ph 4502C	1	R\$ 71,12
Sensor de Temperatura DS18B20	1	R\$ 19,40
Placa Solar CNC	3	R\$ 75,00
Power Bank 10000 mAh	1	R\$ 42,00
Solução para Ph	1	R\$ 22,75
Protoboard	1	R\$ 20,00
Caixa de Acrílico	1	R\$ 15,00
Tapete de E.V.A.	2	R\$ 20,16
Total	13	R\$ 447,61

Fonte: Autoria própria

2.7 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

A construção do protótipo como citado anteriormente, começou em fevereiro com a definição do projeto e com a escolha dos componentes dos quais virão a ser utilizados. Logo após a conclusão da escolha dos componentes, foi realizada a compra dos mesmos em abril.

Com a ideia base de medir o pH e a temperatura da água, alimentado por placas solares, foi selecionado os seguintes componentes, ESP32 foi o microcontrolador escolhido para ser o cérebro do projeto e para a programação (APÊNDICE A), pelo fato de ser um equipamento de baixo custo e pela ampla aplicação do seu sistema, trabalhando com uma tensão de 3,3 a 5V.

A sonda BNC de pH, responsável por fazer a leitura direta no líquido, juntamente com o módulo sensor de detecção do valor de pH (pH-4502c) que será responsável por conectar a sonda com o microcontrolador. Ela apresenta uma boa condição de trabalho, tendo uma faixa de medição de 0-14 pH sendo alimentado com uma tensão de 5V e com um erro alcalino de somente 0.2 pH.

O sensor de temperatura selecionado foi o DS18B20, pois além de ser à prova de água sua faixa de medição está entre -55°C a +125°C, garantindo uma boa folga de trabalho para a necessidade do projeto. Sua precisão é de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ entre -10°C e +85°C.

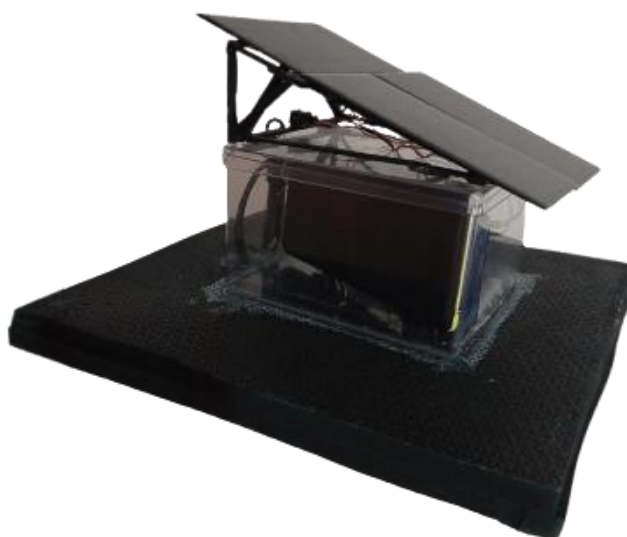
As placas solares adquiridas são do modelo CNC142x5-5 da marca TZT que gera uma tensão por volta de 5V e uma corrente variável de acordo com a intensidade da luz, de 200mA a 400Ma para alimentar o sistema e carregar a bateria que é o *power bank*.

Para armazenar a energia fornecida pelas placas solares, obteve-se o *power bank* que são duas baterias de lítio 18650, que trabalham numa faixa de 3,7V a 4,2V, onde sua vida útil ultrapassa mais de 500 cargas.

Foi comprada uma caixa de acrílico para ser o protótipo e armazenar os componentes eletrônicos no espaço interno, fora do risco de contato com a água, para a vedação utilizou-se o silicone e para a fixação dos componentes dentro da caixa acrílica, usou-se a fita 3M, prática pensadas para um primeiro protótipo, as placas solares foram estabilizadas por uma base feita de palitos de madeira com uma inclinação 17 graus e coladas com fita 3M, como outros componentes.

A parte da vedação foi feita com silicone tanto nos furos, quanto entre a base e a caixa as quais exigem uma melhor elaboração para obter-se um produto, segue abaixo uma a imagem do protótipo finalizado.

Figura 16 - Vista lateral do protótipo



Fonte: Autoria própria

2.8 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Para a criação do sistema, pode-se utilizar a plataforma desenvolvedora de aplicação web Google Apps Script, a qual foi usada para a confecção da interface com responsabilidade de servir como uma janela ao usuário, de modo que este consiga ver na tela do seu dispositivo os parâmetros como pH e temperatura em tempo real, seja este dispositivo um Nativo (*iOS/Android*) ou híbrido (*Cross-platform*). Com o guia da inteligência artificial do Google Gemini, que proporcionou o direcionamento na criação deste sistema.

Na confecção do sistema de Monitoramento *Fish Farming*, usa-se um Sistema de Monitoramento *Web* em Tempo Real, integrando *hardware* (sensores) e *software* (uma aplicação *web*) para fornecer dados instantâneos ao produtor, proporcionando uma plataforma robusta, acessível e gratuita para a hospedagem do *dashboard web* (A interface de visualização de dados).

Como *hardware*, tem-se a sonda de pH (Figura 10) com seu módulo integrado (Figura 11) e o sensor de temperatura (Figura 12), com a comunicação direta com o

ESP32 (Figura 9), este tem o trabalho de enviar dados via Wi-Fi (usando protocolo *HTTP/GET* ou *POST*) para um repositório central. O repositório central (Armazenamento/*Back-end*) é a Planilha Google Sheets que atua como banco de dados e gatilho de funções sendo uma forma de guardar as medições. O Google Apps Script é utilizado para criar a aplicação *web* (Index.html e Código.gs), que consulta os dados mais recentes na planilha e renderiza o painel de monitoramento (o *dashboard*).

O *frontend* (o lado do cliente) do sistema foi desenvolvido em HTML, CSS e *JavaScript* puro, sendo fixado e executado pelo ambiente do Google Apps Script. Garantindo que a aplicação seja totalmente confiável e acessível em qualquer dispositivo conectado à internet. A escolha do Google Apps Script não apenas viabilizou o projeto com baixo custo, mas também permitiu a integração nativa com o Google Sheets, facilitando o registro e a análise histórica dos dados (Figura 17) de maneira implícita através de uma planilha, essenciais para futuras análises de tendências.

O arquivo “Index.html” (APÊNDECE B) é o coração do *Front-end* e define a interface que o usuário visualiza. Sua principal responsabilidade é estruturar o conteúdo e aplicar o design (layout, cores, responsividade). O *JavaScript*, possui o bloco “<script>” (APÊNDECE C) dentro do “Index.html” que é responsável por dar vida e interatividade à aplicação. Ele lida com a comunicação com o *Back-end* e a lógica de sinalização.

Figura 16 - Dados de TCC Planilhas Google

	A	B	C
1	Timestamp	pH	Temperatura
2	11/10/2025 14:07:08	6,97	25,9
3	11/10/2025 14:07:13	6,97	25,9
4	11/10/2025 14:07:17	6,97	25,9
5	11/10/2025 14:07:22	6,97	25,9

Fonte: Autoria própria

Como mencionado anteriormente, é necessário que seja organizado em Planilhas do Google alguns parâmetros para que o sistema intérprete as informações lá colocadas e realize suas tarefas. Segue as definições de limites de pH e de

temperatura de acordo com o média entre as espécies de peixes analisadas (Figura 18), sincronizando as condições para acender os indicadores luminosos.

Figura 17 - Página 1 de TCC Planilhas Google

	A	B	C	D
1	Faixa	pH	Temperatura (°C)	LED
2	Ideal	6.5 a 8.5	24 a 30	VERDE
3	Alerta/Limite	6.0 a 6.5 ou 8.5 a 9.0	20 a 24 ou 30 a 32	AMARELO
4	Crítico	< 6.0 ou > 9.0	< 20 ou > 32	VERMELHO

Fonte: Autoria própria

Na segunda Planilha do Google, observa-se a separação das faixas ideais de pH e de temperatura para cada espécie designada (Figura 19), seguindo a base teórica presente nesta monografia, que dispõem os valores confortáveis para a criação dos tipos de peixes abordados no sistema, os quais estão entres os mais produzidos nacionalmente.

Figura 18 - Página 2 de TCC Planilhas Google

	A	B	C
1	Espécie	Faixa de Temperatura Ideal	Faixa de pH Ideal
2	Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	24°C a 28°C (amplitude grande)	6.5 a 8.5 (ótimo), tolera 4 a 8
3	Tambaqui	25°C a 34°C (tropical)	6.0 a 8.0 (geral), ou 6.5 a 8.5
4	Tambaqui/Pacu (Híbridos Amazônicos)	Próximo de 28°C	6.0 a 7.25 (Pintado Amazônico)
5	Geral (Maioria dos Peixes)	26°C a 30°C (Espécies Tropicais)	6.5 a 8.5 (Ótimo)

Fonte: Autoria própria

Visa-se a identificação dos parâmetros necessários para lidar com o Led amarelo e com o Led vermelho. Para que fique bem definido e no aplicativo possa visualizar os momentos de acionar qualquer um dos dois, neste caso precisa ser apontado apenas para uma das espécies, pois o sistema é inteligente ao ponto de estabelecer uma relação com os demais parâmetros das outras espécies (Figura 20).

Figura 19 - Página 3 de TCC Planilhas Google

	A	B	C
1	Espécie	Valor do Sensor	Resultado Esperado
2	Tilápia (pH 5.0 - 8.0)	5.0	Amarelo (Verde e Vermelho cinzas)
3	Tilápia (pH 5.0 - 8.0)	8.0	Amarelo (Verde e Vermelho cinzas)
4	Tilápia (pH 5.0 - 8.0)	5.5	Verde
5	Tilápia (pH 5.0 - 8.0)	4.9	Vermelho
6	Tilápia (Temp 27 - 32)	27.0	Amarelo (Verde e Vermelho cinzas)
7	Tilápia (Temp 27 - 32)	32.0	Amarelo (Verde e Vermelho cinzas)
8	Tilápia (Temp 27 - 32)	33.0	Vermelho

Fonte: Autoria própria

2.8.1 FUNCIONAMENTO DO APLICATIVO WEB

Para que o piscicultor tenha a vantagem de visualizar o monitoramento do pH e da temperatura na tela de seu aparelho, essa interface vem com a peculiaridade de emitir um comando de Led verde aceso na própria tela do dispositivo caso seja o momento ideal para alimentar os peixes, dado o apontamento da faixa ideal de temperatura e do pH para as três espécies de peixes mais produzidas em âmbito nacional, o mesmo acontece quando a temperatura e o pH encontram-se desproporcional aos limites ideais dos peixes, contudo quando isso ocorre o Led vermelho é aceso (cabe ao piscicultor ter a relação de qual a espécie ele está criando e qual a quantidade ideal de alimento ele pode dar aos peixes, já que isso varia do tamanho e espécie dos mesmos). Exemplifica-se quando no aplicativo for selecionado a espécie Tilápia (Figura 21), a qual a temperatura ideal para sua criação fica entre 27°C e 32°C, já o pH fica entre 5 e 8, com isso se no sistema for indicado qualquer valor que esteja fora desses dois intervalos, o LED vermelho se acenderá, caso o contrário o LED verde terá preferência perante o vermelho.

Figura 20 - Face do Sistema de Monitoramento Fish Farming na seleção da espécie tilápia



Fonte: Autoria própria

No Sistema de Monitoramento *Fish Farming*, percebe-se a aba que direciona para esta monografia. Que o grupo que levou o aplicativo como o resultado de um período de tempo de pesquisas (Figura 22) e um protótipo com uma função definida e revolucionária para os piscicultores.

Figura 21 - Face do Sistema de Monitoramento Fish Farming com a aba para o acesso a Monografia



Fonte: Autoria própria.

2.9 PROTOCOLOS DE TESTES

Para garantir o correto funcionamento dos componentes, foi elaborado um protocolo de testes com a finalidade de assegurar a confiabilidade e o desempenho do protótipo.

Vale ressaltar que os testes foram planejados para acontecer em ambientes controlados, permitindo a simulação de variações críticas de temperatura de pH.

2.9.1 EXECUÇÃO DOS TESTES

Primeiramente, a sonda de pH BNC integrada ao módulo sensor de pH 4502C, juntamente com o sensor de temperatura DS18B20 foram conectados ao ESP32, que possui a responsabilidade de interpretar e enviar os dados via WiFi. O sistema foi alimentado por três mini placas solares com capacidade de geração de energia de 5V, para garantir a alimentação correta para o ESP32 e para o *power bank*.

As leituras foram recolhidas em períodos de 8 horas, com a recalibração dos eletrodos da sonda pH entre os ciclos a fim de descobrir se havia ou não uma degradação na capacidade de medição da sonda de pH.

Durante os testes, para a execução dos mesmos em um ambiente simulado e controlado, o protótipo completo foi posicionado dentro de um tanque de 20 litros completo com água. Durante esse processo, para simular as variações, foi introduzido 1L de água fervente para avaliar a estabilidade e tempo de resposta do sensor DS18B20 e posteriormente 250ml de suco de limão para alterar o pH da água, testando assim a sensibilidade do eletrodo.

2.9.2 COLETA DE DADOS DOS TESTES

A realização da coleta dos dados fornecidos pelo sistema foi feita pelo período de 24 horas através do site de monitoramento do projeto onde tais dados foram inseridos em uma tabela do Excel automaticamente (Figura 18), com o objetivo de avaliar tanto o desempenho dos sensores quanto a eficiência e estabilidade do uso da energia fornecida. Foram monitoradas as medições de pH, temperatura da água e, por fim, a capacidade de distribuição dos níveis de energia fornecidos pela bateria ao longo do tempo.

Durante os testes, foi observado a estabilidade na leitura dos sensores mesmo diante das variações ambientais, como mudanças na temperatura ao adicionar-se água aquecida, além da estabilidade ao mudar-se o pH da água medida adicionando uma pequena quantidade de suco de limão. Também se observou o tempo de resposta dos sensores a estas variações, que se mostraram rápidas e eficientes quando se trata da medição do pH e temperatura da água.

Foi acompanhado o comportamento da bateria, tanto durante as recargas fornecidas pelas placas solares durante o dia, que se mostrou eficiente mesmo em climas de céu fechado, quanto em uso contínuo durante períodos noturnos, de acordo com análises, tiveram uma autonomia de no máximo 8 horas cada bateria, totalizando 16 horas consecutivas de uso em períodos sem a ajuda das placas solares. Segue abaixo o Quadro 1, que expressa os valores das medições dos testes.

Quadro 1 – Resultado dos Testes do Protótipo

Parâmetro	Valor Esperado	Valor Medido
pH água neutra	7	6,8-7,1
pH água com limão	2-3	2,7-3,2
Água em temperatura ambiente	25°C – 27°C	26°C
Água adição de água quente	30°C	29°C
Placas Solares sol a pino	5V/1200mA	5V/1150mA
Placas Solares nublado	4,6V/900mA	4,6V/890mA
Carregamento do <i>power bank</i>	6 horas	8 horas
Duração do <i>power bank</i>	24 horas	24 horas

Fonte: Autoria Própria

2.9.3 ANÁLISE DOS DADOS DE TESTE

A análise sobre os testes estudados, mostraram que os sensores operaram de acordo com as expectativas dos integrantes do grupo. A sonda de pH conseguiu realizar as medições de forma eficiente sem mostrar grandes oscilações de leitura. O sensor de temperatura DS18B20 apresentou medições rápidas e de acordo com a temperatura ambiente da água.

Energeticamente, o sistema se mostrou eficiente e capaz de suprir o funcionamento ativo por longos períodos, possibilitando o funcionamento estável dos componentes eletrônicos durante a noite.

Com isso, a coleta de dados não serviu apenas para armazenar os valores medidos durante o processo, mas também serviu como base para verificar a viabilidade e confiabilidade do conjunto como um todo.

2.10 MELHORIAS

Com base nos testes realizados para a avaliação do projeto, foram observadas diversas possibilidades de melhoria que podem ser aplicadas em versões futuras do projeto. Uma das primeiras observações seria melhorar a vedação dos componentes eletrônicos para garantir uma melhor resistência à água e umidade, levando em consideração que o projeto ficará instalado ao ar livre, sujeito a variações climáticas. Pode-se utilizar de encapsulamentos mais robustos, como caixas classificadas com IP67 que protegem contra água, poeira e outros agentes externos. Além disso, a implementação de um sistema de armazenamento na nuvem se torna essencial para garantir a segurança e acessibilidade dos dados, possibilitando serem acessados remotamente e facilitando o acompanhamento em tempo real.

Por fim, se destaca a possibilidade da implementação de tecnologias e melhorias no Sistema de Monitoramento *Fish Farming* o que permitiria que os dados fornecidos pelo projeto fossem compartilhados com o usuário para receber avisos quando houvesse algum problema de medição ou na qualidade da água e até mesmo controlar o sistema remotamente, corrigindo a alteração de maneira online.

2.11 ASPECTOS POSITIVOS

A implementação de uma tecnologia voltada para a medição do pH da água apresenta diversos aspectos positivos, contribuições a avanços na produtividade na área da piscicultura, o monitoramento do pH e temperatura da água é essencial para a saúde para a vida e saúde dos peixes.

O projeto proporciona a manutenção das condições ideais para a água, contribuindo também para a sustentabilidade, como o uso mais lógico dos recursos da natureza, diminuindo os desequilíbrios no ecossistema aquático, realçando o comprometimento com o meio ambiente do projeto, fora a alimentação a partir da energia fotovoltaica, uma fonte de energia limpa.

2.12 RISCOS

Ainda que a implementação do sensor tenha muitas vantagens, há riscos que devem ser considerados, alguns deles mais simples e outros mais complexos como a dependência tecnológica, falta de capacitação técnica dos usuários, resistência no acolhimento de novos métodos. Outro ponto crítico é o bloqueio de acesso à tecnologia por pequenos produtores, que podem não possuir recursos ou conhecimento suficiente para operar e manter os equipamentos, mesmo que o projeto seja de fácil manuseio.

A falta de capacitação pode ser um risco, se o usuário não obter uma noção básica do funcionamento do sistema, pode causar danos no equipamento, assim como pode alcançar resultados incorretos, motivando um possível dano na produtividade e prejudicando a saúde dos peixes em casos mais graves levando a mortes dos animais, por consequência disso, seria enviado um manual com todas as informações necessárias para garantir um manuseio correto do equipamento e evitar quaisquer danos.

A implementação de sensores é bastante eficaz, acelerando o processo e trazendo mais precisão, porém a dependência tecnológica pode ser suscetível a panes no sistema, falha neles, prejudicando no manejo, deixando os produtores sem informações sobre a qualidade da água. Por esse motivo é necessário fazer uma manutenção regular.

2.13 DIFERENCIAIS

Um dos principais diferenciais é a capacidade de aferição dos dados em tempo real, possibilitando um diagnóstico mais eficaz em comparação aos métodos manuais que são muito utilizados pelos pequenos produtores. O sistema é alimentado por energia fotovoltaica, impedindo que as quedas de energia interfiram na captação de dados, sendo sustentável e ideal para áreas rurais, além disso é programado por um microcontrolador ESP32 com uma grande capacidade de processamento, e baixo consumo de energia, com um baixo custo sendo acessível para grandes e pequenos produtores.

Trazendo uma margem de erro menor que para as medições, bem menor que as medidas feitas manualmente, minimizando as intervenções dos produtores e

otimizando o tempo. Com a integração ao aplicativo que proporciona as informações em tempo real e de uma maneira interna ele armazena os dados medidos, gerando uma análise histórica dos valores medidos.

Esses diferenciais tornam o sistema uma ferramenta poderosa para aumentar a produtividade, reduzir perdas e tornar a piscicultura mais sustentável e tecnologicamente.

2.14 RECOMENDAÇÕES

Para garantir a durabilidade, precisão e o bom funcionamento do sistema, é de grande relevância que o usuário siga algumas recomendações de uso e manutenção do equipamento.

A recalibração periódica da sonda de pH é de grande importância para que se evite falsos diagnósticos da qualidade da água e garantir a confiabilidade nas medições ao longo do tempo. A recalibração deve ser feita com a utilização da solução padrão aquosa de cloreto de potássio KCL 3M, principalmente após longos períodos de inatividade ou após incoerências vistas nas medições.

Também é recomendado que a sonda de pH seja mantida sempre úmida quando não estiver em operação ou desuso, armazenada em soluções de cloreto de potássio (KCL 3M) ditas anteriormente para que se possa preservar o eletrodo. O ressecamento pode comprometer a vida útil do aparelho, sem a possibilidade de reparos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto *Fish Farming*, traz a viabilidade da automatização na piscicultura, principalmente no monitoramento dos parâmetros como pH e temperatura da água. Com os resultados obtidos nos testes, observa-se a eficiência que o protótipo traz, ao comprovar as medições de maneira precisas e estáveis, além de assegurar autonomia energética por meio da utilização do *power bank* e das placas solares. Com essa tecnologia constata-se que o uso desse projeto trará resultados significativos para a redução de custos operacionais, a minimização de perdas na produção e promoção de práticas mais sustentáveis dentro do setor aquícola.

Outro aspecto a ser pontuado é a acessibilidade do dispositivo, uma vez que o valor do projeto é muito mais baixo que outros equipamentos semelhantes, os quais não são tão simples e fáceis de manusear. Por conseguinte, conclui-se que o protótipo atingiu seus objetivos apresentando uma solução prática, sustentável e econômica projetada para a piscicultura nacional, em harmonia com a crescente demanda por inovação e eficiência no agronegócio brasileiro.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

Como pesquisas futuras, o grupo deseja abranger outras variáveis de medição como, Oxigênio Dissolvido, Amônia, Nitrito e Nitrato, Dureza (Cálcio e Magnésio), Cor e Turbidez da água.

Dessa forma, o projeto ficaria completo. Como resposta da medição, seria ideal fazer o controle de todos esses parâmetros, a partir de uma espécie de armazenamento de produtos químicos que quando dosados segundo a necessidade exposta pela comparação da medição real com os valores ideais preestabelecidos no sistema, a fim de corrigir essa diferença e trazer o ambiente ideal para a criação de peixes em espaços monitorados e controlados.

Além disso, um armazém de ração, ou seja, fazer com que fosse despejado na água a quantidade ideal de ração, dada a temperatura e o pH, assim não haveria desperdício de alimento o que manteria a qualidade da água, evitando que os alimentos apodreçam na mesma. Como aprimoramento no Sistema de Monitoramento *Fish Farming* (o aplicativo) deve-se expor os dados armazenados na interface do

aplicativo por meio de telemetria (coleta de dados e análise destes, em prol de controlar o sistema como um todo de maneira autônoma) prevendo tendências e exercendo a prevenção contra condições adversas à criação de peixes.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. F. de. **Sistema de recirculação semi-automático aplicado à piscicultura**. 2022. 120 f. TCC (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2070>. Acesso em: 19 maio 2025.

CUSTÓDIO, D. de O. et al. **Desenvolvimento de plataforma GeoWeb para o Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da aquicultura brasileira**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. Anais [...]. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2023. p. 2671-2674. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1153161/1/6125.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

EMBRAPA. **Piscicultura brasileira apresenta aumento recorde nas exportações**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/97664679/piscicultura-brasileira-apresenta-aumento-recorde-nas-exportacoes>. Acesso em: 14 set. 2025.

FERRAZ, K. de S. et al. **Censo da piscicultura do município de Matinha, Maranhão: socioeconomia, produção e desenvolvimento local**. Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 11, p. e7709, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n11-088. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/7709/4993>. Acesso em: 15 abr. 2025.

FIGUEIRA, J. V. da S.; GODOY, L. B.; SANTOS, N. C. B. dos. **Sistema de monitoramento direcionado a piscicultura: sys piscicultura**. 2022. 71 f. TCC (Graduação) – Curso de Técnico em Informática para Internet, Escola Técnica Estadual Prof. Armando José Farinazzo Centro Paula Souza, Fernandópolis, 2022. Disponível em:

<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/18008/1/Sys%20Piscicultura.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025.

FOGAÇA, F. H. dos S. et al. **Tecnologias para o processamento do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Infoteca-e, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1105255/1/Doc131tambaqui.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

GAMA, V. L. da. **Aspectos da nutrição no sucesso reprodutivo de peixes comerciais de águas doces tropicais**. 2024. 30 f. TCC (Graduação) – Curso de Bacharel em Zootecnia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2024. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8244/1/TCC_VITTOR%20assinado_1_2_assinado.pdf.

GESTÃO FINANCEIRA NO AGRONEGÓCIO: **Desafio e estratégia no contexto global**. Revista de Gestão e Secretariado, [S.l.], 2024. Mensal. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3934>. Acesso em: 20 maio 2025.

IMBIRIBA, E. P. et al. **Produção e engorda de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em associação com o pirarucu (*Arapaima gigas*)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11., 2000, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: ABRAQ: ABCC: BMLP, 2000. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1168684/1/EngordaPeixe.pdf>. Acesso em: 27 maio 2025.

LIMA, V. T. A. de et al. **Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 6., 2011, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 415-421. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/905682/1/67Valdivia1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

MÃAMAR, R. M.; CYRINO, J. E. **Piscicultura**. Campinas: CECOR-DEXTRU/CATI, 1986. 102 p.

MARTINS, C. I. M. et al. **New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability**. Aquacultural Engineering, v. 43, n. 3, p. 83-93, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>.

MELO, C. B. de. **Comparativo da eficiência produtiva de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando alimentador automático e alimentador manual**. 2022. 29 f. TCC (Graduação) – Curso de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235926/melo_cb_tcc_dra.pdf.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Produção aquícola aumenta 6,2% no Brasil e gera R\$ 10,2 bilhões em 2023.** 2024. Gov.br. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/producao-aquicola-aumenta-16-no-brasil-e-gera-r-10-2-bilhoes-em-2023>.

RAMALHO, A. L. G. **Piscicultura comunitária na Vila Passos Feliz: desafios para uma produção sustentável e reconhecimento social local.** 2018. 24 f. Tese (Doutorado) – Curso de Administração, Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, Juazeiro do Norte, 2018. Disponível em: <https://rec.univs.edu.br/index.php/rec/article/view/32/13>.

RESENDE, E. K. de et al. **Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica das espécies aquáticas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2011, Maringá. Embrapa, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/871211/1/5.pdf>.

ROCHA, H. do C. et al. **A aquaponia como sistema orgânico de produção de alface para a zona urbana.** Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 22, n. 6, p. 1-20, 19 abr. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n6-028>.

SANTOS, J. S. dos et al. **Crescimento e hematologia do híbrido tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) cultivado em piscicultura de Macapá, Estado do Amapá.** In: AQUACIÊNCIA, 2010, Recife. Anais... Recife: Aquabio, UFRPE, 2010. 1 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/878690/1/AP2010CrescimentoEHematologiaHibridoTambacu.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

SARAIVA, I. A. L. et al. **Desenvolvimento de uma plataforma IoT para monitoramento da qualidade da água na piscicultura.** Proceedings do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, [S.l.], p. 2106-2111, 18 out. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20906/sbai-sbse-2023/4099>.

SILVA, A. D. R. da et al. **Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes.** Acta Amazonica, [S.l.], v. 43, n. 4, p. 517-523, dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/k85znpjBp4B/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 maio 2025.

SOARES, C. A. **Formação profissional na área de piscicultura: uma proposta de capacitação técnica no município de Coremas-PB.** 2024. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Educação Profissional e Tecnológica, Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024. Disponível em: https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/bitstream/177683/41111/1/Dissertac%cc%a7a%cc%83o_CLAUDIANA%20ABI%cc%81LIO%20SOARES.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

SOUZA, D. N. de; JESUS, M. E. R. de. **A contribuição do cooperativismo para inclusão produtiva de agricultores familiares: estudo de caso no Tocantins, Brasil.** *Cooperativismo & Desenvolvimento*, v. 31, n. 125, p. 1–21, 2023. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1153642/1/cd-2023.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.

SUANTIKA, G. et al. **Development of a zero water discharge (ZWD) - recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia.** *Aquacultural Engineering*, v. 82, 2018. Disponível em: <https://scihub.se/10.1016/j.aquaeng.2018.04.002>. Acesso em: 27 maio 2025.

APÊNDECES

APÊNDECE A - CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO DO ESP32

```

#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <SimpleTimer.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// -----
// --- CONFIGURAÇÕES CRÍTICAS ---
// -----

// 1. CREDENCIAIS WI-FI
const char* ssid = "Darci";          // SUBSTITUA PELO NOME DA SUA REDE WI-FI
const char* password = "andredarci"; // SUBSTITUA PELA SENHA DA SUA REDE WI-FI

// 2. URL DO GOOGLE APPS SCRIPT
const char* webAppUrl = "https://script.google.com/macros/s/AKfycbxO061lad73f6ZWaIF96Z-
xAnGthRopbOJhyaM4z4UZTZsA3esHj7R-bHHXT0KntXT6/exec";

// --- CONFIGURAÇÕES DOS PINOS DOS SENSORES ---
#define ONE_WIRE_BUS 33 // Pino para o Sensor de Temperatura DS18B20 (Digital)
const int phPin = 35;   // Pino analógico do ESP32 (PH_PIN)
const int NUM_SAMPLES = 20; // Número de leituras para média do pH

// -----
// --- CALIBRAÇÃO DE PH (3 PONTOS) ---
// -----
// *****
// ATENÇÃO: Verifique e ajuste estes valores de ADC!
// Eles devem corresponder às leituras ADC do seu ESP32 em cada solução tampão.
// *****
const float adcPH4 = 4096.0; // ADC medido em pH 4
const float phPH4 = 4.0;    // pH real (ácido)

const float adcPH7 = 3400.0; // ADC medido em pH 7
const float phPH7 = 7.0;    // pH real (neutro)

const float adcPH14 = 1800.0; // ADC medido em pH 14
const float phPH14 = 14.0;   // pH real (básico)

// -----
// --- INICIALIZAÇÃO DE OBJETOS E VARIÁVEIS ---
// -----

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

```

```

SimpleTimer timer;

float pH_act = 0.0;
float tempC = 0.0;

// --- Protótipos das Funções ---
void initWiFi();
void readAndSend();
float readAdcAverage();
float convertAdcToPh(float adcVal);

// -----
// --- FUNÇÕES DE CONEXÃO ---
// -----

void initWiFi() {
    Serial.print("Conectando-se a ");
    Serial.println(ssid);

    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        WiFi.begin(ssid, password);
        int attempt = 0;
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempt < 20) {
            delay(500);
            Serial.print(".");
            attempt++;
        }
    }

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        Serial.println("\nWiFi conectado!");
        Serial.print("IP address: ");
        Serial.println(WiFi.localIP());
    } else {
        Serial.println("\nFalha na conexão Wi-Fi. Verifique as credenciais.");
    }
}

// -----
// --- FUNÇÕES DE LEITURA DE SENSORES ---
// -----

// Função para ler média do ADC (estabiliza a leitura)
float readAdcAverage() {
    long sum = 0;
    for (int i = 0; i < NUM_SAMPLES; i++) {
        sum += analogRead(phPin);
        delay(5);
    }
}

```

```

return float(sum) / NUM_SAMPLES;
}

// Função para converter ADC em pH com três pontos de calibração
float convertAdcToPh(float adcVal) {
    // Assumindo que: adcPH14 < adcPH7 < adcPH4

    if (adcVal <= adcPH14) {
        // Faixa muito básica (abaixo do ponto 14)
        return pHPH14 + (adcVal - adcPH14) * (pHPH7 - pHPH14) / (adcPH7 - adcPH14);
    } else if (adcVal <= adcPH7) {
        // Interpolação entre pH 7 e pH 14
        return pHPH7 + (adcVal - adcPH7) * (pHPH14 - pHPH7) / (adcPH14 - adcPH7);
    } else {
        // Interpolação entre pH 7 e pH 4 (Faixa ácida)
        return pHPH7 + (adcVal - adcPH7) * (pHPH4 - pHPH7) / (adcPH4 - adcPH7);
    }
}

// -----
// --- FUNÇÃO PRINCIPAL DE LEITURA E ENVIO ---
// -----

void readAndSend() {

    // 1. GARANTIR A CONEXÃO WI-FI
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.println("WiFi desconectado. Tentando reconectar...");
        initWiFi();
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            return;
        }
    }

    // 2. LEITURA DE PH
    float adcAvg = readAdcAverage();
    float voltage = adcAvg * (3.3 / 4095.0);
    pH_act = convertAdcToPh(adcAvg);

    // 3. LEITURA DE TEMPERATURA
    sensors.requestTemperatures();
    tempC = sensors.getTempCByIndex(0);

    if (tempC == DEVICE_DISCONNECTED_C) {
        Serial.println("Erro: Sensor de temperatura não encontrado.");
        tempC = 0.0;
    }

    // Garante que os valores sejam números válidos
    if (isnan(pH_act) || isinf(pH_act)) pH_act = 0.0;
}

```

```

if (isnan(tempC) || isinf(tempC)) tempC = 0.0;

Serial.println("-----");
Serial.print("ADC: "); Serial.print(adcAvg, 1);
Serial.print(" | Volts: "); Serial.print(voltage, 3);
Serial.print(" V");
Serial.print(" | pH: "); Serial.print(pH_act, 2);
Serial.print(" | Temp: "); Serial.println(tempC, 1);

// 4. ENVIO HTTP POST
HTTPClient http;
http.begin(webAppUrl);
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
http.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);

// CRIAÇÃO DO CORPO JSON
char pH_str[8];
char temp_str[8];

snprintf(pH_str, sizeof(pH_str), "%.2f", pH_act);
snprintf(temp_str, sizeof(temp_str), "%.1f", tempC);

String jsonPayload = "{";
jsonPayload += "\"pH\":";
jsonPayload += pH_str;
jsonPayload += "\",\"temp\":";
jsonPayload += temp_str;
jsonPayload += "}";

Serial.print("Enviando JSON: ");
Serial.println(jsonPayload);

int httpResponseCode = http.POST(jsonPayload);

if (httpResponseCode > 0) {
  Serial.print("HTTP Code: ");
  Serial.println(httpResponseCode);
  if (httpResponseCode == HTTP_CODE_OK) {
    String response = http.getString();
    Serial.println("Resposta do Servidor: " + response);
  }
} else {
  Serial.print("Erro de Conexão HTTP: ");
  Serial.println(http.errorToString(httpResponseCode));
}

http.end();
}

// -----

```

```
// --- SETUP E LOOP ---  
// -----  
  
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  delay(1000);  
  
  // Configuração do ADC para o pH  
  analogReadResolution(12); // 12 bits (0-4095)  
  analogSetPinAttenuation(phPin, ADC_11db); // Atenuação para ler até ~3.3V  
  
  // Inicializa sensores e Wi-Fi  
  sensors.begin();  
  initWiFi();  
  
  // Configura o timer para rodar a função principal de leitura e envio  
  timer.setInterval(5000, readAndSend);  
  
  Serial.println("\nSistema iniciado. Enviando dados a cada 5 segundos.");  
}  
  
void loop() {  
  timer.run(); // Executa a função agendada  
}
```

APÊNDECE B – INDEX.HTML DO SISTEMA DE MONITORAMENTO *FISH FARMING*

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <base target="_top">
  <title>Fish Farming: Monitoramento</title>
  <script type="text/javascript" src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
  <style>
    /* ----- */
    /* BASE & LAYOUT PRINCIPAL (CSS GRID OTIMIZADO) */
    /* ----- */
    body {
      font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;
      display: flex;
      flex-direction: column;
      align-items: center;
      background-color: #00204A;
      color: #FFFFFF;
      font-size: 1.1em;
      margin: 0;
      padding: 0;
      min-height: 100vh;
      width: 100%;
      box-sizing: border-box;
      position: relative;
    }

    /* Título/Logo no canto superior esquerdo */
    #logo-text {
      position: absolute;
      top: 20px;
      left: 20px;
      font-family: 'Arial Black', Gadget, sans-serif;
      font-size: 2.2em;
      font-weight: bold;
      color: #FFFFFF;
      text-shadow: 0 0 10px #00FFFF, 0 0 5px rgba(0, 255, 255, 0.5);
      z-index: 1000;
    }

    .main-title {
      color: #FFFFFF;
      font-size: 2.2em;
      text-shadow: 0 0 8px rgba(0, 255, 255, 0.7);
      margin-top: 50px;
      margin-bottom: 30px;
      text-align: center;
    }

    /* Menu */
    #menu {

```

```

display: flex;
justify-content: center;
margin-bottom: 30px;
filter: drop-shadow(0 0 5px rgba(0, 255, 255, 0.4));
}
.menu-item {
background-color: rgba(255, 255, 255, 0.15);
border: 1px solid rgba(0, 255, 255, 0.5);
color: #FFFFFF;
padding: 10px 25px;
margin: 0 10px;
border-radius: 8px;
cursor: pointer;
font-size: 1.1em;
text-decoration: none;
transition: all 0.3s;
}
.menu-item:hover {
background-color: rgba(0, 255, 255, 0.2);
transform: translateY(-2px);
box-shadow: 0 5px 15px rgba(0, 255, 255, 0.4);
}
.menu-item.active {
background-color: rgba(0, 255, 255, 0.3);
border-color: rgba(0, 255, 255, 0.8);
box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 255, 255, 0.6);
}

/* Container Principal com GRID para Proporcionalidade */
#content-wrapper {
display: grid;
/* Layout de 2 colunas: Monitoramento (3 partes) e Referência (2 partes) */
grid-template-columns: 3fr 2fr;
gap: 25px;
width: 90%;
max-width: 1200px;
margin-top: 10px;
}

/* Bloco de Monitoramento (Coluna 1) */
#monitoramento-content {
background-color: rgba(255, 255, 255, 0.1);
border-radius: 15px;
padding: 25px;
box-shadow: 0 4px 20px rgba(0, 0, 0, 0.3);
backdrop-filter: blur(5px);
-webkit-backdrop-filter: blur(5px);
border: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.2);
display: flex;
flex-direction: column;
align-items: center;

```

```

}

/* Caixas de Exibição de Valores */
#data-display-container {
  display: flex;
  justify-content: space-around;
  width: 100%;
  margin: 20px 0 40px 0;
}

.sensor-box {
  text-align: center;
  width: 48%;
  padding: 15px;
  border-radius: 10px;
  background-color: rgba(0, 0, 0, 0.2);
  border: 1px solid rgba(0, 255, 255, 0.4);
  box-shadow: 0 0 10px rgba(0, 255, 255, 0.3);
}

.sensor-box h3 {
  margin-top: 0;
  color: #00FFFF;
  font-size: 1.5em;
}

.value-box {
  font-size: 3em;
  font-weight: bold;
  color: #FFFFFF;
  text-shadow: 0 0 10px rgba(255, 255, 255, 0.9);
  padding: 10px;
  margin-top: 5px;
}

/* Seletor de Espécie */
#monitoramento-content label {
  text-align: center;
  width: 100%;
  display: block;
  margin-bottom: 5px;
}

#species-select {
  padding: 10px 15px;
  border: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.3);
  border-radius: 8px;
  background-color: rgba(0, 0, 0, 0.3);
  color: #FFFFFF;
  font-size: 1.1em;
  margin-bottom: 25px;
}

```

```

width: 300px;
text-align: center;
filter: drop-shadow(0 0 5px rgba(0, 255, 255, 0.3));
appearance: none;
-webkit-appearance: none;
cursor: pointer;
/* Estilo de seta Customizado */
background-image: url('data:image/svg+xml;charset=US-
ASCII,%3Csvg%20xmlns%3D%22http%3A%2F%2Fwww.w3.org%2F2000%2Fsvg%22%20width%3D
%22292.4%22%20height%3D%22292.4%22%3E%3Cpath%20fill%3D%22%23FFFFFF%22%20d%3
D%22M287%20114.7L159.2%20242.5c-4.5%204.5-10.6%206.7-16.7%206.7s-12.2-2.2-16.7-
6.7L5.4%20114.7C0.9%20110.2%200%20104.7%200%2098.5s2.2-12.2%206.7-16.7l16.7-16.7c9.1-
9.1%2024.1-9.1%2033.2%200L145.7%20150c4.5%204.5%2010.6%206.7%2016.7%206.7s12.2-
2.2%2016.7-6.7l90.3-90.3c9.1-9.1%2024.1-
9.1%2033.2%200L287%2098.5c4.5%204.5%206.7%2010.6%206.7%2016.7s-2.2%2012.2-
6.7%2016.7z%22%2F%3E%3C%2Fsvg%3E');
background-repeat: no-repeat;
background-position: right 15px center;
background-size: 15px;
padding-right: 40px;
}
#species-select option {
background-color: #00204A;
color: #FFFFFF;
}

/* Estilos dos LEDs */
#status-container {
display: flex;
justify-content: space-around;
width: 90%;
margin-top: 20px;
}
.led-block {
text-align: center;
flex-grow: 1;
padding: 0 10px;
}
.led {
width: 25px;
height: 25px;
border-radius: 50%;
margin: 5px;
display: inline-block;
border: 2px solid #555;
box-shadow: 0 0 5px rgba(0, 0, 0, 0.5);
/* Garante que o LED inicie sem cor ativa */
transition: all 0.1s ease-in-out;
}

.green { background-color: #00FF00; box-shadow: 0 0 10px #00FF00; }

```

```

.red { background-color: #FF0000; box-shadow: 0 0 10px #FF0000; }
.yellow { background-color: #FFFF00; box-shadow: 0 0 10px #FFFF00; }
/* Corrigido: CSS para o estado OFF deve garantir que não fique transparente */
.off {
  background-color: #444 !important; /* !important garante que sobrescreva cores */
  box-shadow: inset 0 0 8px rgba(0, 0, 0, 0.6);
  border-color: #333; /* Melhora o visual de desligado */
}

/* Tabela de Referência (Coluna 2) */
.reference-table-container {
  background-color: rgba(0, 0, 0, 0.3);
  border-radius: 15px;
  padding: 25px;
  box-shadow: 0 0 15px rgba(0, 255, 255, 0.5);
  border: 1px solid rgba(0, 255, 255, 0.6);
  align-self: start;
  height: fit-content;
}
.reference-table {
  width: 100%;
  border-collapse: collapse;
  color: #FFFFFF;
  margin-top: 10px;
}
.reference-table th {
  color: #00FFFF;
  font-size: 1.3em;
  padding: 15px 0;
  text-align: center;
}
.reference-table td {
  padding: 10px 0;
  text-align: left;
  border-bottom: 1px solid rgba(255, 255, 255, 0.2);
}
.reference-table td:last-child {
  font-weight: bold;
  color: #FFFF00;
  text-align: right;
}

/* Responsividade para telas pequenas */
@media (max-width: 850px) {
  #content-wrapper {
    grid-template-columns: 1fr; /* Coluna única em telas menores */
  }
}

</style>
</head>

```

```

<body>

<div id="logo-text">Fish Farming</div>
<div class="main-title">Monitoramento de pH e Temperatura</div>

<div id="menu" class="panel">
  <a href="#" class="menu-item active" id="monitoramento-btn">Monitoramento</a>

  <a
    href="https://drive.google.com/file/d/18d9qIGtXip6TxuPu4Tsh4LyLkU7pkHY_/view?usp=drive_
link"
    target="_blank"
    class="menu-item"
    id="monografia-btn"
  >
    Monografia
  </a>
</div>

<div id="content-wrapper">

  <div id="monitoramento-content">
    <div style="text-align: center; width: 100%;">
      <label for="species-select">Selecione a Espécie:</label>
      <select id="species-select" onchange="loadSpeciesRangesAndStartMonitor()">
        <option value="tilapia">Tilápia</option>
        <option value="tambaqui">Tambaqui</option>
        <option value="tambacu">Tambacu</option>
      </select>
    </div>

    <div id="data-display-container">
      <div class="sensor-box">
        <h3>pH Atual</h3>
        <div id="ph_value_display" class="value-box">--.--</div>
      </div>

      <div class="sensor-box">
        <h3>Temperatura (°C)</h3>
        <div id="temp_value_display" class="value-box">--.-</div>
      </div>
    </div>

    <h3 style="margin-top: 10px; text-shadow: 0 0 5px rgba(255, 255, 255, 0.5);">Status da Água
(Web)</h3>
    <div id="status-container">
      <div class="led-block">
        <p style="font-size: 1.2em; color: #00FFFF; margin-bottom: 5px;">pH</p>
        <div style="white-space: nowrap;">
          <div id="led_ph_green" class="led off green" title="Dentro da Faixa"></div>
          <div id="led_ph_yellow" class="led off yellow" title="Igal ao Limite Ideal"></div>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>

```

```

        <div id="led_ph_red" class="led off red" title="Fora da Faixa Ideal"></div>
    </div>
</div>

<div class="led-block">
    <p style="font-size: 1.2em; color: #00FFFF; margin-bottom: 5px;">Temperatura</p>
    <div style="white-space: nowrap;">
        <div id="led_temp_green" class="led off green" title="Dentro da Faixa"></div>
        <div id="led_temp_yellow" class="led off yellow" title="Igual ao Limite Ideal"></div>
        <div id="led_temp_red" class="led off red" title="Fora da Faixa Ideal"></div>
    </div>
</div>
</div>
<p style="margin-top: 20px;">Última Leitura: <span id="last_update">Aguardando
dados...</span></p>
</div>

<div class="reference-table-container">
    <table class="reference-table">
        <thead>
            <tr>
                <th colspan="2" id="species-reference-title">Faixa Ideal - Tilápia</th>
            </tr>
        </thead>
        <tbody>
            <tr>
                <td>pH Ideal</td>
                <td id="reference-ph-value">---</td>
            </tr>
            <tr>
                <td>Temp. Ideal</td>
                <td id="reference-temp-value">---</td>
            </tr>
        </tbody>
    </table>
</div>

</div>

<script>

// --- Configuração dos Limites para os LEDs (Numéricos) ---
const LED_RANGES = {
    tilapia: {
        // pH: 5.0 a 8.0
        pH: { ideal_min: 5.0, ideal_max: 8.0, warn_low: 4.5, warn_high: 8.5 },
        // Temp: 27 a 32
        temp: { ideal_min: 27, ideal_max: 32, warn_low: 25, warn_high: 34 }
    },
    tambaqui: {
        pH: { ideal_min: 6.8, ideal_max: 7.5, warn_low: 6.5, warn_high: 7.8 },

```

```

    temp: { ideal_min: 28, ideal_max: 32, warn_low: 26, warn_high: 34 }
  },
  tambacu: {
    pH: { ideal_min: 6.7, ideal_max: 6.9, warn_low: 6.5, warn_high: 7.2 },
    temp: { ideal_min: 29, ideal_max: 32, warn_low: 27, warn_high: 34 }
  }
};

let allSpeciesData = {};
let currentSpecies = 'tilapia';
let updateInterval;

// Função utilitária para comparação de ponto flutuante.
function areAlmostEqual(a, b, epsilon = 0.05) {
  // 0.05 de tolerância para capturar 4.96 a 5.04 como "igual a 5.0"
  return Math.abs(a - b) < epsilon;
}

// -----
// --- FUNÇÕES DE CONTROLE DE DADOS E UI ---
// -----

function initialize() {
  google.script.run
    .withSuccessHandler(handleSpeciesDataSuccess)
    .withFailureHandler(handleInitialError)
    .getSpeciesData();
}

function handleSpeciesDataSuccess(data) {
  if (data && Object.keys(data).length > 0) {
    allSpeciesData = data;
    loadSpeciesRanges();
    startMonitoring();
  } else {
    handleInitialError("O Apps Script retornou dados de referência vazios ou inválidos.");
  }
}

function handleInitialError(error) {
  const message = typeof error === 'string' ? error : (error.message || "Erro desconhecido ao
  buscar dados iniciais.");
  console.error("ERRO CRÍTICO (getSpeciesData):", message);
  document.getElementById('species-reference-title').innerText = "ERRO NA CONEXÃO";
  document.getElementById('reference-ph-value').innerText = "Falha no Apps Script";
  document.getElementById('reference-temp-value').innerText = "Verifique o console (F12)";
  document.getElementById('last_update').innerText = "ERRO: Falha ao carregar dados de
  referência.";

  // Garantir que todos os LEDs fiquem off em caso de erro.
  document.querySelectorAll('.led').forEach(led => led.classList.remove('green', 'yellow', 'red'));
}

```

```

document.querySelectorAll('.led').forEach(led => led.classList.add('off'));
}

function startMonitoring() {
  if (updateInterval) clearInterval(updateInterval);
  updateInterval = setInterval(fetchLatestData, 2000);
  fetchLatestData();
}

function loadSpeciesRanges() {
  currentSpecies = document.getElementById('species-select').value;
  const data = allSpeciesData[currentSpecies];

  if (data) {
    document.getElementById('species-reference-title').innerText = `Faixa Ideal - ${data.nome}`;
    document.getElementById('reference-ph-value').innerText = data.ph;
    document.getElementById('reference-temp-value').innerText = data.temp;
  } else {
    console.error(`Aviso: Dados de referência para ${currentSpecies} não encontrados.`);
  }
}

function loadSpeciesRangesAndStartMonitor() {
  loadSpeciesRanges();
  startMonitoring();
}

function fetchLatestData() {
  google.script.run
    .withSuccessHandler(updateUI)
    .withFailureHandler(handleDataUpdateError)
    .getLatestData();
}

function updateUI(data) {
  const pH = parseFloat(data && data.pH) || 0.0;
  const temp = parseFloat(data && data.temp) || 0.0;

  document.getElementById('ph_value_display').innerText = pH.toFixed(2);
  document.getElementById('temp_value_display').innerText = temp.toFixed(1);

  updateLeds(pH, temp);

  document.getElementById('last_update').innerText = "Última Leitura: " + new
Date().toLocaleTimeString('pt-BR');
}

function handleDataUpdateError(error) {
  const message = typeof error === 'string' ? error : (error.message || "Erro desconhecido ao
atualizar dados.");

```

```

console.error("ERRO DE ATUALIZAÇÃO (getLatestData):", message);

document.getElementById('ph_value_display').innerText = "OFF";
document.getElementById('temp_value_display').innerText = "OFF";
document.getElementById('last_update').innerText = `ERRO (${new
Date().toLocaleTimeString('pt-BR')}) : Falha na leitura do sensor.`;

document.querySelectorAll('.led').forEach(led => led.classList.remove('green', 'yellow', 'red'));
document.querySelectorAll('.led').forEach(led => led.classList.add('off'));
}

/**
 * Lógica de Controle dos LEDs: OTIMIZADA para a estabilidade do Amarelo e do estado OFF.
 */
function updateLeds(pH, temp) {
  const range = LED_RANGES[currentSpecies];

  // ----- PH Lógica -----
  const is_pH_min = areAlmostEqual(pH, range.pH.ideal_min);
  const is_pH_max = areAlmostEqual(pH, range.pH.ideal_max);

  // 1. AMARELO: EXATAMENTE nos limites ideais (usando tolerância para float)
  const pH_is_warn = is_pH_min || is_pH_max;

  // 2. VERDE: Estritamente DENTRO da faixa ideal (excluindo os limites, pois esses são
  Amarelos)
  const pH_is_ideal = pH > range.pH.ideal_min && pH < range.pH.ideal_max;

  // 3. VERMELHO: FORA da faixa ideal (abaixo do min ou acima do max) E NÃO é a condição
  Amarela.
  const pH_is_critical = pH < range.pH.ideal_min || pH > range.pH.ideal_max; // Simplificação: a
  estrutura IF/ELSE IF/ELSE garante a exclusividade

  // Aplicando a lógica de exclusividade (Garante que apenas 1 LED acenda e os outros fiquem
  OFF)
  const led_ph_green = document.getElementById('led_ph_green');
  const led_ph_yellow = document.getElementById('led_ph_yellow');
  const led_ph_red = document.getElementById('led_ph_red');

  if (pH_is_warn) {
    // Amarelo Ativo
    led_ph_yellow.classList.remove('off');
    led_ph_green.classList.add('off');
    led_ph_red.classList.add('off');
  } else if (pH_is_ideal) {
    // Verde Ativo
    led_ph_green.classList.remove('off');
    led_ph_yellow.classList.add('off');
    led_ph_red.classList.add('off');
  } else if (pH_is_critical) {

```

```

// Vermelho Ativo (fora da faixa)
led_ph_red.classList.remove('off');
led_ph_green.classList.add('off');
led_ph_yellow.classList.add('off');
} else {
  // Caso de erro ou valor zero/nulo: todos OFF
  led_ph_red.classList.add('off');
  led_ph_green.classList.add('off');
  led_ph_yellow.classList.add('off');
}

// ----- Temperatura Lógica -----
const is_temp_min = areAlmostEqual(temp, range.temp.ideal_min);
const is_temp_max = areAlmostEqual(temp, range.temp.ideal_max);

// 1. AMARELO: EXATAMENTE nos limites ideais
const temp_is_warn = is_temp_min || is_temp_max;

// 2. VERDE: Estritamente DENTRO da faixa ideal
const temp_is_ideal = temp > range.temp.ideal_min && temp < range.temp.ideal_max;

// 3. VERMELHO: FORA da faixa ideal
const temp_is_critical = temp < range.temp.ideal_min || temp > range.temp.ideal_max;

// Aplicando a lógica de exclusividade
const led_temp_green = document.getElementById('led_temp_green');
const led_temp_yellow = document.getElementById('led_temp_yellow');
const led_temp_red = document.getElementById('led_temp_red');

if (temp_is_warn) {
  // Amarelo Ativo
  led_temp_yellow.classList.remove('off');
  led_temp_green.classList.add('off');
  led_temp_red.classList.add('off');
} else if (temp_is_ideal) {
  // Verde Ativo
  led_temp_green.classList.remove('off');
  led_temp_yellow.classList.add('off');
  led_temp_red.classList.add('off');
} else if (temp_is_critical) {
  // Vermelho Ativo (fora da faixa)
  led_temp_red.classList.remove('off');
  led_temp_green.classList.add('off');
  led_temp_yellow.classList.add('off');
} else {
  // Caso de erro ou valor zero/nulo: todos OFF
  led_temp_red.classList.add('off');
  led_temp_green.classList.add('off');
  led_temp_yellow.classList.add('off');
}

```

```
}  
  
// -----  
// --- INICIALIZAÇÃO ---  
// -----  
document.addEventListener('DOMContentLoaded', initialize);  
  
</script>  
</body>  
</html>
```

APÊNDECE C – JAVASCRIPT DO SISTEMA DE MONITORAMENTO *FISH FARMING*

```

// --- FUNÇÃO DOPOST: Recebe os dados do ESP32 (HTTP POST) ---
function doPost(e) {

  var dataSheet = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().getSheetByName("Dados");
  if (!dataSheet) {
    // Cria a aba 'Dados' se ela não existir
    dataSheet = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().insertSheet("Dados");
    dataSheet.appendRow(["Timestamp", "pH", "Temperatura"]);
  }

  // 1. Verifica se a requisição tem dados
  if (e && e.postData && e.postData.contents) {

    // 2. Tenta analisar o JSON
    try {
      var data = JSON.parse(e.postData.contents);

      // As chaves no JSON devem ser exatamente "pH" e "temp"
      var pH = data.pH || 0.0;
      var temp = data.temp || 0.0;

      // 3. Salva na planilha
      var timestamp = new Date();
      dataSheet.appendRow([timestamp, pH, temp]);

      // Retorna sucesso (código 200)
      return ContentService.createTextOutput("OK").setMimeType(ContentService.MimeType.TEXT);

    } catch (error) {
      // 4. Se o JSON falhar na análise, registra o erro
      Logger.log("ERRO DE JSON PARSE. Conteúdo recebido: " + e.postData.contents + " Erro: " +
        error.toString());
      // Retorna Bad Request (400) com um erro específico
      return ContentService.createTextOutput("Erro: JSON inválido no
servidor.").setMimeType(ContentService.MimeType.TEXT).setStatusCode(400);
    }
  }

  // 5. Se não houver postData
  Logger.log("Requisição POST sem corpo.");
  return ContentService.createTextOutput("Bad Request: Sem
dados.").setMimeType(ContentService.MimeType.TEXT).setStatusCode(400);
}

// --- FUNÇÃO GETLATESTDATA: Chamada pelo Site para buscar o último valor ---
function getLatestData() {
  var dataSheet = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().getSheetByName("Dados");
  if (!dataSheet || dataSheet.getLastRow() < 2) {
    return { pH: "0.00", temp: "0.0" };
  }
}

```

```

}

var lastRow = dataSheet.getLastRow();
var values = dataSheet.getRange(lastRow, 2, 1, 2).getValues();

// Converte para String com formatação decimal garantida
var pH_val = parseFloat(values[0][0]);
var temp_val = parseFloat(values[0][1]);

return {
  pH: pH_val.toFixed(2).toString(),
  temp: temp_val.toFixed(1).toString()
};
}

// -----
// --- FUNÇÃO NOVA: FORNECE DADOS DE REFERÊNCIA (FAIXAS IDEAIS) ---
// -----
function getSpeciesData() {
  return {
    // SUAS FAIXAS IDEAIS
    tilapia: {
      nome: "Tilápia",
      ph: "5.0 a 8.0",
      temp: "27°C a 32°C",
    },
    tambaqui: {
      nome: "Tambaqui",
      ph: "6.8 a 7.5",
      temp: "28°C a 32°C",
    },
    tambacu: {
      nome: "Tambacu",
      ph: "6.7 a 6.9",
      temp: "29°C a 32°C",
    }
  };
}

// --- FUNÇÃO DOGET: Exibe o Index.html ---
function doGet() {
  return HtmlService.createTemplateFromFile('Index').evaluate();
}

```