Submissão: 05/04/2022
Publicação: 20/09/2022
DOI:

# SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NA PISCICULTURA

AUTOMATED WATER QUALITY MONITORING SYSTEM IN PSICULTURE

Vitor Hugo Toigo[1]
Vinícius Tessele[2]
Rafael Luis Bartz[3]

**Resumo:** A produção de tilápias está em crescente avanço e cada vez mais o cuidado com produção é necessário, com os altos custos dos equipamentos no campo maneiras mais baratas e eficazes devem ser desenvolvidas. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo de monitoramento de temperatura, pH, oxigênio dissolvido para piscicultura na região oeste do Paraná, utilizando a tecnologia dos microcontroladores sendo o módulo utilizado nesse projeto o Adafruit HUZZAH32 – ESP32, integrando sondas e sensores das empresas Atlas Scientific® e DFROBOT, posteriormente enviando esses dados obtidos para plataforma do ThingSpeak onde serão armazenados e disponibilizados para visualização, logo auxiliando o produtor no monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água, a fim de evitar sérios prejuízos. Sendo assim, o uso das ferramentas de IoT no campo se faz necessário para auxiliar nos processos manuais, trazendo benéficos ao produtor e utilizando a tecnologia para facilitar o manejo de sua produção. Por fim, os resultados obtidos do dispositivo de monitoramento foram um bom custo benefício comparado a produtos comercialmente semelhantes chegando a ser um quarto do valor comercial, sendo um melhor custo benéfico para produtores que não tem poder aquisitivo suficiente e possibilitando uma forma eficiente de monitorar sua produção, podendo assim melhorar o desempenho da mesma.

**Palavras-chave:** Piscicultura. IoT. Adafruit. ThingSpeak. Atlas Scientific.

**Abstract:** Tilapia production is increasingly advancing and more and more care with production is necessary, with the high costs of equipment in the field, cheaper and

[1] Discente, Núcleo de Estudos e Pesquisas em; Engenharias (NEPENG), Centro Universitário Univel, Cascavel, Paraná, Brasil. e-mail: vitortoigo@icloud.com.

[2] Discente, Núcleo de Estudos e Pesquisas em; Engenharias (NEPENG), Centro Universitário Univel, Cascavel, Paraná, Brasil. e-mail: vitortoigo@icloud.com.

[3] Docente e pesquisador do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Assis Chateaubriand, Paraná, Brasil. e-mail: rafael.bartz@ifpr.edu.br.

more effective ways must be developed. This work aims to develop a device for monitoring temperature, pH, dissolved oxygen for psiculture in the western region of Paraná, using microcontroller technology, the module used in this project being the Adafruit HUZZAH32 – ESP32, integrating probes and sensors from Atlas Scientific companies. ® and DFROBOT, subsequently sending this data obtained to the ThingSpeak platform where it will be stored and made available for viewing, thus helping the producer in monitoring the physical and chemical parameters of the water, in order to avoid serious losses. Therefore, the use of IoT tools in the field is necessary to assist in manual processes, bringing benefits to the producer and using technology to facilitate the management of their production. Finally, the results obtained from the monitoring device were a good value for money compared to similar commercial products, reaching a quarter of the commercial value, being a better cost-benefit for producers who do not have sufficient purchasing power and enabling an efficient way to monitor their production, thus improving its performance.

**Keywords:** Pisciculture. IoT. Adafruit. ThingSpeak. Atlas Scientific.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente a criação de peixes vem desde as grandes civilizações do Egito onde através de desenhos mostravam cenas de pesca e conservação em tanques. Entretanto outros povos como os Romanos, Chineses e povos do Indo-Pacífico já utilizavam desta técnica de conservar peixes em tanques. Porem apenas após a segunda Guerra Mundial, que a cultura de peixe teve uma evolução significativa, com o desenvolvimento de compostos alimentares, transportes modernos e com o desenvolvimento da reprodução artificial (Souza e Teixeira Filho, 1985).

Mundialmente a produção de aquicultura vem sendo liderada pela produção de várias espécies de carpas, porém, logo em seguida, vem a tilápia tornando-se um dos peixes mais viáveis para aquicultura (Sebrae, 2015).

No Brasil, o cultivo de peixe se dá popularmente pela tilápia sua primeira introdução conhecida no país ocorreu em 1971, pelo Departamento Nacional de Obras Contra Secas (DNOCS), e se tornou popular pelo seu ótimo custo benefício, pela alta qualidade da carne, resistência a doenças e por seu cultivo em altas densidades em ambientes adverso e estressante (Silva et al., 2015), além disso, o Brasil tem aproximadamente 12% da água doce do mundo, tendo um grande potencial de crescimento em algumas regiões do país, no que se diz respeito a utilização hídrica (Fao, 2017).

Segundo Embrapa (2013, p. 1), “A água é o ambiente onde os peixes respiram, se alimentam, excretam resíduos e se locomovem. O monitoramento da qualidade da água é importante para a sobrevivência, crescimento e saúde dos peixes.” O não monitoramento acarreta em um desequilíbrio em aspectos físicos, químicos e biológicos da água, em vista que se faz necessário o monitoramento de parâmetros como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, e outras variáveis, onde qualquer alteração dessas variáveis pode causar até a morte dos peixes (Faria et al., 2013).

No Paraná, a piscicultura é dominante em praticamente todo território, sendo 50% de sua produção no Oeste do estado, onde se encontra a maior parte dos

viveiros, sendo umas das regiões com maior crescimento do Paraná (Scheleder e Skrobot, 2016).

Embora a tecnologia tenha avançado na piscicultura desde seu início, muitos processos de monitoramento e medição continuam manuais, atualmente muitos piscicultores utilizam um kit de análise química para medição de pH, sondas para medir o oxigênio dissolvido e temperatura, tendo que se locomover até o local para checar valores como esses, caso não realize com frequência o monitoramento desses parâmetros, pode acarretar em sérios problemas para sua produção (Senar, 2019).

Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo on-line de baixo custo, que possa auxiliar o produtor no manejo e no monitoramento da qualidade da água, reduzindo a necessidade de estar presente no local, tendo acesso on-line a todas as informações evitando assim possíveis prejuízos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aquicultura é o termo usado para o cultivo de organismos aquáticos com intervenção humana, sobe o controle da alimentação, reprodução, presença de predadores e da qualidade da água, com foco na produção de alimento (Lustosa Neto et al., 2016). Uma das atividades da aquicultura é a “Tilápiacultura”, sendo uma boa fonte de renda e geração de empregos, que vem ganhando espaço cada vez mais na produção de alimentos (Albuquerque, 2019).

Várias espécies de tilápia foram se desenvolvendo durante os anos, sendo a mais utilizada no Brasil a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Sua característica física se dá pelo corpo comprimido lateralmente e sua coloração acinzentada (Silva et al., 2015).

Figura 1 — Tilápia



Fonte: Engpesca (2019).

O Paraná foi uns dos primeiros estados a começar a cultivar a tilápia no Brasil, no ano de 1996 com 20.800 alevinos vindos da Tailândia (Ásia), porém, somente anos depois foi inserida a linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia)* mais produzida nos dias de hoje, proveniente da Malásia, onde foi desenvolvida pelo

ICLARM (*International Center for Living Aquatic Resources Management*) atual *WorldFish Center* (Silva et al., 2015).

A produção de pescado no Brasil vem sendo liderada pela produção de tilápia conforme a Tabela 1 com os três produtos de pescados mais produzidos na aquicultura brasileira segundo o IBGE.

Tabela 1 — Produção da aquicultura, por tipo de produto

Variável - Valor da produção - percentual do total geral

Tipo de produto da aquicultura

Brasil

2019

| Total | Tambaqui | Tilápia | Camarão |
|---|---|---|---|
| 100 | 14,3 | 35,72 | 22,95 |

Fonte: IBGE (2019).

O estado que mais produziu tilápia no Brasil no ano de 2019 foi o Paraná, segundo os dados do IBGE do ano de 2019, teve a maior receita do país, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 — Produção de Tilápia

Variável - Valor da produção (Mil Reais)

Ano x Tipo de produto da aquicultura - Tilápia

Ano - 2019

| Brasil e Unidades da Federação | Valores |
|---|---|
| Brasil | 1.844.636 |
| Paraná | 600.692 |
| São Paulo | 232.421 |
| Minas Gerais | 230.942 |

Fonte: IBGE (2019).

Contudo, com a crescente expansão da piscicultura no Brasil, surgiu a necessidade de monitoramento dos parâmetros da água, pois é essencial e influência diretamente do desenvolvimento e no aspecto econômico da atividade, contudo o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos da água varia conforme a espécie cultivada (Atena, 2019).

## 2.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

### 2.1.1 pH

O pH é parâmetro químico da água, está relacionado à concentração de íons hidrogênio presentes na água e pode variar de 0 até 14, sendo 7 um valor neutro, abaixo disso é acida e acima de 7 é considerado alcalino. Segundo Embrapa (2013, p. 4) “Os valores desejáveis de pH para a produção de tilápia (Oreochromis niloticus) é entre 6,5 e 8”. Porem os valores de pH variam durante o dia, devido a alguns fatores

como a quantidade de gás carbônico (CO2) no meio e o processo de fotossíntese, pois devido a respiração dos peixes ocasiona um aumento de CO2 no meio e consequentemente gera uma redução do pH, entretanto o processo de fotossíntese reduz CO2, gerando um aumento no pH (Silva e Costa, 2013).

### 2.1.2 Temperatura

Um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento dos peixes da linhagem GIFT é a temperatura, pois a faixa ideal da água é entre 26ºC e 28ºC. Onde baixas temperaturas reduzem o metabolismo e altas temperaturas aumentam o metabolismo, mas em ambos, muito alto ou muito baixo, é reduzido a conversão alimentar e a resposta imunológica (Borges, 2009).

Entretanto, nos tanques a temperatura não é homogênea, isso dificulta o desenvolvimento dos peixes, esse fenômeno é chamado de estratificação térmica, onde a água se divide em três camadas, sendo elas: o epilímnio a camada superior, hipolímnio a camada inferior e a metalímnio a camada de transição (Manahan, 2013).

Sendo assim, o ideal para um bom resultado na produção de tilápia GIFT, é medir a temperatura pela manhã e à tarde, se necessário reduzir ou evitar o trato conforme a temperatura atingir níveis críticos (Senar, 2019).

### 2.1.3 Oxigênio

O consumo de oxigênio no meio aquático é essencial, ele está dissolvido no meio e varia de acordo com a temperatura e pressão atmosférica, obtendo maiores teores no fim da tarde e, a partir do anoitecer, os valores começam a cair chegando aos níveis mais baixos pela manhã, essa variação ocorre pois na incidência dos raios solares, fazem as microalgas realizarem fotossínteses gerando oxigênio e, na ausência de luz, fazem o processo contrário, consumindo o oxigênio e adicionam gás carbônico, prejudicando assim o cultivo pela noite (Pereira e Silva, 2011).

De acordo com a Embrapa, os valores ideais para o cultivo devem ficar acima de 4 mg/L, pois abaixo desse valor, gera falta de oxigênio dissolvido, causando estresse e afetando o desenvolvimento e a alimentação dos peixes, em condições de falta de oxigênio ou níveis muito baixos consequentemente acarreta na mortalidade dos peixes. Deve-se fazer a medição frequentemente para evitar prejuízos no cultivo, sendo necessário aumentar o oxigênio através da aeração mecânica, encher o viveiro com o máximo de água limpa e recomenda-se reduzir o arraçoamento (Lopes, 2012).

### 2.1.4 Arraçoamento

Arraçoamento é a recomendação técnica para alimentação correta, podendo variar de acordo com o peso corporal dos animais e temperatura da água, sendo o parâmetro da temperatura que exerce maior influência no metabolismo dos peixes, portanto para o cultivo da tilápia temperaturas acima de 32ºC e abaixo de 15ºC é orientado suspender a alimentação (Borges, 2009).

Para o tratamento correto, deve-se medir os parâmetros de oxigênio dissolvido antes de iniciar a distribuição de ração, não podendo estar abaixo 3 mg/L, pois terá menor aproveitamento da ração, reduzindo a quantidade de oxigênio ou variando

outros parâmetros críticos da água podendo acarretar na mortalidade dos peixes e grandes prejuízos para o produtor. A Tabela 3 mostra o percentual de ração conforme a temperatura (Senar, 2019).

Tabela 3 — Percentual de ração

| Percentual de ração | |
|---|---|
| Temperatura da água (ºC) | Quantidade a ser fornecida (%) |
| 15 a 18 | 40 |
| 19 a 21 | 60 |
| 22 a 24 | 80 |
| 15 a 28 | 100 |
| 28 a 30 | 80 |
| 30 a 32 | 60 |

Fonte: Borges (2009).

Contudo, a ração não é o único alimento. Inicialmente, o peixe se alimenta na maior parte de microrganismos chamados de zooplâncton que fazem parte da comunidade dos plânctons, que podem ser divididos em fitoplâncton e zooplâncton, sendo que zooplâncton se alimenta do fitoplâncton que é formado por pequenas algas que fazem a transformação do gás carbônico a partir dos raios solares em oxigênio e os mesmos também são absorvidos pelos peixes (Faria et al., 2013).

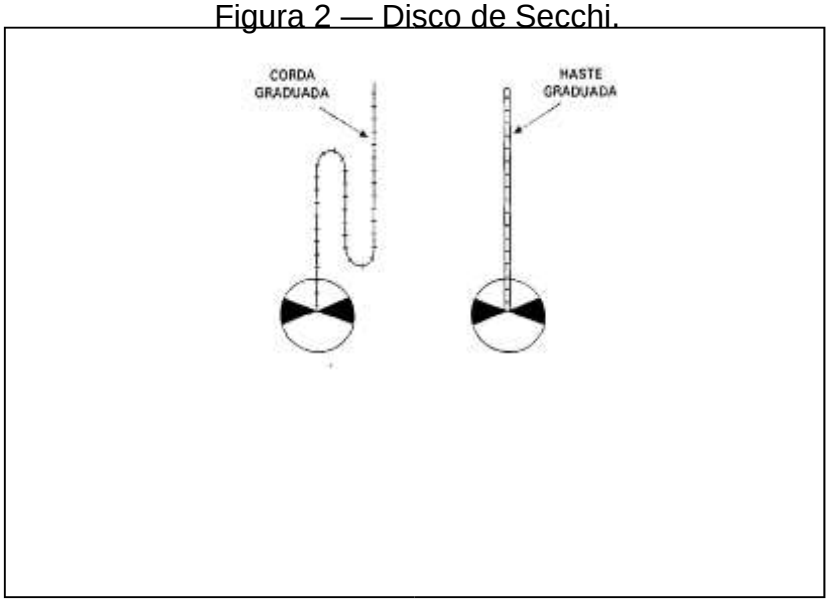
### 2.1.5 Turbidez

A turbidez é um parâmetro que indica a coloração da água podendo ser verde ou azuladas, quanto maior a coloração esverdeada maior o indicador de microrganismos e algas suspensos nela. São essenciais esses organismos para manutenção do meio, pois, durante o dia, com os raios solares, esses microorganismos produzem oxigênio, entretanto, durante a noite, não produzem e acabam consumindo (Castro e Vasconcelos, 2019).

A turbidez se torna importante para a produção de tilápia, pois a coloração da água torna um indicativo para o desenvolvimento dos peixes, sendo assim, águas mais turvas com coloração amarronzada tendem a prejudicar o desenvolvimento das algas e, consequentemente, reduz o oxigênio no meio (Borges, 2009).

Para medir a turbidez, utiliza-se o disco de Secchi, que consiste em um disco preso a um cordão métrico conforme mostrado na Figura 1 que é mergulhado e medido a distância entre a superfície da água e até onde consegue-se ver o disco. A transparência ideal deve ser 20 a 30 centímetros para produção de tilápia (Oreochromis niloticus), quanto menor a distância maior a incidência de plâncton na superfície da água (Cotrim, 1995).

Figura 2 — Disco de Secchi.




Fonte: Castro e Vasconcelos (1999).

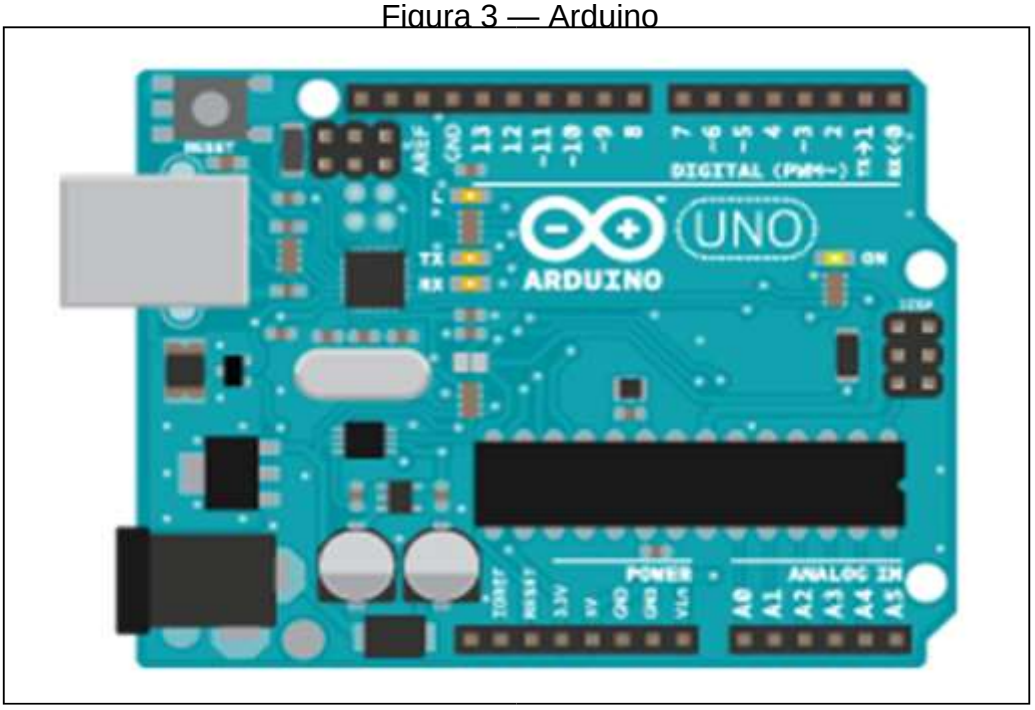
## 2.2 INTERNET DAS COISAS IoT

*Internet of Things* (IoT) foi proposto por Kevin Ashton, um cientista britânico cofundador do Auto-ID Center, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), onde desenvolveu vários sensores e padrões de comunicação global via radiofrequência. A internet das coisas como o próprio nome já diz consiste em integrar coisas (sensores ou objetos) a internet, gerando assim uma quantidade imensa de informações e possibilidades de automações entre outras coisas (Rose, 2019).

### 2.2.1 Arduino

O Arduino é um microcontrolador de condigo aberto, ou seja, seu código fonte é livre para ser compartilhado sem restrições ou custos, foi desenvolvido com o propósito educacional para o desenvolvimento de projetos eletrônicos de fácil acesso e entendimento (Banzi e Shiloh, 2015).

Figura 3 — Arduino




Fonte: Arduino ® (2018).

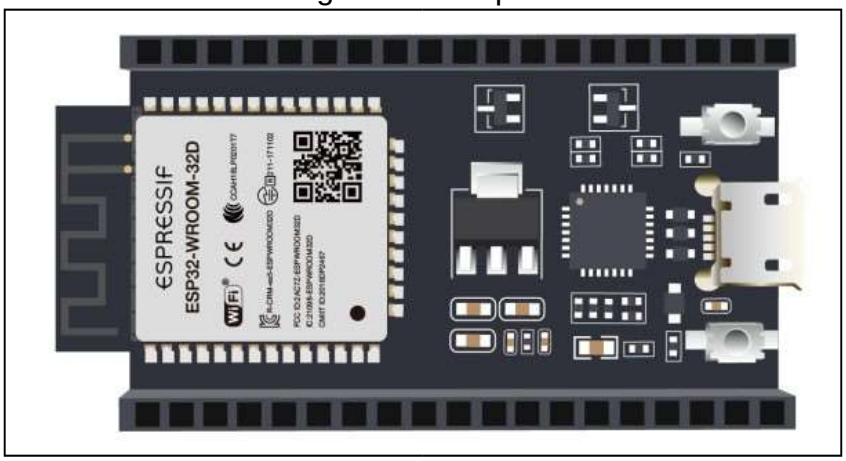
Outros recursos interessantes e versáteis são as Shields e os sensores que podem ser conectados ao Arduino para aumentar suas capacidades (Maschietto, 2021). Uma vantagem também é o uso de bibliotecas que a comunidade ou empresas podem desenvolver e fornecer para o público facilitando na construção do código. Uma biblioteca são várias funções úteis que facilitam o uso e a programação (Monk, 2015).

### 2.2.2 Esp32

Outro microcontrolador famoso é o Esp32, foi lançado pela Espressif em 2016 sendo o sucessor do Esp8266 (Outro chip da Espressif), O Eps32 foi lançado com a proposta de ser um sistema completo em um único chip, incorporando dois núcleos de processamento 32 bits, além do Bluetooth 4, wi-fi entre outras melhorias. Vários fabricantes de módulos utilizaram o Esp32 em seus módulos diversificando e melhorando as aplicações desse chip (Oliveira, 2021).

O grande diferencial desse chip e os módulos que se seguem é o baixo custo do modulo e sua conectividade com a internet sendo que sua programação pode ser feita através da IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino programando em C e/ou C++ (Bertoleti, 2019).

Figura 4 — Esp32




Fonte: Thinger.io (2020).

## 2.3 PROGRAMAÇÃO

Várias tarefas são executadas pelos computadores desde controles de usinas nucleares até disponibilizar simples jogos eletrônicos para dispositivos móveis como os celulares. Devido à grande diversidade de uso dos computadores, foram desenvolvidas várias linguagens de programação cada uma com objetivo muito diferente (Sebesta, 2018).

A linguagem de programação é uma maneira de estruturar e descrever algoritmos de modo que possa ser interpretado por uma máquina, sendo algumas linguagens interpretada ou compilada através dos compiladores que traduzem a linguagem de programação em linguagem de máquina para que possam ser executados (Zhirkov, 2018).

### 2.3.1 Linguagem de programação C/C++

A linguagem C é considera umas das linguagens de programação que reúne as principais características para construção de um programa, compilando de forma rápida e eficiente. Foi desenvolvida na década de 1970 nas primeiras versões do sistema operacional do UNIX (Jandl Júnior, 2019). Posteriormente, a linguagem C++ foi desenvolvida e teve sua fundamentação na linguagem C, porém, orientando-se a objetos com um estilo de programação que promete uma modelagem mais fácil de objetos do mundo real (Horstmann, 2005).

Para programar no Arduino, utiliza-se uma variação da linguagem C baseada na linguagem *Wiring*, que utiliza o Ambiente de desenvolvimento Integrado (IDE) própria do Arduino para compilação e envio dos dados para o Arduino (Frizzarin, 2016).

## 2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Com o crescente aumento da internet, surgiu a necessidade de enviar e receber informações de forma segura e rápida. Nesse sentido, protocolos foram criados, contendo decisões normas e regras definidas para gerenciar ações entre dispositivos (Maschietto et al., 2021).

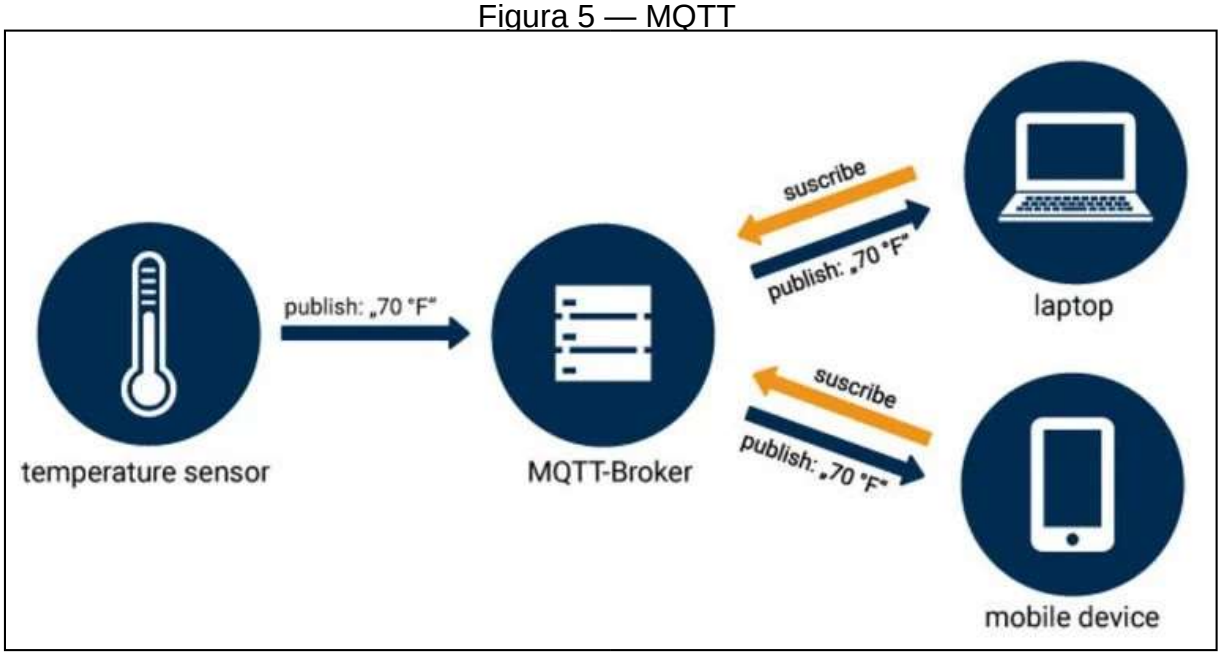
### 2.4.1 MQTT

Esse protocolo foi desenvolvido em 1999, por Andy Stanford-Clark da IBM e Arlen Nipper da Arcom, com intuito de supervisionar oleodutos através de dispositivos alimentados por bateria. Conforme os anos foram passando, o protocolo foi se modificando e vários clientes MQTT foram desenvolvidos para várias linguagens (Batrinu, 2018).

O MQTT baseia-se no envio e recebimento dos dados (Suscribe e Publish), o servidor é chamado *broker* sendo responsável por gerenciamento das mensagens recebidas, quando solicitado o *broker* envia esses dados para os clientes que estão conectados nele (Oliveira, 2021).

A Figura 5 mostra o sensor fazendo *publish* de um dado para o *broker* e os dispositivos fazem o *suscribe* dessa informação:

Figura 5 — MQTT




Fonte: Embarcadero © (2021).

### 2.4.2 ThingSpeak

Uma das plataformas de IoT disponíveis no mercado é o serviço da plataforma analítica do ThingSpeak, que analisa os dados enviados na nuvem e permite visualizar instantaneamente, com a capacidade de se integrar com o software MATLAB e rede sociais como o Twitter (ThingSpeak, 2019).

## 2.5 INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação se aplica para controle e automação de um processo ou produto com a finalidade de indicar, medir ou controlar parâmetros físicos, tais como pressão, nível, vazão, temperatura ou qualquer ou variável de um processo (Senai, 1999).

### 2.5.1 Sensores

Para detecção de algumas grandezas, são utilizados sensores, pois eles capturam e convertem em tensão e corrente algumas variações químicas, magnéticas, ópticas, térmicas e mecânicas entre outras, inclusive são amplamente utilizados no processo e controle moderno de fabricação (Petruzella, 2014).

Sensores geram dados de entrada para sistema de controle, podendo ser discretos (digitais) ou analógicos, fornecendo sinais elétricos que irão ser interpretados pelo controlador, gerando ou não alguma ação (Lamb, 2015).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa tem o propósito exploratório e experimental, com base nos objetivos gerais, a fim de evidenciar os problemas abordados. Além disso, a pesquisa exploratória consiste em examinar um tema ou problema pouco abordado com o propósito de aprimorar o fato estudado (Sampieri, Lúcio e Collado, 2013).

Paralelamente, a definição de pesquisa científica se dá pelo desenvolvimento do conhecimento, utilizando caminhos metódicos para resolução de problemas propostos (Lozada e Nunes, 2018). Sendo assim, a natureza desse trabalho tem com o fim qualitativo, analisando hipóteses e coletando dados, para aperfeiçoar o tema estudado.

Inicialmente, foi realizado uma análise da piscicultura no Brasil, evidenciando o manejo e suas tecnologias utilizadas através do referencial teórico. Em um segundo momento, foi desenvolvido um dispositivo para obtenção e envio dos dados do controle da qualidade da água. Por fim, foi utilizada uma plataforma para geração de relatórios de acompanhamento.

### 3.1 COLETA DE DADOS

Para Carlos Estrela (2018, p. 151), “a coleta de dados trata da técnica de mensuração ou medição”, ou seja, consiste em determinar grandezas a fim de se obter algum resultado.

A coleta de dados, neste presente trabalho, foi obtida por meio de sensores de temperatura, pH e oxigênio dissolvido, que serão conectados ao dispositivo ESP-32, para o monitoramento dos paramentos da água, identificando assim qualquer alteração e enviado para plataforma on-line.

### 3.2 ANÁLISE DOS DADOS

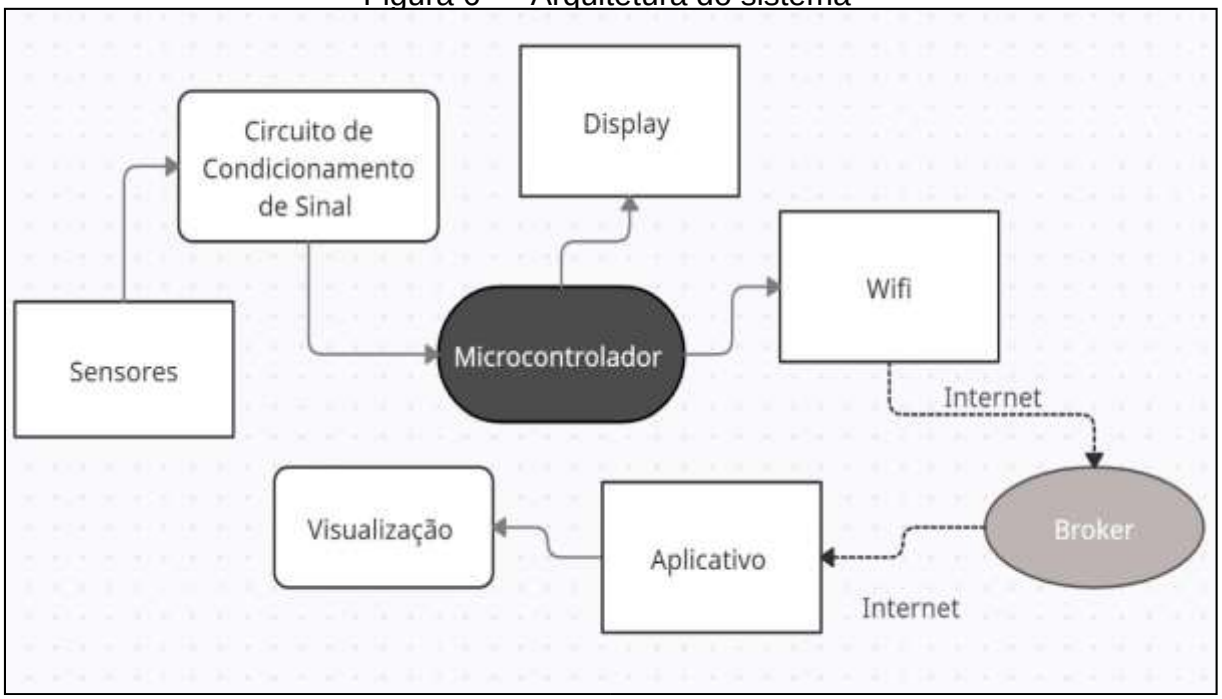
A análise dos dados começa com a organização e preparação dos resultados obtidos, para posteriormente gerar informações úteis, entretanto, necessita-se um método para examinar atentamente, eliminando os possíveis erros (Creswell, 2014).

Os dados coletados nesse trabalho foram analisados e encaminhados de forma acessível para o produtor, por fim, os dados foram armazenados criando um histórico da variação dos parâmetros da produção.

## 3.3 DISPOSITIVOS

Com base nas dificuldades enfrentadas pelo piscicultor no monitoramento da qualidade de água de sua produção, a seguir, serão apresentadas as etapas de montagem do projeto e os materiais, dispositivos e sensores, que foram utilizados.

Figura 6 — Arquitetura do sistema




Fonte: Autor (2021).

### 3.3.1 Sensor pH

O sensor de pH utilizado é o SEN0161-V2 da fabricante DFRBOT. Sua comunicação se dá através de um sinal analógico (Dfrobot, 2018). A Tabela 4 mostra as características básicas da placa de conversão.

Tabela 4 — Especificação da soda pH

| Sonda pH (SEN0161-V2) | |
|---|---|
| Tipo de Sonda | Laboratório |
| Faixa de detecção | 0 ~ 14 |
| Faixa de temperatura | 5 ~ 60 ° C |
| Ponto Zero | 7 ± 0,5 |
| Tempo de resposta | <2min |
| Resistência interna | <250MΩ |
| Vida da sonda | > 0,5 ano (dependendo da frequência de uso) |

Fonte: Drfrbot (2021).

A sonda precisa ser calibrada frequentemente, porém, a empresa fabricante não especifica um cronograma padrão de calibração, apenas informando que irá depender do uso da sonda. A Figura 7 ilustra o sensor SEN0161-V2.

Figura 7 — Sonda pH



Fonte: Dfrobot (2018).

### 3.3.2 Sensor de oxigênio dissolvido e de temperatura

O sensor de oxigênio dissolvido e de temperatura utilizado foi o ENV-50-DO da fabricante Atlas Scientific® (2015). A sonda foi escolhida pois junto ao medidor de oxigênio dissolvido que também está com um sensor de temperatura PT-1000.

Figura 8 — Especificação da Sonda O.D.



Fonte: Atlas Scientific® (2015).

A sonda funciona através de uma membrana de silicone sobre um anodo banhado em um eletrólito e um catodo que, através de uma reação eletroquímica, uma pequena tensão é produzida com as moléculas de oxigênios (Atlas Scientific, 2015).

Tabela 5 — Especificação da Sonda ENV-50-DO

| Sonda ENV-50-DO |
|---|

| | |
|---|---|
| Faixa | 0 - 100 mg / L |
| Precisão | +/– 0,05 mg / L |
| Tempo de resposta | ~ 0,1 mg / L / por segundo |
| Faixa de temperatura ° C | 1 - 99 ° C |
| Pressão máxima | 300 PSI |
| profundidade máxima | 212m (694 pés) |
| Sensor de temperatura interna | Sim (PT-1000) |
| Tempo antes da recalibração | ~ 1 ano |
| Expectativa de vida | ~ 4 anos |
| Manutenção | ~ 18 meses |

Fonte: Atlas Scientific (2015).

### 3.3.3 Display HMI

Para visualização local, foi utilizado o display touch de cinco polegadas da fabricante NEXTION (2011) modelo NX8048P050-011C-Y. Houve a necessidade de implementação de uma interface homem-máquina (HMI) para melhor controle localmente e visualização em tempo real dos parâmetros medidos pelos sensores.

Figura 9 — Display Nextion.



Fonte: NEXTION©, 2011

Sua comunicação se dá através da comunicação TTL serial (TX e RX). Sua interface gráfica pode ser programada de forma intuitiva com próprio software gratuito da empresa, tendo diversas opções de gráficos, texto, botão, controle deslizante entre outras opções (Nextion, 2011).

Tabela 6 — Especificação do display

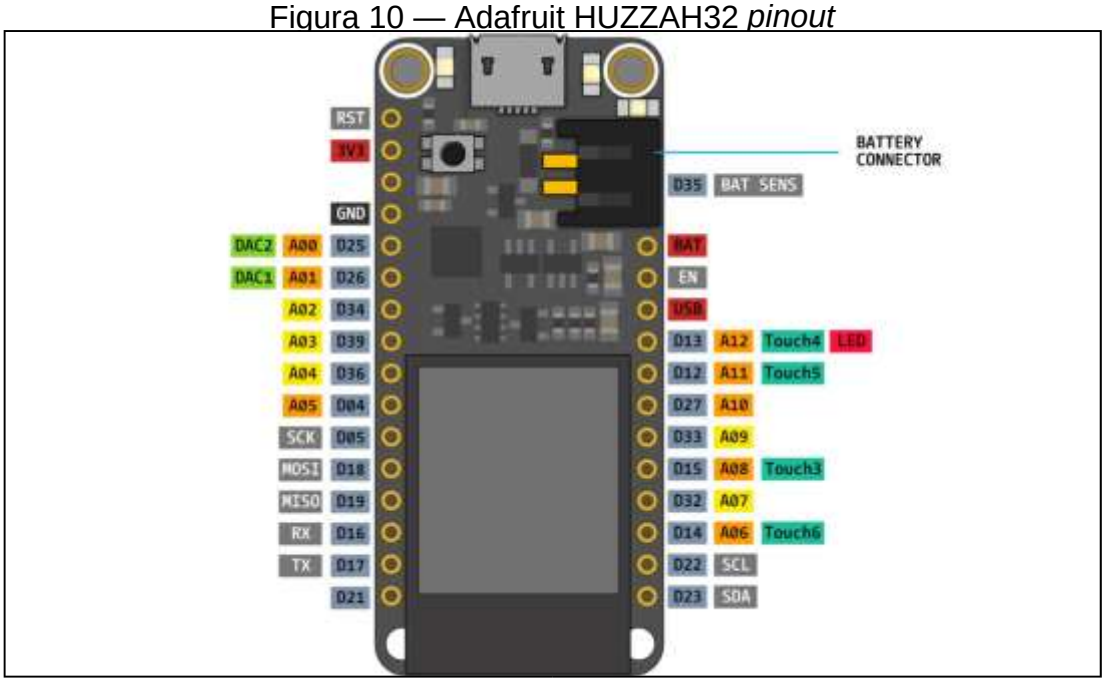
| Display NEXTION. | |
|---|---|
| Cor | 65536 cores |
| Tamanho do layout | 160,04 mm (C) × 107,07 mm (L) × 21,2 mm (A) |
| Área Ativa (AA) | 120,7 mm (L) × 75,8 mm (L) |
| Área Visual (VA) | 108,00 mm (L) × 64,80 mm (L) |
| Resolução | 800 × 480 pixels |
| Tipo de toque | Capacidade |
| Toques | > 1 milhão |
| Vida útil da luz de fundo (média) | > 30.000 horas |
| Brilho | 300nit |

Fonte: Nextion © (2011).

### 3.3.4 Microcontrolador

Para o desenvolvimento do sistema, foi utilizado o microcontrolador da empresa Adafruit HUZZAH32 - ESP32 Feather, com o chip da Espressif Esp32, sendo sua voltagem de 3.3V (Adafruit, 2017).

Figura 10 — Adafruit HUZZAH32 *pinout*




Fonte: Adaptado de GITHUB (2020).

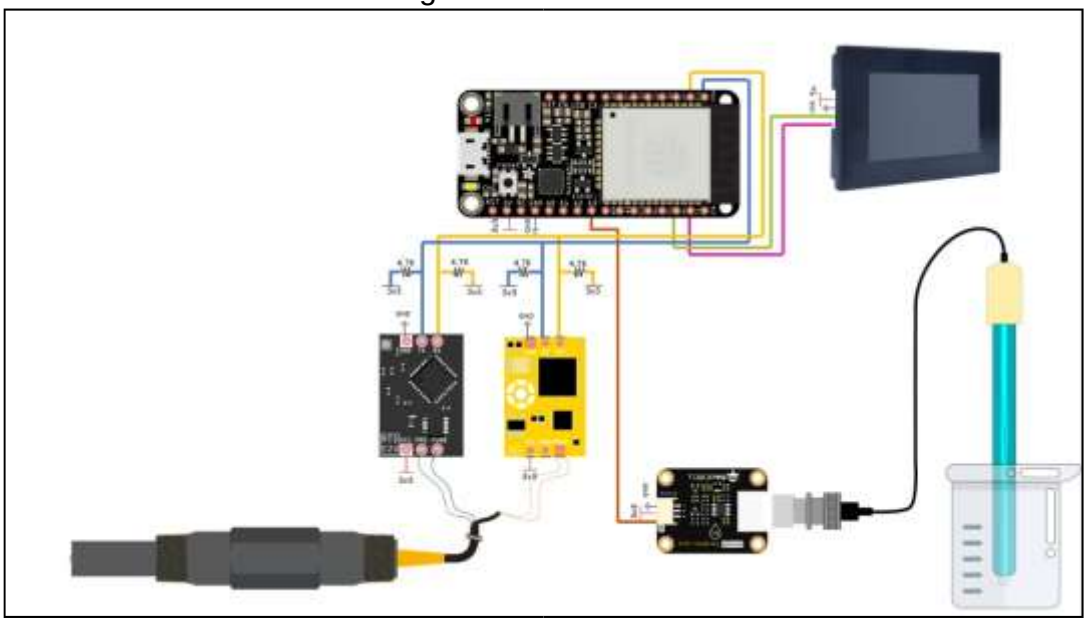
## 4 DESENVOLVIMENTO

### 4.1 CIRCUITO

Para conectar as placas dos sensores do Atlas Scientific®, foi necessário um resistor de 4.7K, conforme orientações do fabricante e interligado em paralelo nas

portas SDA e SCL do Arduino para comunicação I2C. O sensor da DFROBOT está ligando na porta analógica A3. O display NEXTION teve a alimentação separada do circuito, pois sua tensão é de 5V sendo diferente do módulo da Adafruit.

Figura 11 — Circuito



Fonte: Autor (2021).

Após a montagem do dispositivo e feitas as ligações dos componentes, foi realizada a calibração dos sensores, executados testes em bancada para validação do dispositivo, por fim, o dispositivo ficou conforme a Figura 12.

Figura 12 — Dispositivo




Fonte: Autor (2021).

## 4.2 CALIBRAÇÃO DAS SONDAS

Para calibrar a sonda ENV-50-DO da Atlas Scientific®, foi necessária a substituição da solução de eletrólito presente na sonda e a limpeza do catodo, após isso, foi conectada a sonda ao microcontrolador e foi executada uma sequência de comandos na serial para concluir a calibração. O fabricante orienta que, pelo menos uma vez ao ano, deve-se fazer a calibração.

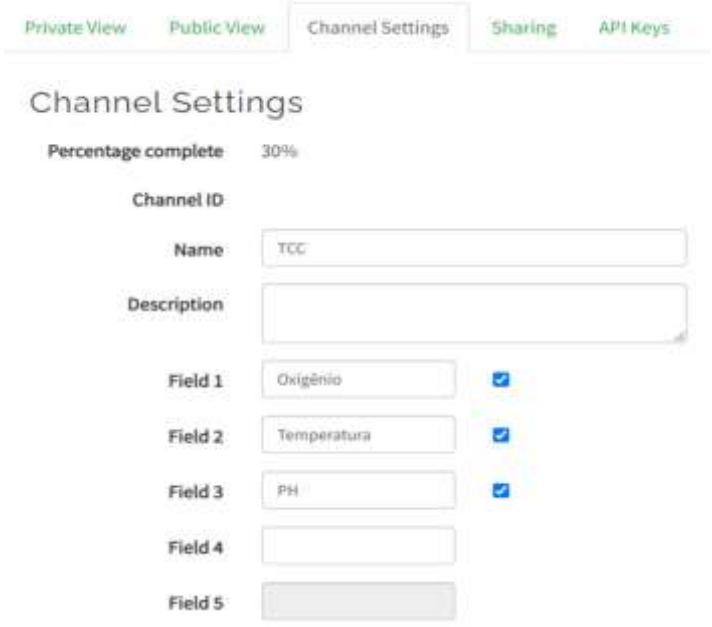
Para sonda SEN0161-V2, o fabricante orienta a lavar a sonda com água destilada, depois secar a sonda e mergulhar em uma solução de pH 7,0. Após isso, conectá-la ao microcontrolador e executar os comandos na serial quando os valores estiverem estáveis, depois repetir o processo em uma solução de pH 4,0.

## 4.3 CONFIGURAÇÃO DO THINGSPEAK

Após a criação da conta gratuita na plataforma do ThingSpeak, o usuário tem acesso as ferramentas do site possibilitando a criação de um canal para comunicação. Para criar um canal, primeiramente, deve-se clicar na aba *channels* e em *new channel*. Após o canal criado, deve-se configurar, na aba *channel settings*, os campos que armazenaram os dados enviados pelo dispositivo conforme a Figura 13.

Por fim, foram adicionados alguns gráficos que a plataforma ThingSpeak, possibilita por meio da ferramenta MATLAB plotando nos gráficos de forma automática, conforme os dados são recebidos. Outro meio de consultar os dados recebidos, além de verificar direto no site ThingSpeak, é em um aplicativo ThingView disponibilizado na Apple Store e Play Store. Após download, resta apenas colocar o id do canal e a API Key e os dados serão disponibilizados para visualização.

Figura 13 — Canal ThingSpeak

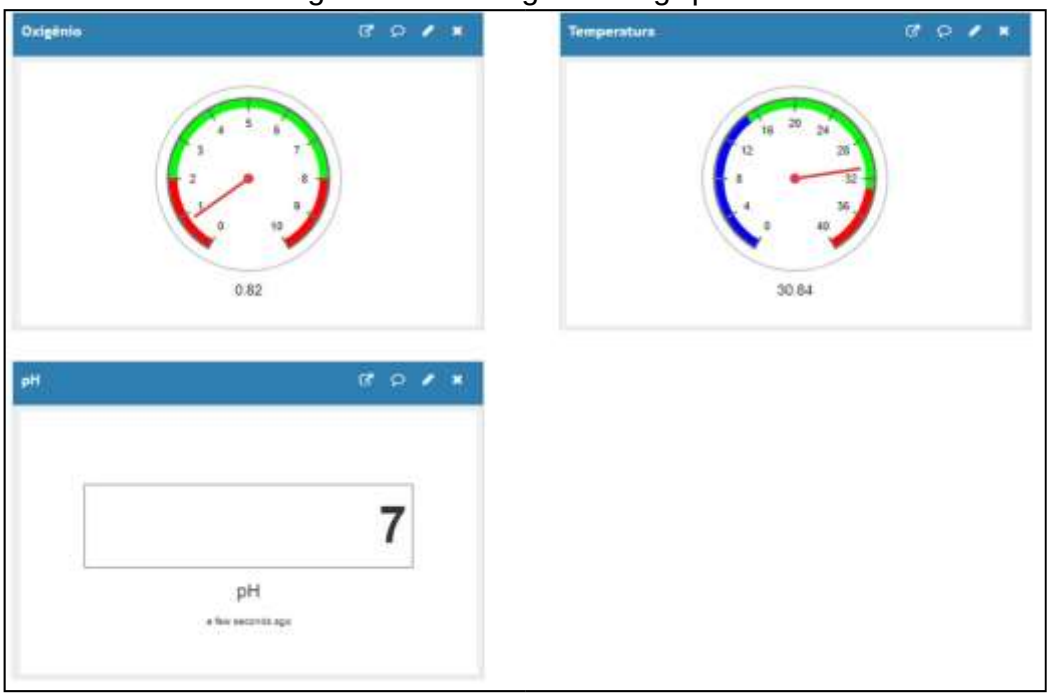



Fonte: ThingSpeak (2019).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dispositivo foi testado apenas em bancada, e foi possível observar um bom desempenho com medições precisas após a calibração comparadas com a sonda multiparâmetro KR86021 na marca AKORM. Os dados enviados e armazenados na plataforma do ThingSpeak se mostraram muito eficazes e de fácil visualização, foram adicionados alguns *widgets* para facilitar a visualização conforme a Figura 14.

Figura 14 — Widgets ThingSpeak




Fonte: ThingSpeak (2019).

Para o monitoramento de eventos passados, foi adicionado um gráfico para cada valor monitorado podendo ser consultado através do celular ou diretamente no site.

Figura 15 — Gráficos ThingSpeak




Fonte: ThingSpeak (2019).

Em relação ao display Nextion, sua programação via IDE do Arduino fica limitada, pois a comunicação serial conflita com as portas seriais do chip ESP32 da Espressif, por isso, foi necessário encontrar outra maneira de programar o display.

Apesar do uso da IDE do Arduino para programação no chip ESP32 algumas bibliotecas com a “Wifi.h” geravam conflitos e acabavam bloqueando algumas portas assim que o Wireless era iniciado, causando assim um problema para utilização de algumas portas.

O ThingSpeak, por ser tratar de uma ferramenta gratuita, tem algumas limitações na plataforma, como a limitação de 15 segundos para escrita de dados e a limitação de 3 milhões de mensagens por ano podendo ter apenas 4 canais por conta.

A lista de materiais utilizados foi separada na Tabela 7 e 8, pois foram adquiridos de formas diferentes em função de não ter alguns materiais disponíveis para a compra no Brasil, sendo necessária a importação.

Tabela 7 — Valores dos componentes 1

| Valores dos componentes em dólar. | |
|---|---|
| Materiais | Valor |
| Adafruit HUZZAH32 - ESP32 Feather Board | $ 20,95 |
| Industrial Dissolved Oxygen Probe (ENV-50-DO) | $ 329,99 |
| EZO™ Dissolved Oxygen Circuit (EZO-DO) | $ 47.99 |
| EZO™ RTD Temperature Circuit (EZO-RTD) | $ 29,99 |

| | |
|---|---|
| **Total** | **$ 428,92** |

Fonte: Autor (2021).

Tabela 8 — Valores dos componentes 2

| Valores dos componentes em reais. | |
|---|---|
| Materiais | Valor |
| Nextion-modulo de painel touch (NX8048P050 011C Y) | R$ 441,78 |
| Dfrobot kit de sensor analógico de ph (SKU:SEN0161-V2) | R$ 233,81 |
| Caixa Montagem Pvc | R$ 100,00 |
| Protoboard | R$ 20,00 |
| Jumpers | R$ 6,00 |
| **Total** | **R$ 801,59** |

Fonte: Autor (2021).

Sendo assim, o total de custo para adquirir todos os matérias convertendo cada dólar para R$ 5,30 na cotação do dia que foram adquiridos os matérias importados, ficou um total de R$ 3.074,86. Comparando a empresas que vendem soluções semelhantes com valores maiores como mostra a Tabela 9.

Tabela 9 — Orçamentos

| Or ;amentos. | |
|---|---|
| Empresa A | Empresa B |
| R$ 13.950,00 | R$ 21.840,00 |

Fonte: Autor (2021).

## 6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a montagem do dispositivo de monitoramento da qualidade da água, capaz de medir parâmetros físicos químicos e enviar os dados para a plataforma ThingSpeak, e ser acessado remotamente.

Ao fazer o teste em ambiente controlado, pode-se concluir que, por meio da coleta e disponibilização dos dados ao piscicultor, proporciona um eficiente controle sobre sua produção, evitando prejuízos decorrentes da falta de oxigênio dissolvido e temperaturas fora das faixas ideais para o cultivo. Entretanto, a aplicação ThingSpeak não atende todas as necessidades do piscicultor, sendo necessário o desenvolvimento de novas funcionalidades. Outro fator importante encontrado, foi o valor de desenvolvimento do dispositivo que chega a ser um quarto do valor mais baixo dos modelos prontos disponíveis no mercado, proporcionando um ótimo custo benefício, para o produtor que não tem condições para adquirir o produto comercialmente vendido.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação desse dispositivo no campo e o desenvolvimento de um aplicativo com novas funcionalidade, bem como o incremento de um acionamento remoto dos motores e técnicas de inteligência artificial para auxiliar a tomada de decisão do produtor no cultivo.

## REFERÊNCIAS


ADAFRUIT. **Adafruit HUZZAH32 - ESP32 Feather Board.** 2017. [Online]. Available: https://www.adafruit.com/product/3405. Acesso em: 10 ago. 2021.

ALBUQUERQUE, D. M. **Bacillus cereus var. Toyoi e Bacillus sbtilis C-3102 em dietas para alevinos de tilápia do Nilo, linhagem GIFT**. Toledo, 2010.

ARDUINO®. **Arduino.** 2018. [Online]. Available: https://www.arduino.cc/. Acesso em: 30 jul. 2021.

ATENA. **Aquicultura e Pesca**: Adversidades e Resultados, Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

ATLAS SCIENTIFIC®. **Atlas Scientific Environmental Robotics.** 2015. [Online]. Available: https://atlas-scientific.com/. Acesso em: 20 jun. 2021.

BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino**. 2.ed., São Paulo: Novatec, 2015.

BATRINU, C. **Projetos de Automação Residencial com ESP8266**. Novatec, 2018.

BERTOLETI, P. **Projetos com ESP32 e LoRa**. Editora NCB, 2019.

BORGES, A. M. **Criação de Tilápias**. Brasília: Emater, 2009.

CASTRO, F. S.; VASCONCELOS, P. R. E. **Zootecnia e Produção de Ruminantes não Ruminantes**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A., 2019.

COTRIM, D. **Piscicultura - Manual Prático**. Porto Alegre: EMATER /RS, 1995.

CRESWELL, J. W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa - Escolhendo entre Cinco Abordagens.** 3.ed., Porto Alegre: Penso, 2014.

DFROBOT. **SEN0161-V2 Gravity Analog pH Sensor Meter Kit V2.** 2018. [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_pH_Sensor_Meter _Kit_V2_SKU_SEN0161-V2. Acesso em: 20 jun. 2021.

EMBARCADERO ©. **Learn How to Use The MQTT Protocol in Delphi With This Library**. 2021. [Online]. Available: https://blogs.embarcadero.com/learn-how-to-usethe-mqtt-protocol-in-delphi-with-this-library/. Acesso em: 10 ago. 2021.

EMBRAPA. **Qualidade da Água**. Divinópolis, 2013.

ENGPESCA. **Criação e particularidades: saiba tudo sobre cultivo de tilápias**. 2019. [Online]. Available: https://engepesca.com.br/post/saiba-tudo-sobre-tilapias. Acesso em: 07 jul. 2021.

ESTRELA, C. **Metodologia Científica** - Ciência, Ensino, Pesquisa. 3.ed., Porto Alegre: Artes Médicas, 2018.

FAO. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil**: Identificação de Áreas Prioritárias, Brasília, 2017.

FARIA, R. H. S. d. et al. **Manual de Criação de Peixes em Viveiros**. Brasília: CODEVASF, 2013.

FRIZZARIN, F. B. **Arduino:** Guia para colocar suas ideias em prática. Casa do Código, 2016.

GITHUB. **Adafruit-HUZZAH32-Feather-pinout**. 2020. [Online]. Available: https://github.com/jango-fx/Adafruit-HUZZAH32-Feather-pinout. Acesso em: 01 ago. 2021.

HORSTMANN, C. **Conceitos de Computação com o Essencial de C++**. 3.ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

JANDL JÚNIOR, P. **Curso Básico da Linguagem C**. Novatec, 2019.

LAMB, F. **Automação industrial na prática**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LOPES, J. C. O. **Piscicultura**. Piauí: e-Tec Brasil, 2012.

LOZADA, G.; NUNES, K. d. S. **Metodologia Científica**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

LUSTOSA NETO, A. D. et al. **Apostila Criador de Peixe em Viveiro Escavado**. Fortaleza, 2016.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9.ed., Porto Alegre: Bookman, 2013.

MASCHIETTO, L. G. et al. **Arquitetura e Infraestrutura de IoT**. Porto Alegre: Grupo A Educação S.A., 2021.

MONK, S. **Programação com Arduino II** - Passos Avançados com Sketches, Porto Alegre: Bookman, 2015.

NEXTION ©. **NX8048P050-011C-Y**. 2011. [Online]. Available: https://nextion.tech/datasheets/NX8048P050-011C-Y/. Acesso em: 15 jul. 2021.

OLIVEIRA, S. d. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 2.ed., Novatec Editora, 2021.

PEREIRA, A. C.; SILVA, R. F. **Produção de Tilápias**. Niterói: Rio Rual, 2011.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4.ed., Porto Alegre: Bookman, 2014.

ROSE, J. F. P. **A Cidade Em Harmonia**: o que a ciência moderna, civilizações antigas e antigas e a natureza humana nos ensinam sobre o futuro da vida urbana. Porto Alegre: Bookman, 2019.

SAMPIERI, R. H.; LÚCIO, M. d. P. B.; COLLADO, C. F. **Metodologia de Pesquisa**. 5.ed., Porto Alegre: Penso, 2013.

SCHELEDER, J.; SKROBOT, K. CALAGEM. **Na Piscicultura:** Técnica de calagem em viveiros de água doce, Curitiba: GIA, 2016.

SEBESTA, R. W. **Conceitos de Linguagens de Programação**. 11 ed., Bookman Editora, 2018.

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil**: Série Estudos Mercadológicos, Brasília: Sebrae, 2015.

SENAI. **Instrumentação**: Instrumentação Básica I. Espírito Santo: Senai, 1999.

SENAR. **Piscicultura**: alimentação. Brasília: Senar, 2019.

SILVA, B. K. R. d.; COSTA, D. C. P. B. **Formação de Bioflocos**: Protótipo com Criação de Tilápias. Curitiba, 2013.

SILVA, G. F. d. et al. **Tilápia-Do-Nilo**: Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná. Curitiba: GIA, 2015.

SOUSA, E. C. P. M. d.; TEIXEIRA FILHO, A. R. **Piscicultura fundamental**. São Paulo: Nobel, 1985.

THINGER.IO. **Espressif ESP32**. 2020. [Online]. Available: https://docs.thinger.io/arduino/espressif-esp32. Acesso em: 25 jul. 2021.

THINGSPEAK. **Saiba mais sobre ThingSpeak**. 2019. [Online]. Available: https://thingspeak.com/pages/learn_more. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZHIRKOV, I. **Programação em Baixo Nível**. Novatec, 2018.