



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

# IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 07, pp. 38228-38234, July, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.19527.07.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

## SISTEMA DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DA ÁGUA EM AMBIENTE DE PISCICULTURA POR MEIO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

\*<sup>1</sup>Rafael Luis Bartz and <sup>2</sup>Aldi Feiden

<sup>1</sup>Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Assis Chateaubriand - PR, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Toledo - PR, Brasil

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 18<sup>th</sup> April, 2020

Received in revised form

26<sup>th</sup> May, 2020

Accepted 11<sup>th</sup> June, 2020

Published online 30<sup>th</sup> July, 2020

#### Key Words:

Fish farming management,  
Water quality, Remote sensing,  
Sustainability.

\*Corresponding author: *Rafael Luis Bartz,*

### ABSTRACT

Despite the widespread use of technology in several agricultural activities, most of the production processes in fish farming are not automatized. That includes water quality control and feed supply, which are related given that water temperature is key to determine how much feed should be dispensed in the fishponds at a given time. In this work, we describe a system to estimate the water temperature in a fish farm via unmanned aerial vehicles (UAV) and show how it can enhance the fishponds daily management. A prototype was built with a long-range thermal infrared temperature sensor and a microcontroller embedded in a UAV, gathering and sending data to a specially developed mobile application, which uses GPS coordinates to identify which fishpond is being flown over. The infrared data were compared against measures gathered by a mercury-based thermometer on the water surface by using Pearson's correlation analysis, showing a strong correlation ( $R = 0.80$ ). The developed system proves effective in gathering and analyzing data, thus optimizing fish farming management.

Copyright © 2020, Rafael Luis Bartz and Aldi Feiden This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: *Rafael Luis Bartz and Aldi Feiden.* "Sistema de medição de temperatura da água em ambiente de piscicultura por meio de veículos aéreos não tripulados (vant)", *International Journal of Development Research*, 10, (07), 38228-38234.

### INTRODUCTION

A aquicultura é uma atividade em constante crescimento, e que demanda cada vez mais melhorias e inovações tecnológicas que proporcionem ao processo produtivo a máxima eficiência possível. O que mais impacta a sustentabilidade de atividades agrícolas são as técnicas de manejo produtivo, que devem ser otimizadas para maximizar o desempenho produtivo, e minimizar custos, desde a compra de insumos até equipamentos, principalmente quando são cultivadas espécies com menor valor agregado. É de suma importância identificar quais são os pontos chave do manejo que podem ser melhorados de acordo com a realidade de cada propriedade, e quais são os custos de produção que mais pesam no orçamento. Na aquicultura, principalmente na criação de peixes, uma importante variável a ser considerada é a otimização do fornecimento de alimento aos peixes, que representa boa parte dos custos totais de produção. Para maximizar a eficiência no fornecimento de ração, é muito importante observar os parâmetros de qualidade da água, principalmente a temperatura, que influencia diretamente nas atividades fisiológicas dos peixes, e por consequência influencia também em seu desenvolvimento (Qianget al., 2013),(Santos et al., 2014).

A alimentação dos peixes é feita diversas vezes ao dia, dependendo da espécie, e o processo de medição da temperatura dos viveiros produtivos deve ser ágil, principalmente no caso de produtores que possuem muitos viveiros, pois o tempo gasto com as medições, além de comprometer a eficiência do processo produtivo, acaba ainda acarretando em mais custos de produção decorrentes do tempo despendido no processo e, em alguns casos, custos de deslocamento entre os tanques, caso seja utilizado algum veículo automotor para auxiliar nesta tarefa. Os avanços tecnológicos possuem uma tendência de miniaturização, trazendo para os produtores agrícolas produtos e processos que antes eram acessíveis apenas pelas indústrias, tais como robótica, softwares e sensores de ponta, os quais estão propiciando acesso a dados importantes em tempo real, incluindo parâmetros de qualidade da água em piscicultura (Ravalliet al., 2017). Isto abre portas para que os produtores possam melhorar seus processos com equipamentos cada vez mais modernos, e de baixo custo. A agricultura de precisão combina diversos artefatos tecnológicos úteis para as mais diversas aplicações agrícolas, dentre eles posicionamento por GPS, ferramentas de mapeamento e análise de dados, softwares de apoio e sensores que podem ser montados em

locais fixos ou em robôs e drones, podendo ainda transmitir dados a distâncias relativamente grandes. Este conjunto de técnicas e equipamentos está resultando em ganho de tempo, redução de desperdício, melhoria de qualidade nos produtos cultivados, e aumento significativo da produção (Ling, 2017), (Lindblom et al., 2016). Com o aumento da gama de sensores disponível no mercado, também é possível explorar outras formas de interação sensorial. A forma mais conhecida de interação com a água para captura de temperatura é por meio de contato físico, possibilitando a troca térmica entre o sensor e o meio aquoso, de forma que esta troca térmica possa ser transformada em impulsos elétricos que resultem em uma medida digital, ou mesmo transformada em uma alteração óptica, no caso dos sensores a base de mercúrio. Outro meio, explorado principalmente pelas geotecnologias, é a interação de corpos d'água com o espectro de radiação eletromagnética. As pesquisas envolvendo sensoriamento remoto analisam, em sua maioria, as respostas espectrais dos objetos estudados em diferentes comprimentos de onda, e são realizadas principalmente por meio de imagens de satélites, que mapeiam uma determinada área em diferentes comprimentos de onda. Por meio destas pesquisas, muitos comportamentos espectrais de diversos objetos já foram mapeados, e são atualmente utilizados para extração de informações, como por exemplo, a identificação de pragas e doenças em lavouras.

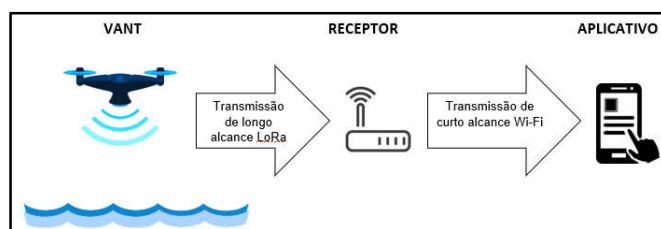
Certas faixas do espectro eletromagnético podem servir para uma finalidade comum, como é o caso da faixa de radiação infravermelha que varia entre 2,5 e 14 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). Esta faixa é chamada de Infravermelho térmico, pois a reflectância de corpos submetidos a este comprimento de onda tem sua reflectância proporcional a temperatura de sua superfície, portanto pode ser utilizada para avaliar a temperatura de objetos, inclusive a temperatura de corpos d'água (Glass, 2013). A análise de reflectância infravermelha da água pode ser analisada a partir de diferentes sensores, desde equipamentos de bancada em laboratórios até satélites, como é o caso do estudo conduzido por Alcântara et al. (2011), que obteve bons resultados na utilização da banda infravermelha térmico do satélite MODIS para monitorar as variações de temperatura na represa da hidrelétrica de Itumbiara no estado de Goiás - Brasil. A escolha do sensor a ser utilizado para realizar análises de temperatura em ambientes aquáticos de piscicultura depende muito das condições ambientais do local, como por exemplo o tamanho e a distância entre os viveiros, bem como a quantidade de viveiros que precisam ser analisados. No sul do Brasil, onde se concentra a maior produção intensiva de peixes de águas continentais, a produção é feita majoritariamente em viveiros escavados com uma área pequena de lâmina d'água, logo os piscicultores normalmente possuem diversos tanques em suas propriedades (Coldebella et al., 2018), sendo uma configuração difícil de se analisar através de imagens de satélite, por exemplo, devido a necessidade de haver um alta resolução e baixa interferência atmosférica para analisar áreas tão pequenas. A maioria destes piscicultores realiza a medição da temperatura da água de seus viveiros produtivos de forma manual, através de termômetros a base de mercúrio mergulhados na água.

Tendo em vista a necessidade de melhorar estas técnicas de mensuração, e as possibilidades oferecidas pelos recursos tecnológicos existentes até então, este estudo aborda a construção de um sistema de monitoramento de temperatura para viveiros aquícolas que se utiliza de um veículo aéreo não

tripulado (VANT) para realizar as medições por meio de um termômetro infravermelho de longo alcance, transmitindo os dados em tempo real a longas distâncias para um aplicativo instalado em um smartphone, que contém módulos desenvolvidos para uso em piscicultura. Desta forma, os piscicultores tem acesso rápido a temperatura dos viveiros, não sendo necessário o contato com a água para realizar as medições, nem o deslocamento até os viveiros.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A automação de processos e o futuro da tecnologia está diretamente ligada ao conceito de Internet das coisas, conhecida pela sigla IoT advinda do termo "Internet of Things", que é uma tecnologia em evolução com o objetivo de conectar objetos do mundo real a pessoas, visando facilitar a vida de quem as utiliza (Mota et al., 2013). Este conceito está cada vez mais sendo utilizado para conectar sensores à agricultores, visando facilitar a tomada de decisões no processo produtivo agrícola (Zhang et al., 2013), (Chen et al., 2017). Com uma demanda crescente de conectar sensores e dispositivos, milhares de novos microcontroladores estão disponíveis no mercado a cada dia com as mais diversas funcionalidades, os quais podem ser utilizados em diferentes projetos de acordo com a necessidade. O sistema proposto é composto por três módulos. O primeiro módulo é instalado no VANT, e é responsável por processar a leitura da temperatura da água e transmiti-la a longas distâncias, de modo que possam ser recebidos pelo operador em tempo real. Após recebidos os dados, estes precisam ser retransmitidos em uma frequência compatível para que possam ser processados em um aplicativo instalado em um dispositivo móvel, tal qual um smartphone. Para tanto, o sistema conta com um segundo módulo que recebe as transmissões de dados de longa distância, e os retransmite mediante um ponto de acesso Wireless, mais conhecido como WiFi, que é uma tecnologia de transmissão de dados atualmente suportada por todos os smartphones modernos. Finalmente, os dados são processados e manipulados em um terceiro módulo, que consiste em um aplicativo para dispositivos móveis, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 1.



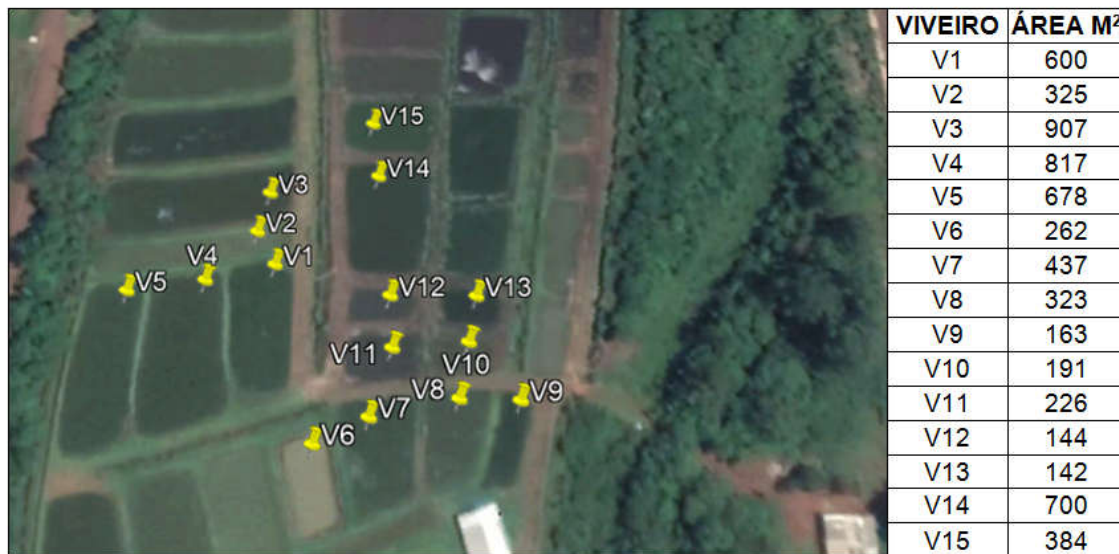
**Figura 1. Fluxograma de funcionamento do sistema, composto por módulo de sensoriamento, receptor de longa distância e aplicativo móvel para medição da temperatura da água em viveiros de piscicultura**

Os equipamentos foram embarcados em invólucros modelados no programa TinkerCAD, que é um software livre para modelagem 3D, e posteriormente impressos em uma impressora 3D da marca 3DCloner modelo LAB utilizando filamento plástico PLA a uma temperatura de 210°C. Para leitura e armazenamento dos dados, um aplicativo foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Dart, por meio da ferramenta Visual Studio Code versão 1.46, que é uma ferramenta livre para uso pessoal e comercial. Para realização dos testes com o sistema, e avaliação de sua eficiência,

realizou-se a coleta de amostras de temperatura em 15 viveiros escavados de um produtor rural da cidade de Toledo – PR - Brasil, nas proximidades do ponto de latitude  $-24.696540^\circ$  e longitude  $-53.779778^\circ$ , dispostos conforme a Figura 2.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Protótipo:** O invólucro contendo os equipamentos do VANT foi acoplado a uma base modelada para ser fixada em um



Fonte: Google(2019).

**Figura 2.** Viveiros escavados de piscicultura de um produtor Rural da Cidade de Toledo – PR onde foram coletadas amostras para análise de temperatura da água



**Figura 3.** Módulo sensor de temperatura infravermelho acoplado a um VANT para medição de temperatura em viveiros escavados de piscicultura

Em cada viveiro foram obtidas oito amostras de temperatura, sendo quatro delas por meio do sistema proposto embarcado em um VANT a uma altitude de 3 metros da lâmina d'água para fins de padronização, e quatro por meio de um termômetro de mercúrio em contato com a água. Para comparação dos dados, primeiramente utilizou-se o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Após constatado a normalidade dos dados, utilizou-se a análise paramétrica linear de Pearson para verificar se houve diferença significativa entre as medições provindas dos dois tipos de sensores, considerando  $\alpha = 0,05$  em ambos os testes. Todos os testes estatísticos foram realizados por meio do ambiente R (R CORE TEAM, 2018) e pacote estatístico complementar “agricolae” (Mendiburu, 2017).

VANT da marca DJI modelo Phantom 4 Advanced, que foi utilizado para realizar os testes em campo. Apesar de ter sido projetada para este modelo específico de VANT, a base pode ser adaptada ou reprojeta facilmente para ser utilizada em outros modelos de VANTs. O invólucro dispõe de uma tampa fixada com dois parafusos, a qual contém uma lâmpada de sinalização, indicando quando o equipamento está ligado, um botão de contato momentâneo para ligar e desligar o sistema, e um orifício para conexão de um cabo micro USB para carregamento da bateria, cuja carga pode ser feita utilizando um carregador comum de telefone celular. Na extremidade inferior do invólucro, foi projetado um orifício para conexão da antena de transmissão dos dados, e um suporte para encaixe do sensor infravermelho, de modo que fique apontado para a água.

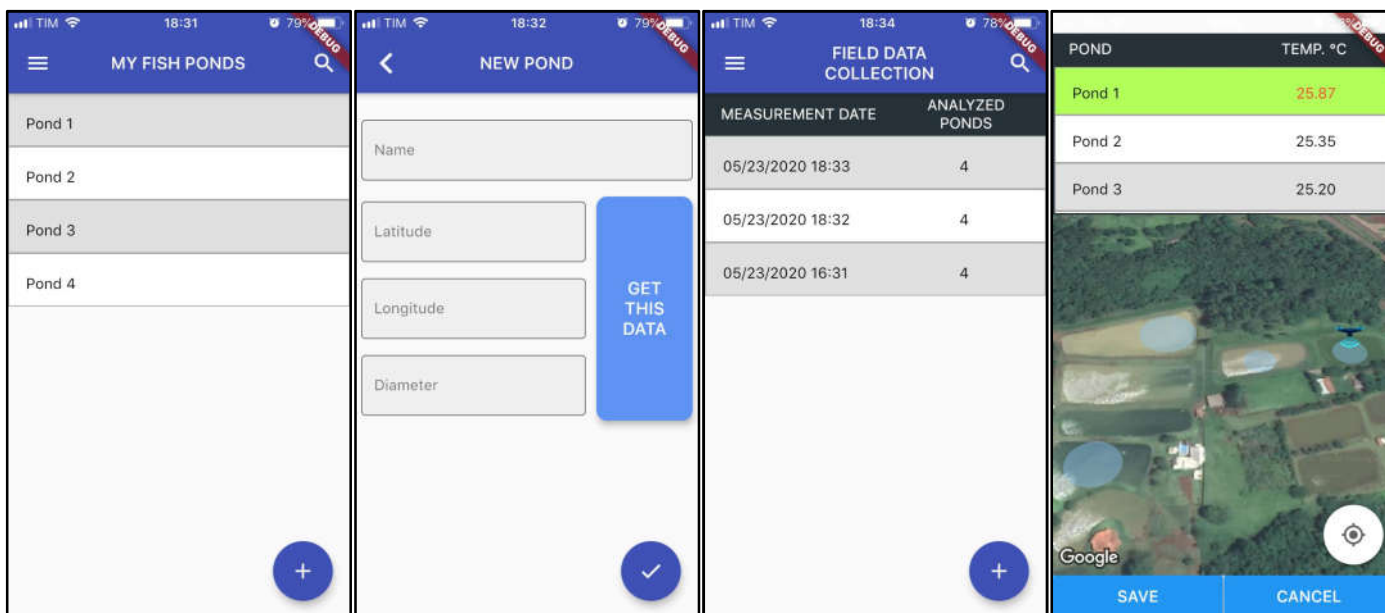


A fixação deste módulo foi projetada para que o peso do equipamento fique próximo ao centro de massa do VANT, de modo a não causar prejuízo na estabilidade do aparelho durante o voo. O segundo módulo também foi projetado para ser encaixado abaixo do controle remoto do drone utilizado nos testes, proporcionando assim uma característica anatômica de utilização. Ele conta com as mesmas características de montagem do módulo instalado no VANT, porém dispõe dos botões de controle na lateral.

usuário. Para tanto, foi desenvolvido um módulo de cadastro de viveiros produtivos a serem analisados, que conta com campos para o georreferenciamento de cada viveiro produtivo, e um módulo de coleta de dados em campo que detecta automaticamente o viveiro que está sendo sobrevoado através das coordenadas GPS fornecidas pelo microcontrolador instalado no VANT, dispondo os dados em um mapa disponibilizado pela Plataforma de Mapas da Google.



Figura 4. Módulo receptor de dados que se comunica com sensor de temperatura infravermelho acoplado a um VANT para medição de temperatura em viveiros escavados de piscicultura



Fonte do Mapa: Google (2020).

Figura 5. Layout dos módulos do aplicativo de coleta de dados desenvolvido para medição de temperatura em viveiros de piscicultura georreferenciados

Além de não atrapalhar o manuseio do VANT, o equipamento acoplado ao controle não requer interação do piloto durante o voo, apenas exige que o operador ligue o módulo antes da decolagem, e desligue o mesmo após o término do voo.

**Software:** O aplicativo desenvolvido teve como foco principal a facilidade de uso, onde os dados pudessem ser coletados em campo com o mínimo de interação possível por parte do

O recurso de georreferenciamento de viveiros possibilita, além de voos manuais, que as medições sejam feitas automaticamente por meio de um plano de voo pré-programado, onde o VANT faz o trajeto sem a interação do usuário, pousando ao final da rota no mesmo ponto de decolagem, o que, segundo Vivaldini et al. (2019), impacta significativamente na performance das medições em campo. O software desenvolvido é compatível com os sistemas

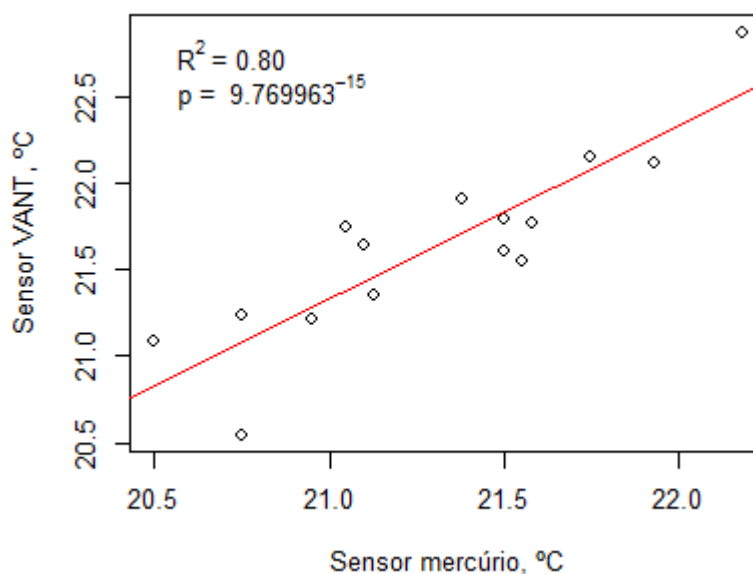
operacionais Android a partir da versão 4.1 e iOS a partir da versão 8. O banco de dados escolhido para armazenamento dos dados foi o SQLite, que é um banco de dados relacional muito utilizado em aplicações para dispositivos móveis por exigir um baixo poder computacional e ser de fácil utilização.

**Testes:** Após coletados os dados em campo, obteve-se a média de cada conjunto amostral, as quais estão dispostas na Tabela 1.

Neste quesito, o sensor infravermelho mostrou-se extremamente eficiente, não ocorrendo variações bruscas nas medições de temperatura durante o estágio de aproximação, manobra e afastamento do UAV na lâmina d'água, o que indica que o sistema possui flexibilidade para coleta de temperatura em diferentes altitudes, podendo ainda realizar as medições enquanto se movimentava sobre a água, facilitando muito a manobra do VANT durante as coletas. A utilização de um módulo microcontrolado ESP32 compacto e que dispõe de

**Tabela 1. Temperatura média da água de 15 viveiros produtivos de piscicultura coletados com 2 tipos de sensores diferentes para fins de comparação**

VIVEIRO	AMOSTRAS POR CONTATO °C	MÉDIA AMOSTRAS POR VANT °C	AMOSTRAS POR VANT °C	MÉDIA AMOSTRAS POR VANT °C
V1	21.50 - 21.50 - 21.50 - 21.50	21.50±0.00	21.59 - 21.55 - 21.63 - 21.63	21.60±0.04
V2	20.50 - 21.00 - 20.50 - 21.00	20.75±0.29	20.59 - 20.51 - 20.49 - 20.57	20.54±0.05
V3	21.00 - 21.00 - 22.00 - 21.50	20.75±0.29	21.15 - 21.27 - 21.29 - 21.21	21.23±0.06
V4	21.00 - 21.50 - 21.00 - 22.00	21.38 ± 0.48	21.83 - 21.75 - 22.01 - 22.03	21.91 ± 0.14
V5	21.50 - 21.20 - 21.50 - 22.00	21.55 ± 0.33	21.57 - 21.47 - 21.35 - 21.81	21.55 ± 0.20
V6	21.00 - 21.20 - 21.00 - 21.00	21.05 ± 0.10	21.59 - 21.69 - 21.87 - 21.81	21.74 ± 0.12
V7	21.00 - 21.20 - 21.00 - 21.30	21.13 ± 0.15	21.33 - 21.37 - 21.29 - 21.39	21.35 ± 0.04
V8	21.00 - 20.80 - 21.00 - 21.00	20.95 ± 0.10	21.17 - 21.19 - 21.25 - 21.21	21.21 ± 0.03
V9	21.50 - 22.00 - 21.50 - 22.00	21.75 ± 0.29	22.19 - 22.11 - 22.07 - 22.23	22.15 ± 0.07
V10	21.50 - 22.00 - 22.00 - 22.20	21.93 ± 0.30	22.13 - 22.11 - 22.07 - 22.13	22.11 ± 0.03
V11	21.00 - 21.20 - 21.00 - 21.20	21.10 ± 0.12	21.61 - 21.75 - 21.63 - 21.55	21.64 ± 0.08
V12	20.50 - 20.70 - 20.50 - 20.30	20.50 ± 0.16	21.03 - 21.13 - 21.11 - 21.09	21.09 ± 0.04
V13	22.50 - 22.20 - 22.00 - 22.00	22.18 ± 0.24	22.99 - 22.95 - 22.73 - 22.81	22.87 ± 0.12
V14	21.20 - 21.50 - 21.80 - 21.50	21.50 ± 0.24	21.81 - 21.71 - 21.77 - 21.85	21.79 ± 0.06
V15	21.50 - 22.00 - 21.50 - 21.30	21.58 ± 0.30	21.57 - 21.77 - 21.87 - 21.87	21.77 ± 0.14



**Figura 6. Gráfico de dispersão das médias amostrais de temperatura da água de viveiros escavados de piscicultura obtidos por meio de dois sensores de temperatura diferentes**

O resultado do teste de Shapiro-Wilk apontou que os dados seguiam uma distribuição normal ( $p = 0,78$ ), cuja relação entre as médias pode ser observada no gráfico de dispersão da Figura 6. O teste de correlação de Pearson revelou uma forte correlação positiva ( $r = 0.80$ ,  $n = 60$ ,  $p = 9.769963 \cdot 10^{-15}$ ) entre os dados medidos pelos 2 sensores, o que indica que o sensor infravermelho é eficiente, mesmo sendo utilizado em um dispositivo em movimento. Durante a coleta das amostras, o sensor infravermelho utilizado mostrou não sofrer interferência do ângulo de medição, tal qual ocorreu no experimento de Shen et al. (2017) que utilizou um sensor a laser para batimetria de lagos, onde o ponto focal do laser na água sofreu interferências devido ao ângulo de inclinação do drone, por este se basear na refração do laser na água.

módulo de GPS embarcado na mesma placa se mostrou vantajoso em relação a projetos que utilizam a plataforma padrão Arduino, onde se faz necessário conectar diversas placas a fim de atingir um determinado objetivo, o que no caso deste projeto aumentaria o volume e o peso do equipamento embarcado no VANT. As placas com base no ESP32 também possuem a vantagem de vir com uma antena de Wi-Fi embutida, o que facilita projetos que requerem conectividade. Graças ao sensor GPS embarcado foi possível o desenvolvimento do recurso de georreferenciamento desenvolvido no aplicativo, o qual se mostrou fundamental para agilizar o processo de captura dos dados, pois desta forma o operador necessita apenas interagir com o aplicativo uma vez antes da decolagem, iniciando uma nova coleta de campo, e

outra após o pouso, salvando os dados coletados no banco de dados através do click de um botão. Sendo assim, durante o voo, o operador não precisa soltar os controles do VANT para operar o aplicativo, aumentando a segurança na operação do equipamento, e economizando tempo durante o processo de medição.

Este funcionamento foi observado durante a realização dos testes. Tendo em vista que o sistema proposto possui um mecanismo de coleta e armazenamento de dados de qualidade da água importantes para a gestão das atividades em piscicultura, como o fornecimento de alimento aos peixes, este mostrou ter potencial de ser integrado futuramente a sistemas de alimentação automatizados comandados remotamente, como o de Imai et al. (2019), que desenvolveu um mecanismo de controle de alimentadores por meio de smartphones onde é possível ligar e desligar remotamente um alimentador com base na observação do comportamento dos peixes na água. O sistema também mostrou ter uma vantagem econômica em relação a soluções de monitoramento com boias ou veículos aquáticos que utilizam sensores de contato com a água. Apesar destes sistemas transmitirem seus dados em tempo real a longas distâncias, como o sistema proposto por Souza et al. (2019), estes ainda necessitam que haja um ou mais dispositivos de coleta de dados dispostos em cada ambiente a qual se deseja monitorar, o que aumenta o custo de implantação destas soluções, sendo mais vantajoso o sensoriamento de diversos ambientes por um único VANT. O sistema proposto também apresenta uma vantagem de não precisar realizar a coleta de uma amostra de água para posteriormente realizar as medições, tal qual o sistema proposto por Kimura et al. (2019) para análise de algas. Sendo assim, o módulo instalado no VANT é muito mais simples, e a solução se mostrou superior pela agilidade e rapidez em relação às medições feitas de forma manual.

## Conclusão

O protótipo foi desenvolvido utilizando-se de componentes de baixo custo para permitir que seja um produto compatível para uso por produtores com menor poder aquisitivo. Apesar do baixo custo, o sensor escolhido mostrou um alto custo-benefício. Para fins de padronização das análises, os dados foram coletados a uma altitude de voo fixa, porém durante os testes percebeu-se que o sensor apresentou capacidade de medição em diferentes altitudes, podendo chegar até dez metros da lâmina d'água. Os testes também revelaram que não houve interferência nas medições causadas pelo deslocamento de ar das hélices e vibrações do VANT, o que mostra que não são necessários cuidados específicos de voo ao realizar a coleta dos dados. O aplicativo desenvolvido mostrou-se eficaz para rápida coleta da temperatura da água em viveiros de piscicultura, sendo uma solução muito mais ágil comparado as rotinas de coleta e anotação de dados feita manualmente, visto que nem requer interação do usuário durante o processo de coleta, graças ao sistema de georreferenciamento de tanques. O aplicativo também mostrou ter grande potencial de expansão futura para um sistema completo de gestão de piscicultura, devido a relação entre qualidade da água e manejo produtivo. Da maneira como o aplicativo foi desenvolvido, há a possibilidade de os dados do aplicativo serem direcionados para um banco de dados central à medida que forem sendo coletados, para realizar análises estatísticas e extração de características e padrões que visem contribuir para o manejo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- Alcantara EH (2011). Time series analysis of water surface temperature and heat flux components in the Itumbiara Reservoir (GO), Brazil. *Acta Limnol. Bras.*, Rio Claro. 23(3):245-259.
- Chen Y, Zhen Z, Yu H, Xu J (2017) Application of fault tree analysis and fuzzy neural networks to fault diagnosis in the Internet of Things (IoT) for aquaculture. *Sensors* 17(1):153.
- Coldebella A, Gentelini AL, Piana PA, Coldebella PF, Boscolo WR, Feiden A (2018). Effluents from Fish Farming Ponds: A View from the Perspective of Its Main Components. *Sustainability*. 10(1):3.
- Glass CE (2013). Chapter 11 - The Thermal Infrared. Elsevier.
- GOOGLE (2019). Mapa de localização de viveiros escavados de piscicultura na cidade de Toledo - PR. Obtida em 14 de julho de 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-24.6964571,-53.7800911,323m/data=!3m1!1e3>>.
- GOOGLE (2020). APIs de geolocalização. Disponível em: <<https://cloud.google.com/maps-platform/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.
- Imai T, Arai KT, Kobayashi T. (2019). Smart Aquaculture System: A Remote Feeding System with Smartphones. 2019 IEEE 23rd International Symposium on Consumer Technologies (ISCT), Ancona, Italy. 93-96
- Kimura F, Morinaga A, Fukushima M, Ishiguro T, Sato Y, Sakaguchi A, Kawashita T, Yamamoto I, Kobayashi T (2019). Early Detection System of Harmful Algal Bloom Using Drones and Water Sample Image Recognition. *Sensors and Materials*. 31. 4155. 10.18494/SAM.2019.2417.
- Lindblom J, Lundström C, Ljung M, Jonsson A (2016) Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. *Precis Agric*. 18(3):309–331.
- Ling G (2017). Precision Farming Increases Crop Yields. Blake Bextine.
- MELEXIS TECHNOLOGIES NV (2020). MLX90614 Datasheet. Disponível em: <<https://br.mouser.com/ProductDetail/Melexis/MLX90614ESF-DCI-000-TU?qs=KuGPmAKtFKXYpWHB8NwOZw%3D%3D>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- Mendiburu F. (2017). *agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-8. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>>. Acesso em 17 jul. 2020.
- Mota RPB, Batista D (2013). Um mecanismo para garantia de qos na “internet das coisas” com rfid. In: *Proceedings of the SBRC2013 (Brazilian Symposium on Computer Networks and Distributed Systems)*. Brasília: SBRC. 297–310.
- Qiang, J, Wang H, Kpundeh MD, He J, Xu, P (2013). Effect of water temperature, salinity, and their interaction on growth, plasma osmolality, and gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity in juvenile GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Thermal Biology*. 38(6):331-338.
- R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 09 jul. 2020.
- Ravalli A, Rossi C, Marrazza G (2017). Bio-inspired fish robot based on chemical sensors. *Sensors Actuators B Chem*. 239:325–329.

- Santos EL, Santos IVVS, Lira RC, Silva CF, Moura SCS, Ferreira AJS, Silva RM (2014). Frequência de arraçoamento para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Agropecuária Técnica*. 35(1):171-177.
- Shen K, Lu H, Baig S, Jiang G, McManus J, Wang M (2017). Laser-based water depth measurement system deployed via unmanned aerial vehicle. *Journal of Applied Remote Sensing*. 11. 032409. 10.1117/1.JRS.11.032409.
- Sousa D, Hernandez D, Oliveira F, Luís M, Sargento S (2019). A Platform of Unmanned Surface Vehicle Swarms for Real Time Monitoring in Aquaculture Environments. *Sensors* 2019. 19. 4695. 10.3390/s19214695.
- Vivaldini KCT, Martinelli TH, Guizilini VC (2019). UAV route planning for active disease classification. *Auton Robot*. 43:1137–1153.
- Zhang Y, Hua J, Wang YB (2013). Application effect of aquaculture IOT system. In *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publications. 303: 1395-1401.

\*\*\*\*\*