

## SISTEMA DE MONITORAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA GALPÕES AVÍCOLAS DE PEQUENO PORTE UTILIZANDO IoT<sup>1</sup>

Carlos Renato Borges dos Santos<sup>2</sup>  
Eleyde Pereira Carvalho Borges

### RESUMO

Este artigo descreve a operação de um sistema de monitoramento remoto de baixo custo para pequenos produtores de aviários, que permite a inserção e a popularização desse segmento produtivo à IoT (internet das coisas). O sistema testado utiliza, além da internet, o rádio LoRa (*Long Range*), que permite a comunicação em distâncias da ordem de quilômetros. Nesse experimento foram monitoradas a temperatura e a umidade, mas com a possibilidade de instalação de sensores adicionais. Os dados coletados podem ser visualizados localmente, por meio de display, bem como na sede, também via display, e remotamente pela internet, acessando dados em qualquer lugar do planeta.

**Palavras-chave:** Baixo custo. Controle. ESP32. Microcontroladores. LoRa.

## LOW COST MONITORING SYSTEM FOR SMALL CHICKEN HOUSES USING IoT

### ABSTRACT

This article describes the operation of a low cost remote monitoring system for small poultry producers, which allows the popularization and insertion of this productive segment to the IoT (internet of things). The tested system uses, in addition to the internet, the LoRa radio (*Long Range*) which allows communication over distances of the order of kilometers. In this experiment, temperature and humidity were monitored, but with the possibility of installing additional sensors. The collected data can be viewed locally, via display, as well as at the headquarters, also via display, and remotely over the internet, accessing data from anywhere on the planet.

**Keywords:** Control. ESP32. LoRa. Low-cost. Microcontrollers. Shed.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção aviária de pequeno porte exige tecnologias que demandam custos acima da capacidade orçamentária, o que dificulta a maximização da lucratividade dessa categoria

<sup>1</sup> **Como citar este artigo:** SANTOS, C. R. B. dos; BORGES, E. P. C. Sistema de monitoramento de baixo custo para galpões avícolas de pequeno porte utilizando IoT. *ForScience*, Formiga, v. 10, n. 1, e01116, jan./jun. 2022. DOI: [10.29069/forscience.2022v10n1.e01116](https://doi.org/10.29069/forscience.2022v10n1.e01116).

<sup>2</sup> **Autor para correspondência:** Carlos Renato Borges dos Santos, e-mail: [santoscrb@gmail.com](mailto:santoscrb@gmail.com).

de produtores. A utilização de tecnologias de baixo custo possibilita a democratização de soluções que permitam o monitoramento e controle de parâmetros de criações de aviários de pequeno porte. Seguindo este raciocínio, neste trabalho é mostrada uma proposta de circuito microcontrolado, de baixo custo, que permite o monitoramento e o controle de parâmetros de um aviário de pequeno porte.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeras pesquisas visam o estudo sobre conforto térmico e desempenho das aves em ambientes propícios ao seu desenvolvimento. Estudos como o de Furtado *et al.* (2006), Furtado, Azevedo e Tinôco (2003) além de outros mostram como os parâmetros temperatura e umidade podem influenciar nas aves.

Segundo Tinôco (2001), dentre os fatores ambientais, os fatores térmicos, representados por temperatura do ar, umidade, radiação térmica e movimentação do ar são aqueles que afetam mais diretamente a ave, uma vez que comprometem sua função vital mais importante: a manutenção da própria homeotermia.

Com enfoque em modelos reduzidos de galpões agrícolas, o trabalho de Souza *et al.* (2018) apresentou resultados sobre temperatura e umidade de diversos modelos de coberturas de galpões avícolas, em escala reduzida. Para coletar os dados, utilizou o Arduino e o DHT22, que é um sensor de temperatura e de umidade.

Numa revisão sobre estudos sobre conforto térmico em galpões avícolas, Brito Neto *et al.* (2020) destaca que se deve realizar uma associação entre materiais utilizados e o conhecimento climatológico da região.

O trabalho de Oliveira (2015) abrange importantes tópicos a respeito de sensoriamento por transmissores sem fio aplicado à ambiência de aviários utilizando o ZigBee, permitindo a criação de complexas redes de sensores sem fio. Entretanto, o custo de um módulo Xbee, quando comparado ao ESP32 LoRa, inviabiliza sua aplicação em automação de baixo custo.

Para a transmissão de dados de sensores, o rádio LoRa é o mais indicado para a aplicação proposta, uma vez que é de baixo consumo, alcance na ordem de quilômetros, imune a interferências e baixo custo (BERTOLETI, 2019).

LoRa é um esquema de modulação por espalhamento espectral, derivado do *Chirp Spread Spectrum modulation* (CSS) (SEMTECH, 2015).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em junho de 2020, na região rural de Goiânia/GO, com uma quantidade inicial de 70 pintainhos, colocados em uma gaiola e alimentados com ração para a fase inicial. O aviário utilizado possui 4 baias de 3 x 6 metros cada. A distância entre o aviário e a sede é de 60 metros, aproximadamente.

O trabalho consistiu em criar uma topologia de circuitos eletrônicos capazes de transmitir dados de temperatura e de umidade, parâmetros considerados importantes para maximizar o desenvolvimento sadio das aves. A maior preocupação deste projeto concentrou-se em desenvolver um sistema de baixo custo, de forma a ser utilizado prioritariamente em produtores rurais de pequeno porte.

Nessa proposta, foram utilizados dois ESP32 LoRa, que são microcontroladores de baixo custo, com rádio LoRa, Wi-Fi e OLED (*organic light-emitting diode*). Foi realizada a medição de temperatura por meio do sensor DS18B20.

Para maximizar as possibilidades de aplicações com as placas ESP32 LoRa e ESP32, foram realizadas duas configurações. A primeira consiste na utilização de apenas dois ESP32 LoRa e um sensor de temperatura, como visto na Figura 1.

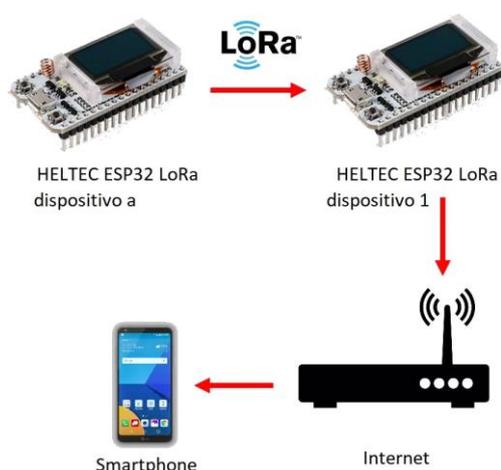


Figura 1 – Configuração 1: uma única estação de medição

A segunda configuração, vista na Figura 2, consistiu em adicionar 3 placas com ESP32 sem o rádio LoRa, comunicando-se por meio do Wi-Fi ao ESP32 LoRa, e este permite a comunicação e o envio dos dados de cada ESP32 à internet por meio de um *link* com rádios LoRa. A conexão entre os ESP32 ao ESP32 LoRa é realizada por meio de um protocolo conhecido por ESP-NOW, que utiliza o Wi-Fi das placas.

Para a medição de temperatura e umidade foram utilizados 3 tipos de sensores: o DS18B20, o DHT11 e o HTU21D, mostrados na Figura 3 e descritos a seguir.

- **Sensor DS18B20**

O sensor de temperatura DS18B20 pode ser visto na Figura 3a. Esse sensor é à prova d'água e leitura digital, eliminando erros por ruídos analógicos. As características mais importantes do sensor de temperatura ds18B20 são descritas a seguir (DALLAS SEMICONDUCTOR, 1990).

- Tensão de operação: 3 a 5,5 V;
- Faixa de medição de temperatura:  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ ;

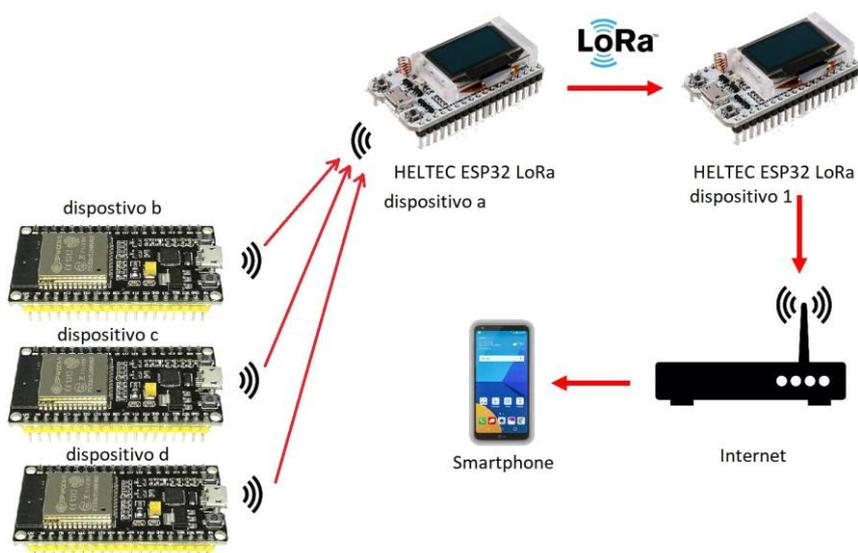


Figura 2 – Configuração 2: de 2 a 4 estações de medição

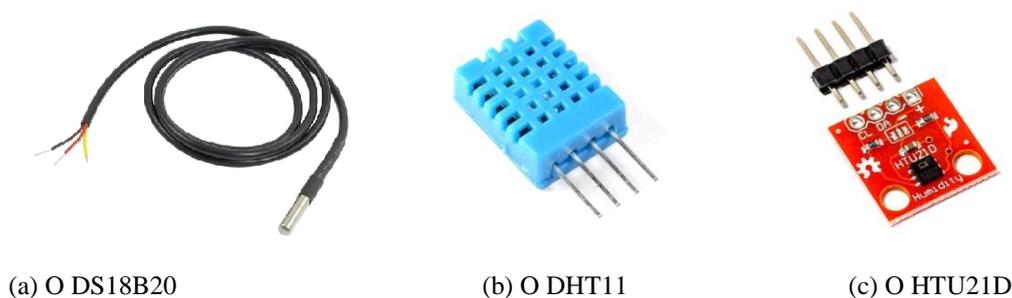


Figura 3 – Sensores empregados no experimento

- Precisão:  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+85^{\circ}\text{C}$ ;
- Ponta de aço inoxidável (6 x 50 mm), com cabo de 108 cm de comprimento.

Esse sensor utiliza o protocolo *1 Wire*, que utiliza apenas 1 fio para a comunicação, necessitando-se, portanto, de apenas 1 pino do ESP32 para a realização da leitura da temperatura.

- **Sensor DHT11**

O DHT11 pode ser visto na Figura 3b. Este sensor mede umidade e temperatura de baixo custo, que utiliza apenas um pino para comunicação. Pode medir umidades de 20 a 90%, com precisão de 5%, e temperaturas de 0 a 50 °C, com precisão de 2 °C (D-ROBOTICS, 2010). Por ser de baixo custo e possuir pouca precisão, é utilizado para complementar informações oriundas dos demais sensores, criando redundâncias.

- **Sensor HTU21D**

O HTU21D pode ser visto na Figura 3c. Este sensor mede umidade e temperatura, cujas faixas são, respectivamente, de 0 a 100 % e de -40 a 125 °C, com precisão de 0,3 °C (SOLUTIONS, 2015). Comunica-se por I2C, o que possibilita sua instalação no ESP32, mas a dificulta no ESP32 LoRa, uma vez que o canal I2C do ESP32 LoRa é ocupado pelo display.

- **ESP32 LoRa**

O ESP32 LoRa trata-se de uma placa com o microcontrolador ESP32 adicionado a um rádio LoRa e a um OLED, permitindo que dados sejam apresentados por meio do display e enviados à distância por meio do rádio. O ESP32 LoRa, da empresa Heltec, pode ser visto na Figura 4a.



(a) O ESP32 LoRa



(b) O ESP32

Figura 4 – Os modelos de microcontroladores utilizados

Como visto na Figura 1, o *dispositivo a* recebe os dados dos sensores **DS18B20** e **DHT11**, enviando-os por meio do rádio **LoRa** ao *dispositivo 1*. Este, por meio do Wi-Fi, conecta-se à internet, enviando os dados a um servidor web. Utilizou-se o protocolo MQTT, que é um dos mais indicados para dispositivos embarcados, por exigir pouco poder de processamento.

A utilização do ESP32 faz-se conveniente por ser *dual core*, permitindo o escalonamento de tarefas em núcleos diferentes. A placa possui, ainda, as seguintes características:

- Wi-Fi;
- Bluetooth;
- BLE (bluetooth low energy);
- Rádio LoRa;
- Display OLED;
- 32 bits.

A existência do OLED permite que os dados sejam visualizados em tempo real, permitindo ao produtor rural ler os dados no local ou mesmo na sede.

- **ESP32**

O ESP32 é um chip largamente utilizado em projetos de eletrônica que envolvam um processamento maior do que o Arduino. Entre seus periféricos podem ser encontrados Wi-Fi, Bluetooth e I2C (SANTOS, 2021b).

Para a permissão da conexão de mais de um ponto de medição foram utilizados três ESP32 devKit, sendo eles conectados via ESP-NOW, que é um protocolo desenvolvido pela empresa *Espressif*, por meio do módulo Wi-Fi de cada dispositivo. Logo, o ESP32 LoRa age como um *gateway*, enviando os seus dados e os dos ESP32 adjacentes. O ESP32 dev Kit pode ser visto na Figura 4b.

Como visto na Figura 2, os dispositivos *b*, *c* e *d* conectam-se ao *dispositivo a* por conexão ESP-NOW.

- **Arduino IDE**

O Arduino IDE é uma interface de desenvolvimento de código aberto, o que permite a instalação de outras placas, como o ESP32 e ESP32 LoRa. Dessa forma, o ambiente de desenvolvimento, que é largamente empregado por desenvolvedores de protótipos

microcontrolados, pode ser utilizado por outras plataformas mais complexas, como os microcontroladores de 32 bits (SANTOS, 2021a; SANTOS, 2021b).

O Arduino IDE pode ser visto na Figura 5.

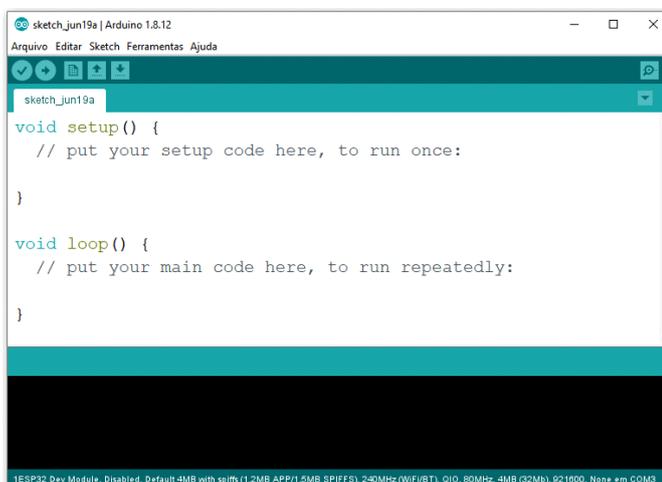


Figura 5 – O Arduino IDE

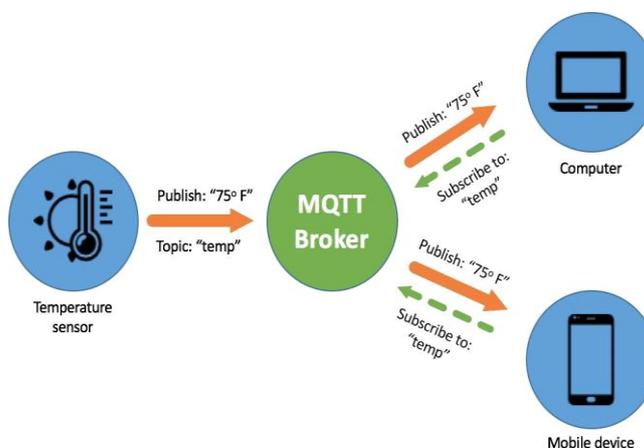


Figura 6 – O protocolo MQTT

- **O dashboard**

Existem diversos sites que funcionam como uma plataforma (ou *broker*) MQTT com uma interface em que os dados podem ser visualizados, como visto na Figura 6.

O site escolhido para o experimento foi o <io.adafruit.com>, por ser gratuito e de fácil desenvolvimento, bastando conhecer os conceitos básicos sobre esse protocolo, tais como *publisher*, *subscriber* e *broker*.

## 4 RESULTADOS

Os resultados que são apresentados foram divididos em duas etapas. A primeira consistiu na medição de temperatura ao longo de vários dias. Por fim, na segunda etapa, consistiu no controle manual da temperatura por meio de uma lâmpada incandescente, apenas para verificar a viabilidade de estudos sobre o controle da temperatura em aviários de pequeno porte.

- **Etapa 1**

O *dispositivo b*, mostrado na Figura 7, lê dados de temperatura do sensor DS18B20 e dados de umidade e de temperatura do HTU21D, enviando esses dados ao *dispositivo a*, mostrado na Figura 8, cujo display mostra os dados dos dois dispositivos. O algoritmo desenvolvido permite a inserção de pelo menos mais 2 outros dispositivos.

O *dispositivo 1*, mostrado na Figura 9, apresenta em sua tela os dados recebidos do *dispositivo a*. Na Configuração 2 (visto na Figura 2), ele também recebe os dados oriundos de outros ESP32, enviando os dados à sede. Todos os dados são enviados ao *dashboard*, para serem armazenados e apresentados em gráficos.

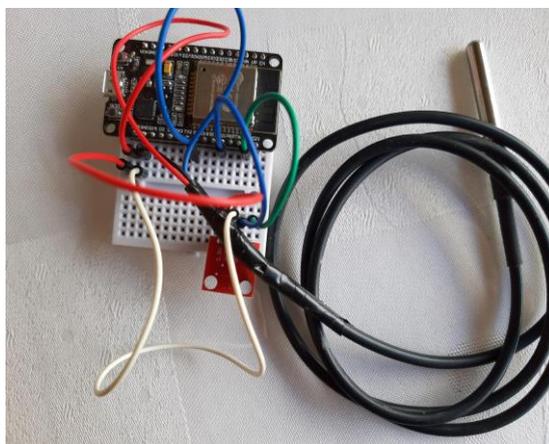


Figura 7 – *Dispositivo b*, utilizado no local da medição de temperatura e umidade



Figura 8 – *Dispositivo a*, utilizado no local da medição de temperatura e umidade



Figura 9 – Dispositivo *central*, utilizado para receber os dados e conectar-se à internet

O *dashboard* utilizado permite o armazenamento dos dados em formato gráfico com as opções de horas, dias ou semanas. Os dados foram obtidos entre os dias 15 e 20 de julho de 2020, sendo, portanto, dias frios e secos no estado de Goiás.

A Figura 10 apresenta os dados de temperatura do DHT11. Por ter uma resolução de apenas 1 grau Celsius, nota-se variações bruscas na temperatura. Para novos estudos, orienta-se a utilização do DHT22 que, embora de custo mais elevado, permite maior resolução, permitindo que o sistema seja mais preciso, o que pode resultar num melhor conforto térmico para os animais e aumentando a produtividade.

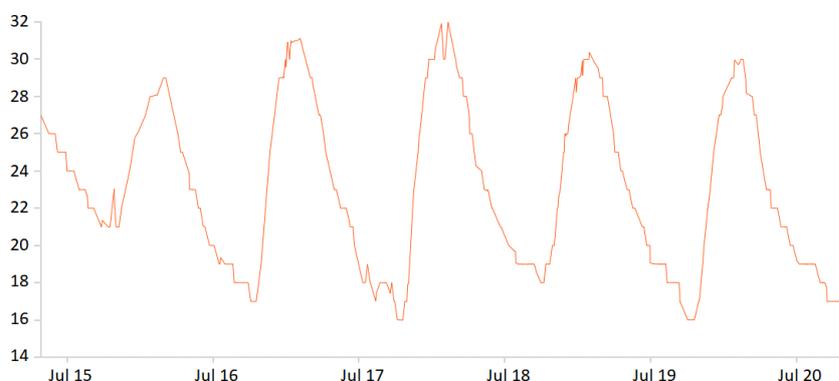


Figura 10 – Temperatura, *dispositivo a*, DHT11

A Figura 11 apresenta os dados de temperatura do sensor DS18B20 do *dispositivo a*. Com relação à Figura 10, nota-se uma variação mais suave, em razão da resolução maior do sensor, o que reforça que o DHT11 deve ser substituído por outro sensor de maior resolução. A obtenção de dois pontos de temperatura pode servir para dois propósitos: medir locais até 2 metros do dispositivo e redundância, verificando o correto funcionamento do dispositivo.

A Figura 12 mostra os dados de umidade do DHT11 do *dispositivo a*. Os valores zerados no início do experimento deram-se em razão de uma demora em ajustar o servidor MQTT para receber os dados corretamente, sendo um problema percebido ainda em tempo

para o validar o experimento. O surto no início do experimento foi provocado manualmente para certificação do funcionamento do sensor.

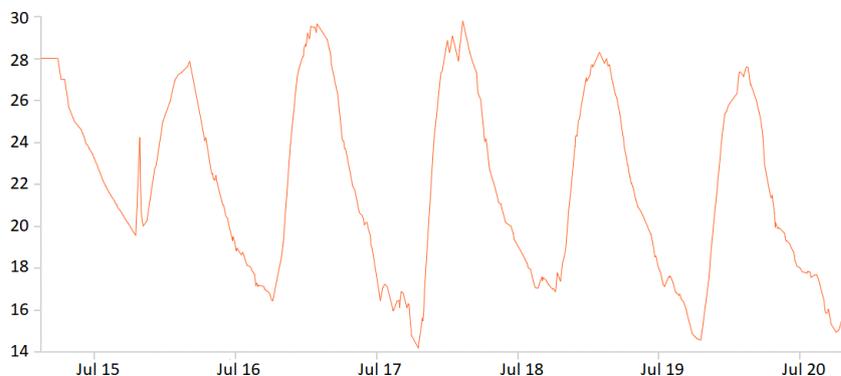


Figura 11 – Temperatura, *dispositivo a*, DS18B20

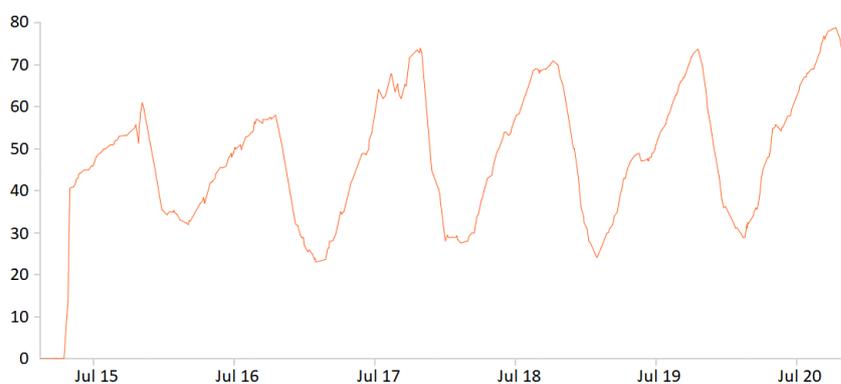


Figura 12 – Umidade, *dispositivo a*, DHT11

A Figura 13 apresenta os dados de temperatura do sensor HTU21D do *dispositivo b*.

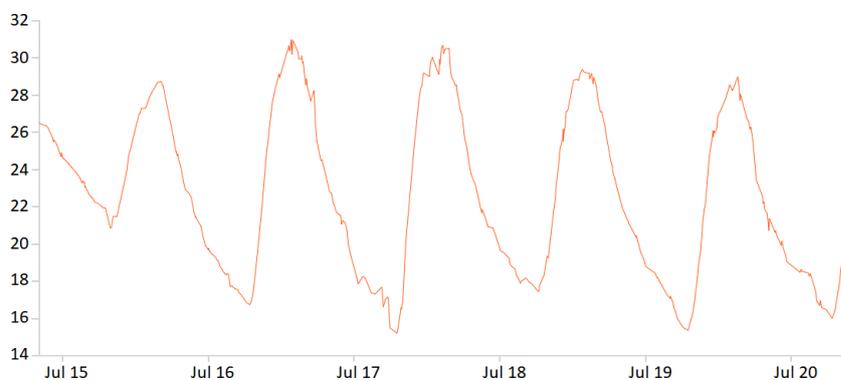


Figura 13 – Temperatura, *dispositivo b*, sensor HTU21D

A Figura 14 mostra os dados do sensor DS18B20 do *dispositivo b*. O primeiro dado corresponde a um erro de comunicação do sensor, que ocorre normalmente em sua primeira leitura. Essa leitura pode ser descartada por *software*.

A Figura 15 mostra os dados de umidade do sensor HTU21D, do *dispositivo b*. O surto de umidade no início da curva foi provocado manualmente para verificar o funcionamento do sensor.

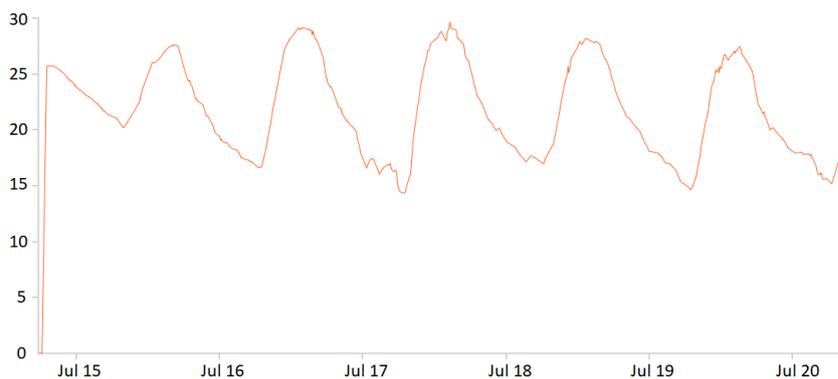


Figura 14 – Temperatura, *dispositivo b*, sensor DS18B20

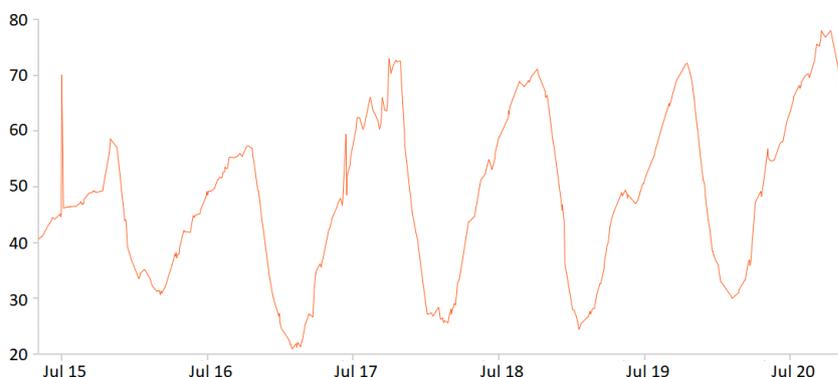


Figura 15 – Umidade, *dispositivo b*, sensor HTU21D

- **Etapa 2**

No final do período de medição, no dia 22 de julho, foi realizado um procedimento complementar para verificar o comportamento da temperatura em função de um controle manual da lâmpada, utilizada para aquecer os pintainhos, uma vez que os gráficos apresentados até esta parte da pesquisa apresentaram grandes variações de temperatura.

Nesta segunda etapa do projeto, o controle foi manual, do tipo liga-desliga da lâmpada, apenas observando o comportamento da temperatura, medida pelo sistema proposto. Na Figura 16 podem ser vistos a lâmpada de aquecimento e o sensor de temperatura (à direita).

Ao utilizar tal procedimento, pôde-se evitar grandes variações de temperatura, mantendo o local acima de 25 °C e abaixo de 35 °C. Por outro lado, o acionamento do tipo liga-desliga provoca uma variação após o chaveamento, com visto na Figura 17, pois, ao desligar a lâmpada, nota-se uma queda brusca na temperatura. Ao ligá-la, nota-se um súbito aumento da temperatura. Esta etapa mostrou que o controle da temperatura deve ser utilizado por algum dispositivo dimerizado, para que a potência da lâmpada possa variar de forma a reduzir essas grandes variações de temperatura.



Figura 16 – Lâmpada de aquecimento e sensor de temperatura DS18B20, dispositivo 2

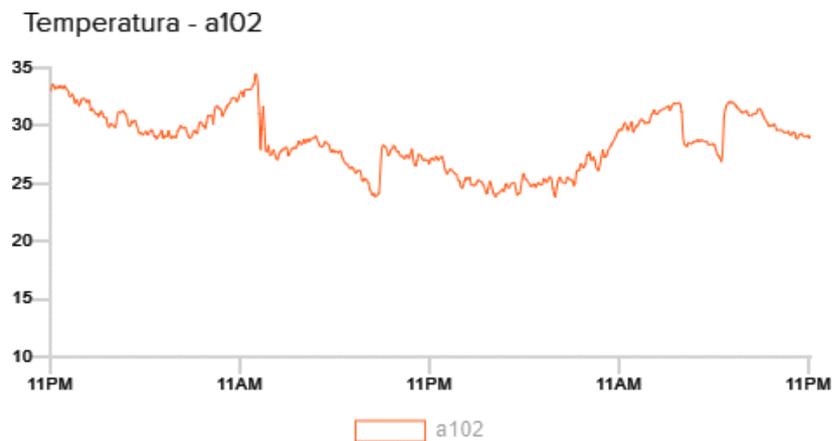


Figura 17 – Controle manual de temperatura, do tipo liga-desliga

No experimento realizado, notou-se grandes variações de temperatura e de umidade. Essas mudanças são inerentes no período e local do experimento, uma vez que consiste no inverno da região centro-oeste. Logo, verifica-se que houve desconforto térmico, o que

implica redução de produtividade. Em vista desses resultados, percebe-se a necessidade de realizar novos estudos que possam reduzir tais variações.

Ao ligar e desligar lâmpadas, houve bruscas variações de temperatura, diminuindo o conforto térmico dos animais. Essas variações indicam a necessidade da estabilização da temperatura e da umidade, que podem ser obtidas por meio da dimerização das lâmpadas e aplicação de ventiladores com água.

Além do controle da temperatura e da umidade, pode-se obter um conforto de luminosidade, uma vez que mudanças do tipo liga-desliga provoca uma reação de surpresa aos aviários, como foi constatado neste experimento. Logo, essa metodologia não se mostrou efetiva.

O sistema apresentado, apesar de ainda apenas realizar o monitoramento de sensores, pode realizar o controle remotamente, haja vista que tanto o rádio LoRa quanto o Wi-Fi são sistemas do tipo *duplex*, ou seja, permite o envio e o recebimento de dados. Dessa forma, ajuste dos parâmetros de umidade e temperatura podem ser realizados remotamente, em função da idade dos pintainhos. Quanto à IoT (*Internet of things*), percebeu-se várias quedas de conexão com a internet. Esse fato mostra que o controle de temperatura, umidade e outros parâmetros devem ser realizados pelos circuitos eletrônicos locais, ou seja, por meio de um ou mais ESP32.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de temperatura e de umidade foram enviados por rádio do aviário à sede. Além disso, os mesmos dados foram enviados à internet utilizando-se o protocolo MQTT. Esses dados podem ser acessados por um computador ou *smartphone*. Embora não tenha sido implementado neste experimento, pode-se controlar a temperatura por meio de cortinas automáticas ou pela dimerização da lâmpada, evitando-se grandes variações de temperatura.

Por serem dispositivos que transmitem dados sem fio, há a possibilidade de que os dados não cheguem à sede. Ademais, caso haja queda de internet, os dados não chegarão ao servidor. Esses são problemas reconhecidos e percebidos ao longo dos testes, mas que ainda precisam de outros estudos para aperfeiçoar novos experimentos.

## REFERÊNCIAS

BERTOLETI, P. **Projetos com ESP32 e LoRa**. AgBook - Clube de Autores, 2019.

D-ROBOTICS. **DHT11 Humidity and Temperature Sensor**. [s.l.], 2010. Disponível em: <https://www.circuitbasics.com/wp-content/uploads/2015/11/DHT11-Datasheet.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022.

DALLAS SEMICONDUCTOR. **Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer**. [s.l.], 1990. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2020.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V. d.; TINÔCO, I. d. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 559–564, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300025>. Acesso em: 9 ago 2022.

FURTADO, D. A. *et al.* Efeitos de diferentes sistemas de condicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 484–489, 2006.

BRITO, A. N. dos S. L. de; LOPES NETO, J. P.; FURTADO, D. A.; MASCARENHAS, N. M. H.; OLIVEIRA, A. G. de; GREGÓRIO, M. G.; DORNELAS, K. C.; LAURENTINO, L. G. de S.; RODRIGUES, H. C. S. Desempenho térmico de galpões avícolas para frango de corte: revisão sobre os diferentes tipos de coberturas. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e474997608, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7608. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7608>. Acesso em: 9 ago. 2022.

OLIVEIRA, M. E. d. **Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio**. 2016. 58 p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Inovação na Indústria Animal) - Universidade de São Paulo, 2015.

SANTOS, C. R. B. dos. **Fundamentos de projetos eletrônicos envolvendo o Arduino: teoria digital**. São Paulo: Ciência Moderna, 2021. ISBN 9786558420309.

SANTOS, C. R. B. dos. **Fundamentos de projetos eletrônicos envolvendo o ESP32 e ESP32 LoRa: utilizando o arduino IDE**. São Paulo: Ciência Moderna, 2021. ISBN 9786558420927.

SEMTECH. **AN1200.22 LoRa Modulation Basics**. [s.l.], 2015. Disponível em: [www.semtech.com](http://www.semtech.com). Acesso em: 8 ago. 2022.

SOLUTIONS, S. **HTU21D(F) RH/T Sensor IC Digital relative humidity sensor with temperature output**. [s.l.], 2015. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/880699/TEC/HTU21D.html>. Acesso em: 9 ago. 2022.

SOUZA, I. J. de *et al.* Análise do conforto térmico em modelos reduzidos de galpões agrícola. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, 2018. DOI:10.5902/2179460X35512. Acesso em: 8 ago. 2022.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 01 – 26, 01 2001. ISSN 1516-635X. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-635X2001000100001&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2001000100001&nrm=iso). Acesso em: 9 ago. 2022.

#### **DADOS DOS AUTORES:**

##### **Carlos Renato Borges dos Santos**

**E-mail:** [santoscrb@gmail.com](mailto:santoscrb@gmail.com)

**Curriculum Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/4669261214745681>

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, com doutorado-sanduíche pela Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás e graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás.). Atualmente é professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, na área de Eletrônica Analógica, Digital, Potência e de Microcontroladores.

##### **Eleyde Pereira Carvalho Borges**

**E-mail:** [eleydinha@gmail.com](mailto:eleydinha@gmail.com)

**Curriculum Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3656522724298197>

Especialização em Logística Empresarial (Ênfase em Operações Logísticas) pela Faculdade de Tecnologia SENAI de Desenvolvimento Gerencial de Goiás e graduação em Administração de Empresas (Habilitação em Agronegócios) pela Universidade Católica de Goiás.