

## 15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

### DISPOSITIVO INTELIGENTE PARA ARMADILHA DA PRAGA BROCA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

OLAVO LAMPA COSTA<sup>1</sup>, RODRIGO PALUCCI PANTONI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista FAPESP, IFSP, Câmpus Sertãozinho, olavo-lampa@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente e Orientador do Projeto FAPESP, IFSP, Câmpus Sertãozinho, rpantoni@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.04.04-5 Teleinformática

**RESUMO:** Nos últimos anos, a evolução tecnológica tem possibilitado a materialização da Internet das Coisas (IoT), cuja principal característica é a interconexão de diferentes objetos para a troca de informações. Paralelamente, o uso de técnicas inteligentes e automatizadas para o controle de pragas na agricultura tem avançado e se integrado ao universo da IoT. Tradicionalmente, o monitoramento da praga broca (*Diatraea saccharalis*) na cultura da cana-de-açúcar é feito com o uso de armadilhas, onde os indivíduos são contados manualmente, sendo uma armadilha utilizada para cobrir uma área de até 50 hectares, isto é, são dezenas de armadilhas que são percorridas e analisadas por agricultores ou outros profissionais. Neste contexto, este projeto teve como objetivo desenvolver um dispositivo para captura e transmissão de imagens via GPRS para um servidor em nuvem, que é adaptado na armadilha em formato delta, amplamente utilizada para controle do referido inseto. Com base nos requisitos da aplicação, foram desenvolvidos o hardware com uma câmera acoplada, um módulo GPRS e um de GPS, assim como o projeto de sua carcaça. Os testes em bancada atendem os requisitos e permitem avançar para testes em campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Diatraea saccharalis*; GPRS; imagem; Internet das Coisas; armadilha delta.

### INTELLIGENT DEVICE FOR TRAP OF SUGARCANE BORER PEST

**ABSTRACT:** In recent years, technological advancements have enabled the realization of the Internet of Things (IoT), whose primary feature is the interconnection of various objects for information exchange. Simultaneously, the use of intelligent and automated techniques for pest control in agriculture has advanced and integrated into the IoT ecosystem. Traditionally, monitoring the sugarcane borer (*Diatraea saccharalis*) pest in sugarcane cultivation is done using traps, where individuals are manually counted. One trap typically covers an area of up to 50 hectares, meaning dozens of traps need to be inspected and analyzed by farmers or other professionals. In this context, this project aimed to develop a device for capturing and transmitting images via GPRS to a cloud server, which is adapted to the delta-shaped trap commonly used for controlling this insect. Based on the application requirements, hardware was developed, including a camera, a GPRS module, and a GPS module, along with the design of its housing. Bench tests meet the requirements and allow us to proceed to field testing.

**KEYWORDS:** *Diatraea saccharalis*; GPRS; image; Internet of Things; delta trap.

## INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica recente tem possibilitado a concretização da Internet das Coisas (IoT), que envolve a interconexão de objetos utilizando tecnologias como a identificação por radiofrequência (RFID) e sensores (Ashton et al., 2009). Embora as tecnologias de IoT estejam ainda em estágios iniciais, avanços significativos têm ocorrido, especialmente com a integração de objetos e sensores conectados à Internet com processamento em nuvem (Hepp et al., 2007; Joshi e Kim, 2013). Tais avanços têm impulsionado a adoção de soluções inovadoras, inclusive na agricultura, onde o monitoramento de pragas<sup>1</sup>, tradicionalmente realizado de forma manual, pode se beneficiar das tecnologias de IoT e Visão Computacional<sup>2</sup>.

Armadilhas do tipo delta são utilizadas para identificar a presença de mariposas da broca da cana-de-açúcar<sup>3</sup> através da captura da mariposa macho. Normalmente são colocadas três fêmeas virgens emergidas mais três pupas fêmeas do mesmo lote, que produzem e lançam feromônio que atraem as mariposas adultas (machos). Após a instalação no canavial, cada armadilha permite a identificação do nível de infestação da broca-da-cana em uma área de até 50 hectares. As armadilhas devem ser instaladas semanalmente e as avaliações do número de machos capturados por armadilha devem ser semanais (Pinto, Rodrigues e Oliva, 2019).

Neste contexto, este projeto tem como objetivo desenvolver um dispositivo adaptável às armadilhas existentes para a praga broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), capaz de capturar e transmitir imagens para um servidor em nuvem para que possa ser realizada a análise de infestação remotamente.

O projeto envolve o desenvolvimento do hardware, incluindo câmera, geolocalização, conexão GPRS e bateria (1); o desenvolvimento do software para integração dos componentes (2); a implementação de técnicas de envio de imagens via GPRS (3); e a criação de uma carcaça para abrigar os componentes eletrônicos (4).

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa iniciou-se com o desenvolvimento do primeiro objetivo específico, que envolveu a criação do hardware do dispositivo. Esse hardware foi projetado para integrar uma câmera, um módulo de geolocalização, conectividade GPRS e uma bateria capaz de proporcionar autonomia energética de até duas semanas. A implementação foi realizada utilizando o microcontrolador ESP32-CAM como unidade central. Para garantir a conectividade em campo, foi incorporado um módulo GPRS (*General Packet Radio Service*), escolhido devido à sua ampla cobertura em todo o território nacional, o que facilita o acesso à internet em regiões com conectividade limitada. A geolocalização foi integrada através de um módulo GPS, que coleta dados de latitude e longitude do dispositivo. Para atender às demandas energéticas e garantir mobilidade, utilizou-se uma bateria de Ni-MH (*Níquel-Hidreto Metálico*), conhecida por sua alta densidade energética e capacidade de suportar múltiplos ciclos de carga e descarga, garantindo a operação contínua dos componentes em ambientes externos.

---

<sup>1</sup> O monitoramento de pragas consiste em avaliar periodicamente a densidade populacional das pragas ou os danos que causam, utilizando métodos como amostragens ou armadilhas, para apoiar a tomada de decisões em seu controle (Waquil, 2002).

<sup>2</sup> Visão Computacional compreende o processo de extrair informações de uma cena por meio da análise de imagens, permitindo que máquinas "vejam" o mundo real (Rosenfeld, 1988).

<sup>3</sup> A broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) é uma praga polífaga, ou seja, pode ser encontrada em cerca de 65 espécies vegetais, incluindo pastagens de importância econômica, além de cultivos como cana-de-açúcar, milho, milheto, sorgo sacarino e trigo, entre outros, gerando significativas perdas econômicas (Elias, 1970).

O segundo objetivo específico envolveu o desenvolvimento do software embarcado, destinado a integrar todos os componentes do hardware, garantir a eficiência operacional e otimizar o consumo de energia. O software foi embarcado diretamente no microcontrolador ESP32-CAM, incorporando mecanismos de economia de energia, como o modo deep sleep para o microcontrolador e o modo sleep para o módulo GPRS durante períodos de inatividade. Além disso, o software permitiu o controle remoto dos parâmetros operacionais via servidor, assegurando flexibilidade e adaptabilidade às condições do campo.

O terceiro objetivo específico consistiu na integração do método de envio de imagens via GPRS, como feito no trabalho de Costa e Pantoni (2023), que explorou técnicas de transmissão de dados utilizando o protocolo HTTP em ambientes com conectividade limitada. Esse recurso foi essencial para garantir a operação eficiente do dispositivo em áreas rurais com cobertura de rede móvel restrita. O software gerenciou a captura de imagens e a transmissão destas, junto com dados de telemetria, para um servidor em nuvem, onde seriam analisadas posteriormente para identificar e quantificar os insetos.

Por fim, o quarto objetivo específico focou no desenvolvimento da carcaça para abrigar os componentes eletrônicos. A carcaça foi projetada utilizando o software Autodesk Inventor, que permitiu a modelagem 3D detalhada e a simulação da montagem interna do hardware, minimizando a ocorrência de erros durante o desenvolvimento. A carcaça foi fabricada utilizando impressora 3D e filamento ABS (*Acrilonitrila Butadieno Estireno*), material escolhido por sua resistência, durabilidade e adequação às condições de campo, além de sua facilidade de uso no processo de impressão 3D.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos primeiro e segundo objetivos específicos, foram conduzidos testes de bancada para avaliar a operação integral do sistema. Os principais aspectos analisados incluíram a taxa de erros, a necessidade de intervenção humana (uma vez que o sistema foi projetado para operar de forma autônoma) e o consumo de corrente em diferentes estados.

Para o terceiro objetivo específico, realizaram-se testes focados na identificação de erros e falhas no processo de envio de dados, bem como na qualidade das imagens transmitidas pelo dispositivo. Os resultados indicaram que não houve problemas significativos que exigissem intervenções no software ou hardware, demonstrando uma operação estável do sistema.

O segundo conjunto de testes concentrou-se na obtenção de dados operacionais em diferentes estágios do sistema. Medições de corrente e tensão foram realizadas nos diferentes módulos, microcontrolador e bateria, conforme apresentado na Tabela 1. Esses dados foram cruciais para estimar a duração da bateria em várias configurações e validar a estabilidade energética do sistema.

TABELA 1. Dados obtidos nos testes de bancada

|     | ESP32-CAM | Modulo<br>GPRS | Geolocalização | Total<br>Teórico | Total<br>Medido |
|-----|-----------|----------------|----------------|------------------|-----------------|
| CPF | 94.46     | 218.44         | 65.02          | 377.92           | 378.37          |
| CSM | 3.12      | 2.74           | 0.00           | 5.87             | 6.03            |

\*\*:CPF – Consumo em pleno Funcionamento em mA/h; CSM – Consumo em modo Sleep em mA/h

Com base nas medições de corrente obtidas nos testes de bancada, foi possível estimar a durabilidade da bateria em diferentes condições operacionais do dispositivo. Utilizando a equação 1 (Scherz e Simon, 2013), calculou-se a autonomia teórica da bateria, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2. Ressalta-se que essa autonomia é uma estimativa teórica e pode variar de acordo com fatores como o desgaste da bateria e as condições ambientais, como a temperatura.

$$T = \frac{C}{I} \quad (1)$$

em que,  
T – Tempo de duração da bateria em horas  
C – Capacidade da bateria em Ah (ampere-hora)  
I – Corrente consumida pelo dispositivo em A (ampere)

TABELA 2. Comparação Captura por dia e Autonomia

| Captura por dia | Consumo Dia (mA) | Autonomia (Dia) |
|-----------------|------------------|-----------------|
| 1               | 176.00           | 15              |
| 2               | 208.50           | 12              |
| 3               | 238.80           | 11              |
| 4               | 272.85           | 9               |

Com base na Tabela 2, apresentada acima, os testes de bancada demonstraram que a durabilidade do sistema atingiu a marca de duas semanas, conforme a estimativa proposta. Durante esse período, o sistema realizou uma captura diária e o envio correspondente dos dados.

O fluxograma apresentado na Figura 1 ilustra o fluxo operacional do software embarcado no ESP32-CAM, desenvolvido para atender aos segundos e terceiros objetivos. O fluxograma detalha as etapas desde a ativação do dispositivo e conexão GPRS até a captura de imagem e envio de dados ao servidor. O sistema monitora a estabilidade da conexão GPRS e a obtenção de dados de geolocalização, realizando reinicializações automáticas em caso de falhas. Após a captura e transmissão bem-sucedida da imagem e dos dados de localização, o dispositivo entra em modo deep sleep para economizar energia, permanecendo inativo até a próxima captura, assegurando a eficiência energética e a autonomia do dispositivo em campo.

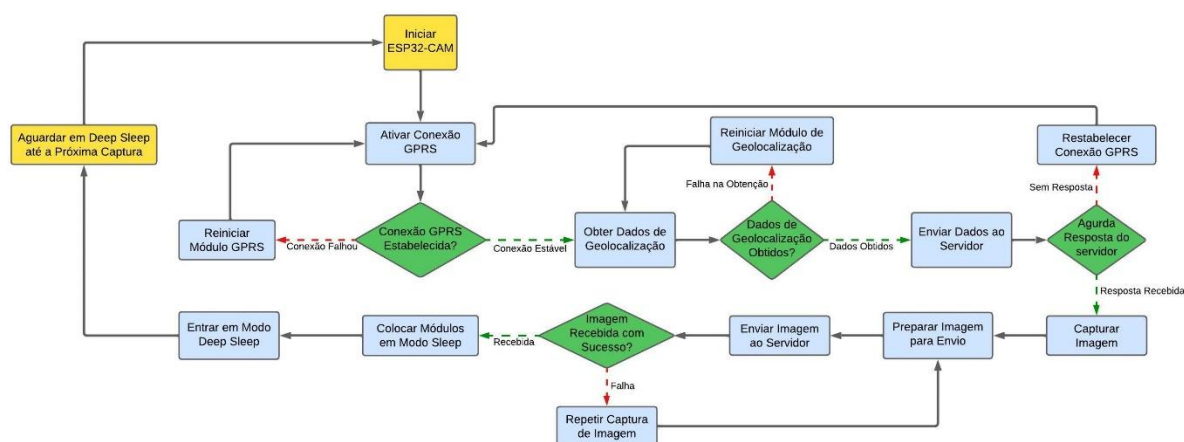


Figura 1. Fluxograma do software embarcado

Quanto ao quarto objetivo específico, a carcaça foi projetada para abrigar todo o sistema eletrônico. Utilizando o software Autodesk Inventor, a carcaça foi fabricada por impressão 3D com filamento ABS. O projeto final da carcaça está detalhado na Figura 2, que apresenta o desenho técnico, e na Figura 3, que mostra o dispositivo montado e funcional.

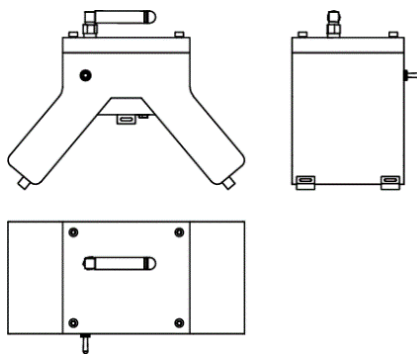


Figura 2. Dispositivo Inteligente para armadilha Delta



Figura 3. Armadilha Delta com o Dispositivo Inteligente

## CONCLUSÕES

Os testes de bancada demonstraram que o sistema funciona de maneira estável, com uma baixa taxa de erros e uma autonomia da bateria alinhada aos parâmetros propostos. A bateria do dispositivo apresentou uma autonomia variando de 12 a 15 dias, dependendo da frequência de captura e envio de imagens. Especificamente, o dispositivo foi capaz de operar por 12 dias enviando imagens duas vezes ao dia e por 15 dias enviando uma imagem por dia.

O software embarcado mostrou-se eficiente, implementando com sucesso estratégias de economia de energia e controle remoto dos parâmetros operacionais.

A carcaça, projetada e impressa em 3D com filamento ABS, atendeu aos requisitos de proteção e fácil instalação. Os testes finais de validação serão realizados em campo para verificar a performance do dispositivo em condições reais.

O sistema representa um avanço no uso de IoT e inteligência artificial para o controle de pragas no setor agrícola, com potencial para futuras melhorias na autonomia e na análise de imagens. Como trabalho futuro, será integrado um sistema de Visão Computação para detecção e contagem da referida praga em imagens, a fim de compor um sistema com mais informações para tomadas de decisão automáticas em relação ao nível de infestação.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

R.P.P. contribuiu com a concepção e estudo de viabilidade do projeto. O.L.C, por outro lado, desenvolveu o projeto em sua implementação, realização e testes completos. Assim, O.L.C e R.P.P contribuíram com a curadoria e análise dos dados e procederam com a metodologia e experimentos. O.L.C e R.P.P atuaram na redação do trabalho assim como na revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da bolsa de iniciação científica (2023/15554-3) do aluno envolvido no projeto, bem como pelo suporte financeiro aos recursos deste estudo. Expressam também sua gratidão ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Campus Sertãozinho e à Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Jaboticabal pelo apoio prestado à pesquisa. Agradecem, ainda, à Usina São Martinho pela viabilização dos testes em campo até aqui realizados.

## REFERÊNCIAS

ASHTON, Kevin et al. That ‘internet of things’ thing. **RFID journal**, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.

COSTA, O. L.; PANTONI, R. P. **TRSMISSÃO DE IMAGEM VIA GPRS PARA INTERNET DAS COISA**. 14º CONGRESSO DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSP. **Anais...**2023. Acesso em: 21 Mar. 2024

ELIAS, L. A. **Maize resistance to stalk borer in Zeadiatraea Box and Diatraea Guilding** (Lepidoptera: Pyralidae) at five localities in Mexico.1970. 172 f. Thesis (Ph.D.) - Thesis, Kansas State University, Manhattan.

HEPP, M.; SIORPAES, K.; BACHLECHNER, D. Harvesting Wiki consensus: **using wikipedia entries as vocabulary for knowledge management**. IEEE Internet Computing, v. 11 n. 5, p. 54–65, 2007.

JOSHI, G. P., KIM, S. W. SURVEY, **nomenclature and comparison of reader anti- collision protocols in RFID**. IETE Technical Review, v. 25 n. 5, p. 234-243, 2013.

PINTO, A.S.; RODRIGUES, L.R.; OLIVA, M.B. **Uso de armadilhas de feromônio para a broca-da-cana, Diatraea SPP., em canaviais**. 2ª ed. Piracicaba: Editora Occasio, 2019. Disponível em: <<https://occasio.com.br/site/wp-content/uploads/2020/03/Livro-armadilhas-feromonio-2019.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2024.

ROSENFELD, Azriel. Computer vision: basic principles. **Proceedings of the IEEE**, v. 76, n. 8, p. 863-868, 1988.

SCHERZ, P.; SIMON. **Practical electronics for inventors**. 3. ed. [s.l.] McGraw-Hill/Tab Electronics, 2013.

WAQUIL, José M. **Manejo integrado de pragas: revisão histórica e perspectivas**. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo.