

Desenvolvimento de armadilha eletrônica georreferenciada para monitoramento da *Helicoverpa armígera*

Gabriel de Lira Alves Neto¹

Murilo Aparecido Faria Martins¹

Murilo do Santos Peixoto¹

Renata Bruna dos Santos Coscolin Favan²

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de armadilha eletrônica e a avaliação de uma armadilha eletrônica projetada para captura e monitoramento remoto de pragas agrícolas, com ênfase na coleta de insetos adultos de *helicoverpa armígera* na cultura do milho. A armadilha foi estruturada com componentes eletrônicos, alimentados por energia solar, incluindo uma câmera e um mini computador Raspberry Pi e um modem 3G, que permite a comunicação e transmissão de dados, que captura imagens e processa dados. As imagens são enviadas automaticamente para um serviço de armazenamento em nuvem em horários predefinidos, permitindo o acesso remoto às informações. A plataforma digital criada integra as imagens com dados de geolocalização, facilitando que técnicos acompanhem as populações de pragas diretamente pela interface do sistema, que exibe a posição da armadilha em um mapa e permite visualizações detalhadas das capturas. Os resultados demonstraram a eficácia do sistema no monitoramento remoto, com sugestões de melhorias em qualidade de imagem e estabilidade de conectividade, para futura integração de ferramentas de inteligência artificial voltadas à identificação de espécies.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas. Automação. Detecção de Insetos. Sistemas de Captura.

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na Fatec Pompeia, Pompeia-SP

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão na Fatec Pompeia, Pompeia-SP

1.INTRODUÇÃO

A progressão da agricultura de precisão (AP) transformou digitalmente o setor agrícola ao incorporar práticas orientadas por dados. Originada na década de 1980 com a adoção do GPS (Global Positioning System), a AP mudou para métodos de precisão por meio de sensores avançados, robótica, drones e atualmente tem forte relação com a inteligência artificial (IA) aumentando a produtividade e a sustentabilidade principalmente na eficácia da AP no manejo fitossanitário (Passian et. al, 2024).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem sustentável que combina diversas técnicas para o controle eficiente de pragas, minimizar os impactos ambientais, preservar a biodiversidade e buscar reduzir o uso excessivo de agroquímicos. Com base no monitoramento contínuo das questões de segurança, o MIP identifica os níveis de controle (NC) e de dano econômico (NDE), aplicando métodos biológicos, culturais, químicos e físicos de forma integrada. Essa prática se destaca para aumentar a eficiência dos sistemas agrícolas, integrando estratégias como o uso de predadores naturais, o desenvolvimento de variedades resistentes e a aplicação seletiva de pesticidas. Assim, promove um controle sustentável e reduz os custos de produção, contribuindo para as previsões econômicas e ambientais da agricultura (Tinoco & Rocha, 2023).

No estado de São Paulo, culturas como laranja, soja, eucalipto, cana-de-açúcar e milho apresentaram taxas de adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP) variando entre 15% e 40%, o que evidencia um potencial para o emprego desse manejo dentro do sistema produtivo das principais culturas de interesse econômico (Sampaio et al., 2022).

A *Helicoverpa armígera* é uma praga polífaga com grande capacidade de adaptação e elevado potencial de dano em diversas culturas agrícolas. Seu ciclo de vida compreende quatro etapas principais: ovo, larva, pupa e adultos, com duração total variável, dependendo das condições ambientais, especialmente temperatura e umidade. Os ovos são depositados isoladamente nas folhas ou flores das plantas hospedeiras, eclodindo em poucos dias. As larvas passam por várias fases de crescimento (instares), durante as quais se alimentam intensamente das partes reprodutivas e vegetativas das plantas, causando os principais danos econômicos. Após atingir o estágio final, uma larva entra no solo para empupar, completando sua metamorfose em aproximadamente 10 a 20 dias, emergindo como adulta. Os adultos são mariposas que se reproduzem rapidamente, dando início a novos ciclos, com até 10 gerações

anuais em condições adequadas (Czepak et al., 2013; Montezano et al., 2018).

Dessa maneira, o desenvolvimento de armadilhas eletrônicas para o monitoramento de insetos é um assunto de destaque pela sua importância no contexto da agricultura atual.

A cultura do milho enfrenta uma série de desafios devido ao ataque de diversas pragas, sendo algumas delas amplamente distribuídas em regiões produtoras. Uma das pragas mais significativas são a *Helicoverpa armígera*, considerada uma praga agrícola de impacto global devido às suas altas capacidades adaptativas e seu efeito econômico, causando perdas anuais de bilhões de dólares (Riaz et al., 2021).

Com isso, o entendimento da biologia, ecologia e comportamento dessas espécies, aliado ao desenvolvimento de práticas de manejo integrado de pragas, se faz essencial para mitigar seus impactos na produção de milho em diferentes regiões do mundo e para sistemas de produção agrícola diversos.

O monitoramento eficaz dessas pragas é fundamental para a agricultura sustentável. Ao reduzir a necessidade de agrotóxicos, essa prática contribui para a preservação do meio ambiente e o aumento da produtividade. Essa afirmação é corroborada por estudos da Embrapa, que destacam a importância do controle biológico de pragas (Sampaio et al., 2022).

O design de armadilhas de insetos da ordem lepidópteros no geral é utilizado para atração dos insetos adultos feromônios sexuais (Waquil, 2005) sendo a partir desse princípio incorporado a essas armadilhas câmeras ou sensores de detecção, operação periódica ao longo do dia a partir da captura de imagens, imagens, ou contagem de insetos e envio desses dados para um servidor (Thangalakshmi et al., 2015).

As armadilhas inteligentes aumentam a precisão dos modelos fenológicos de insetos e previsões da dinâmica populacional. A esses sistemas também pode-se integrar sensores para coleta de dados climáticos (por exemplo, temperatura, umidade do ar e do solo e pressão) específicos para o posicionamento da armadilha (Selby et al., 2014). Essa abordagem abrangente visa melhorar a eficácia do monitoramento de pragas.

O invólucro da armadilha é projetado para ser à prova d'água, robusto, compacto e capaz de manter a funcionalidade dos componentes eletrônicos em uma ampla faixa de temperatura.

A cor da armadilha não apenas influencia a atração de várias espécies de

insetos, mas também desempenha um papel crucial na regulação da temperatura interna, o que mostra como o tipo e a cor da armadilha podem influenciar a atração passada, mesmo dentro do mesmo local (Flórian, et al. 2023)

Iscas específicas para espécies e mecanismos de matança apropriados são recomendados para minimizar a captura accidental, com a sugestão de usar armadilhas secas com revestimentos adesivos ou tiras de inseticida para reconhecimento preciso (Lopez et al, 2012).

Os componentes eletrônicos da armadilha devem ser miniaturizados para reduzir o tamanho e as necessidades de manutenção durante as operações de campo, com preferência por componentes de alta qualidade, econômicos e amplamente disponíveis (Selby et. al, 2014).

A câmera ou sensor de imagem deve oferecer alta resolução (mínimo de 3–5 MP) e baixo consumo de energia, com iluminação adequada dentro da armadilha para garantir melhor processamento das imagens durante análise computacional (Passian et. al, 2024).

O sistema de aquisição, armazenamento e transmissão de dados deve manipular eficientemente registros ou imagens de contagem de insetos, permitindo armazenamento local (por exemplo, cartão micro SD) e garantindo que os dados sejam transmitidos para servidores remotos (Passian et. al, 2024).

A recomendação é que sejam utilizadas tecnologias sem fio, como Bluetooth, Wi-Fi, identificação por radiofrequência para LANs de curto alcance, 3G/4G para celular e redes de longa distância de baixa potência, incluindo LoRa, SigFox e IoT de banda estreita, para conectividade de longa distância garante a integração do RPT com a infraestrutura de IoT agrícola existente (Passian et. al, 2024).

Os usuários finais devem ter acesso fácil e seguro a esses dados, facilitando o monitoramento remoto.

Dessa maneira, as armadilhas eletrônicas têm se cada vez mais mostrado eficazes no monitoramento de insetos, sobretudo através da captura de imagens para contagem e reconhecimento das espécies presentes (Sciarretta & Calabrese, 2019).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo a montagem de uma armadilha eletrônica por meio do uso de sensores e dispositivos eletrônicos de baixo custo, capaz de operar de forma autônoma, otimizando a captura e o registro de imagens da *helicoverpa armígera* de maneira georreferenciada e integrada a uma plataforma de armazenamento de dados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

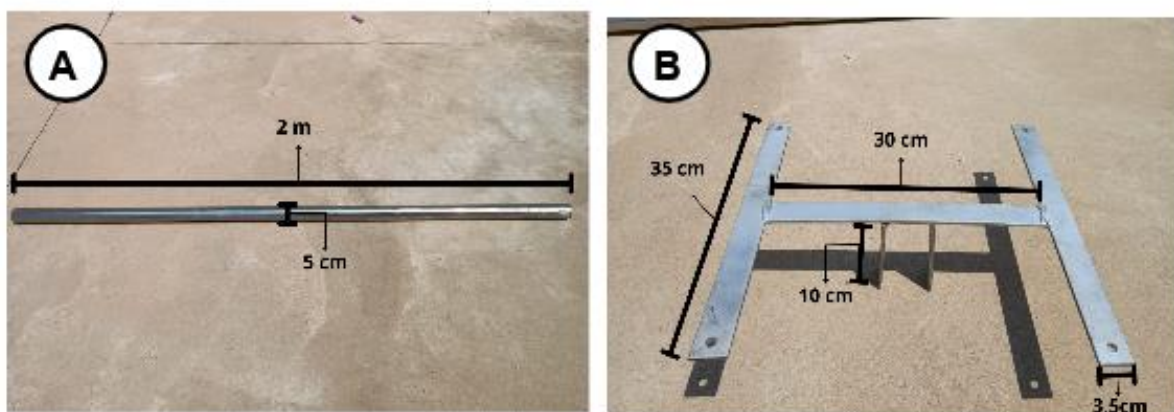
O presente estudo foi conduzido na Fazenda Santo Antônio, localizada em Pompeia, SP, 17580-000 no período de 23 abril de 2024 até 08 de maio de 2024.

A área aproximada foi de 50 ha e a armadilha instalada entre os estádios fenológicos da cultura V6 e V8, caracterizados pelo rápido crescimento da planta e pelo desenvolvimento das folhas. Essa fase é considerada crítica para o monitoramento, pois coincide com o período de maior suscetibilidade da cultura ao ataque da lagarta. A armadilha permaneceu instalada até período pré- pendoamento (V12- VT).

2.1. Estrutura física

A estrutura principal da armadilha eletrônica para captura de insetos consiste em uma barra oca de aço inoxidável com formato cilíndrico, com diâmetro de 5 cm e altura de 2 metros, que serve como suporte central (Figura 1). No topo dessa barra, há um suporte adicional de ferro, projetado para fixação da placa solar (com dimensões especificadas apresentado na imagem abaixo), responsável por fornecer energia aos componentes eletrônicos.

Figura 1 - Imagens da estrutura de ferro: suporte central da armadilha (A) e suporte fixador da placa solar (B).

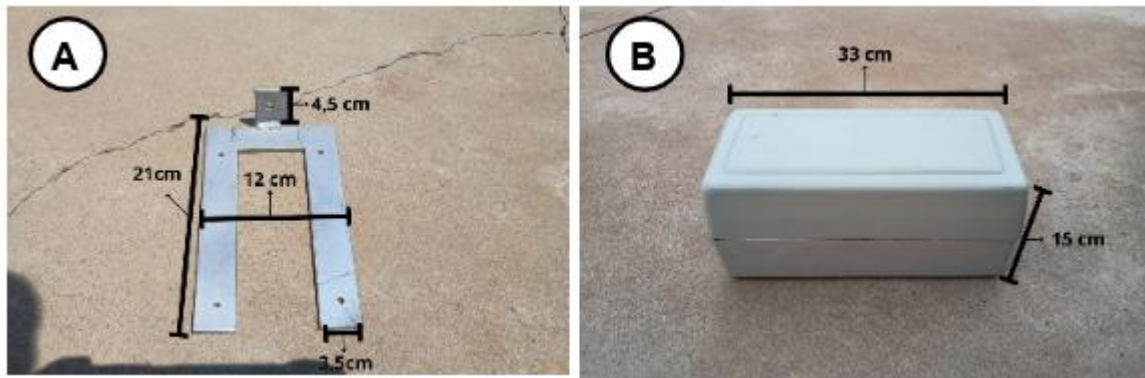


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Na seção intermediária da barra, foi instalado um suporte que fixa uma case de proteção, de formato paralelepípedo e dimensões de 33 cm x 15 cm (Figura 2).

Esta case abriga os componentes eletrônicos, protegendo-os das intempéries e do ambiente externo.

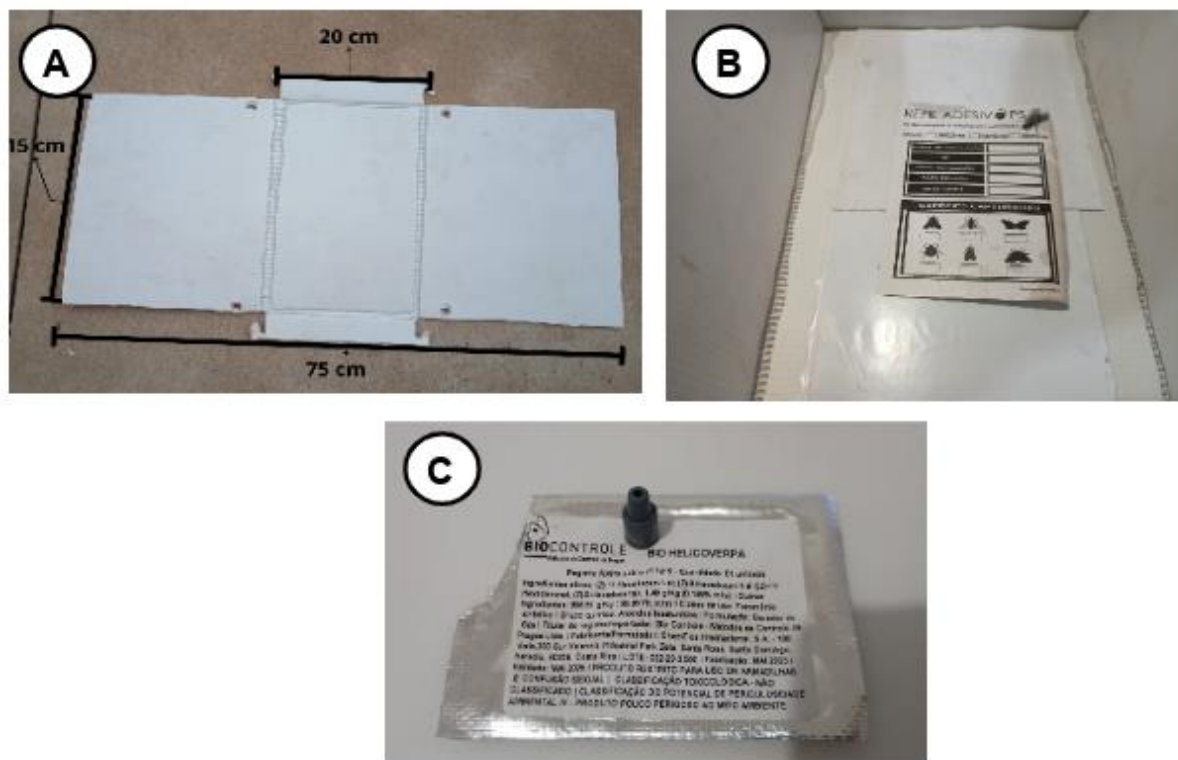
Figura 2 - Imagens da estrutura de ferro: suporte intermediário da armadilha (A) para suporte da case que abriga os componentes eletrônicos (B).



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Logo abaixo da case, encontra-se uma armadilha tipo delta, feita de plástico polionda, especialmente projetada para a captura de mariposas. No interior da armadilha, há um piso colante, que captura as mariposas que se aproximam. Este piso está impregnado com um feromônio sexual sintético, estrategicamente utilizado para atrair as mariposas à armadilha (Figura 3).

Figura 3 - Imagens da armadilha tipo delta (A), piso colante (B) e feromônio sexual sintético (C).



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

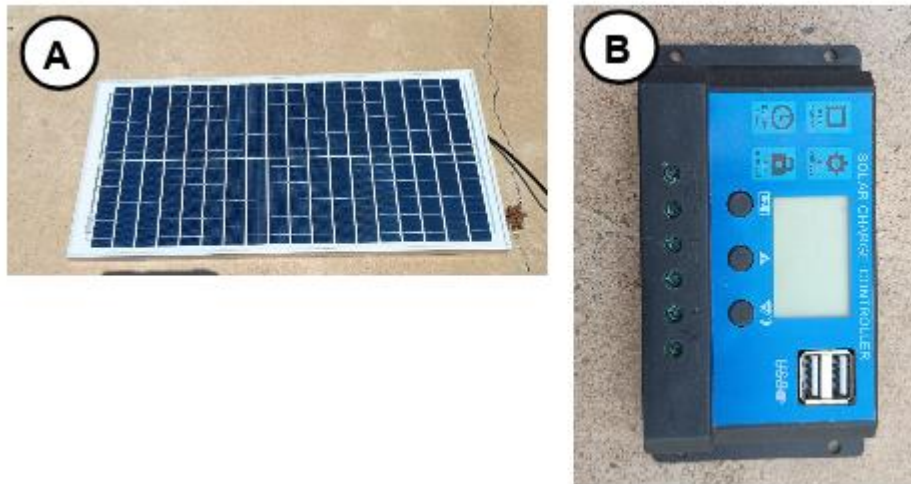
2.2. Componentes eletrônicos

O sistema eletrônico da armadilha é alimentado por uma placa solar de Policristalino - Resun Solar RSM030P, que converte a energia solar em eletricidade para abastecer todos os componentes.

A energia captada é regulada por um controlador de carga solar 10A USB 12/24V PWM LCD, um dispositivo desenvolvido para gerenciar a carga e descarga de baterias em sistemas solares, operando em tensões de 12V ou 24V com seleção automática. Possui corrente nominal de 10A e tecnologia PWM (Modulação por Largura de Pulso).

Também possui display LCD no qual poderá ser exibido dados operacionais, como nível de carga e tensão, duas portas USB (5V/2A) para carregamento de dispositivos adjacentes e suporta temperaturas entre -35°C e 60°C, que gerencia a energia fornecida à bateria e aos componentes eletrônicos, garantindo uma operação eficiente e segura (Figura 4).

Figura 4 - Imagens da placa solar (A), controlador (B),



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Conectada ao controlador de carga esteve uma bateria de 12V e 7Ah que armazena o excesso de energia gerado pela placa solar, assegurando a operação do sistema durante períodos sem luz solar.

O Raspberry Pi 3 Model B é uma placa de desenvolvimento compacta com processador quad-core Broadcom BCM2837 ARM Cortex-A53 de 64 bits, operando a 1,2 GHz e com 1 GB de memória RAM LPDDR2. Ele oferece conectividade Wi-Fi 802.11n, Bluetooth 4.1 (BLE) e Ethernet de 10/100 Mbps, além de quatro portas USB 2.0, uma saída HDMI com suporte a 1080p e 40 pinos GPIO para conexão de componentes externos (Figura 5).

Esse minicomputador está integrado a uma câmera OV5647 5MP com sensor Omnivision OV5647, que oferece resolução de 5 megapixels para fotos (2592 x 1944 pixels) e gravação de vídeo em 1080p a 30 fps.

Possui lente com ângulo de visão de 67° e distância focal de 3,6 mm, utilizada para capturar imagens das pragas, permitindo monitoramento e análise em tempo real.

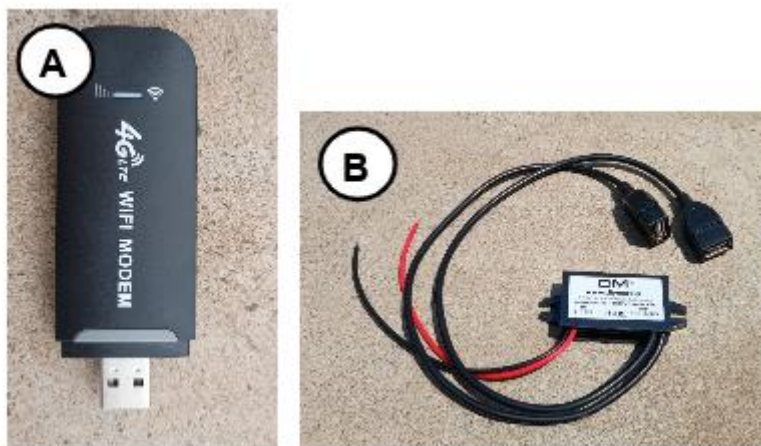
Figura 5 - Imagens da câmera conectada ao raspberry Pi



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Para a comunicação remota, o sistema possui um modem 4G (LTE Wi-Fi USB 150Mbps Portátil), que envia dados e imagens capturadas para uma plataforma de monitoramento, possibilitando a supervisão à distância. Embora o sistema funcione em 12V, tanto o Raspberry Pi quanto o modem 4G requerem 5V. Para isso, um conversor de tensão é empregado para ajustar a tensão de 12V para 5V, garantindo o funcionamento adequado desses dispositivos (Figura 6).

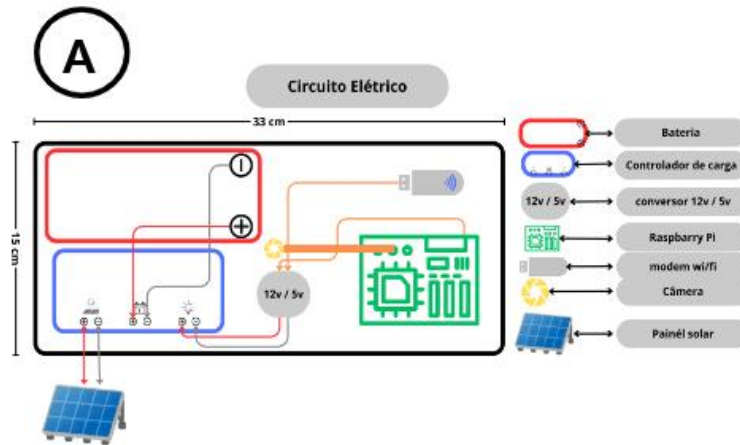
Figura 6 - Imagens do modem (A) e transformador de tensão (B)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A montagem final integra todos os componentes eletrônicos – placa solar, controlador de carga, bateria, Raspberry Pi com câmera, modem 4G e conversor de tensão – na estrutura física previamente descrita, composta pela barra de ferro, suporte da placa solar, case de proteção e a armadilha tipo delta, configurando um sistema eficiente e autossuficiente para a captura e monitoramento de pragas (Figura 7)

Figura 7 - Esquema do circuito elétrico de montagem da armadilha (A), armadilha eletrônica montada (B)



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

2.3. Softwares

2.3.1. Programação para captura e Upload de imagens

O sistema de captura e envio de imagens da armadilha eletrônica foi desenvolvido para permitir o monitoramento remoto eficiente por meio de um Raspberry Pi. Este foi programado para capturar duas fotos diárias em horários específicos (7h e 13h), enviando-as automaticamente para uma conta do Google Drive para acesso e análise do profissional remotamente. Após o upload, as imagens são excluídas da memória local para evitar o preenchimento do armazenamento do dispositivo.

Para captura das imagens, foi utilizado o software fswebcam, um utilitário compatível com a câmera do Raspberry Pi. Após sua instalação via linha de comando, as capturas foram programadas com o uso do agendador de tarefas crontab. O agendamento foi configurado para os horários especificados, com o seguinte comando:

```
bash
crontab -e
```

```
0 7 * * * fswebcam -r 1280x720 /home/pi/imagens/foto_7h.jpg
0 13 * * * fswebcam -r 1280x720 /home/pi/imagens/foto_13h.jpg
```

Cada linha de comando configura o horário e a resolução das imagens. O parâmetro -r 1280x720 define a resolução, e o diretório /home/pi/imagens/foto_7h.jpg indica o local de armazenamento temporário.

Para a transferência das imagens à nuvem, foi utilizado o rclone, uma ferramenta de sincronização de arquivos com serviços de armazenamento em nuvem. Após a instalação e configuração do rclone, foi criado um destino remoto nomeado “meuDrive” no Google Drive. Para automatizar o upload, as seguintes linhas foram adicionadas ao crontab:

```
bash
10 7 * * * rclone move /home/pi/imagens/foto_7h.jpg meu-
Drive:/Caminho/na/Nuvem
10 13 * * * rclone move /home/pi/imagens/foto_13h.jpg meu-
Drive:/Caminho/na/Nuvem
```

Esses comandos especificam que as imagens capturadas às 7h e 13h serão enviadas para a nuvem às 7h10 e 13h10, respectivamente. O uso do parâmetro move permite a exclusão automática das imagens locais após o upload, liberando espaço de armazenamento no dispositivo e mantendo o sistema otimizado.

2.3.2. Plataforma de Visualização

Cada vez que uma nova imagem for capturada, o dispositivo Raspberry envia uma requisição para o servidor web contendo informações como localização da armadilha, data da captura e link da imagem armazenada no Google Drive. Uma API no servidor recebe e valida essas informações, atualizando o banco de dados com a localização, data e link de cada captura.

O sistema web processa esses dados e exibe a localização da armadilha em uma interface de mapa. A plataforma permite aos usuários acessar as imagens

georreferenciadas diretamente no Google Drive associadas a cada armadilha e visualizar dados adicionais, como temperatura e umidade, fornecendo um monitoramento completo e facilitando a análise das condições ambientais e de pragas em tempo real.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de avaliação, a armadilha eletrônica capturou e enviou imagens duas vezes ao dia, às 7h e às 13h, permitindo o monitoramento contínuo da lavoura georreferenciado para a observação remota das pragas em tempo real. Entretanto, algumas considerações sobre a aquisição e qualidade das imagens.

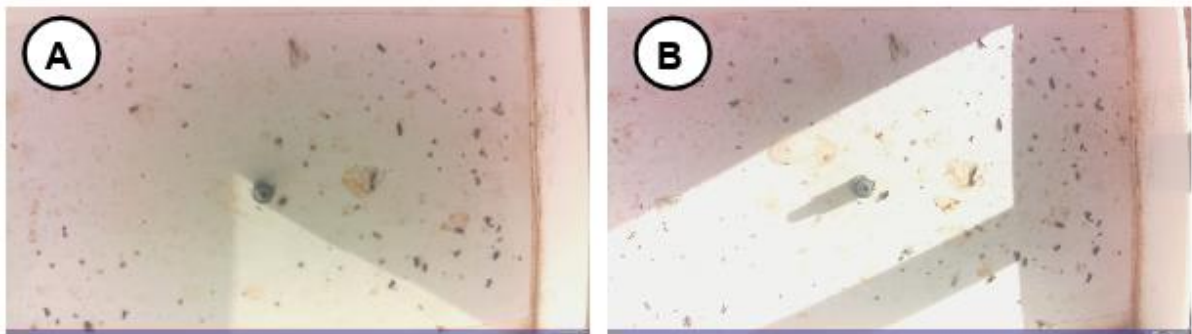
A câmera Raspberry Pi OV5647, utilizada neste projeto, possui especificações de 5 megapixels, lente com ângulo de visão de 67° e distância focal de 3,6 mm, com resolução de captura de até 1080p. Embora essas especificações sejam adequadas para imagens de campo em ambiente externo, elas apresentam limitações significativas para a integração dessas imagens a ferramentas de inteligência artificial (IA) focadas na classificação de espécies e contagem de pragas (Florián et al, 2023).

Apesar da câmera OV5647 capturar imagens de até 1080p, a resolução combinada com o campo de visão de 67° limita a nitidez dos detalhes, especialmente para objetos pequenos, como mariposas.

Essa limitação é crítica quando se pretende identificar diferentes espécies de mariposas, que frequentemente apresentam variações sutis em tamanho, cor e padrões. Ferramentas de IA demandam imagens de alta resolução e excelente nitidez para identificar detalhes específicos, e essa câmera pode não atender aos requisitos ideais para análises detalhadas e precisas.

A iluminação em ambientes externos é um fator determinante para a qualidade da imagem. Condições de luz natural variam ao longo do dia e são influenciadas por fatores como cobertura de nuvens, sombras de plantas e ângulos de incidência solar. Esses elementos frequentemente geram imagens com variações de brilho, resultando em fotos superpostas ou superexpostas. Essas variações podem dificultar o desempenho de algoritmos de IA, que exigem consistência visual para o treinamento e a classificação de imagens da figura 8, como podemos observar na figura 9.

Figura 8 - Imagem capturada pelo dispositivo no dia 02/05/2024 as 7.00h (A) e 13.00 (B)

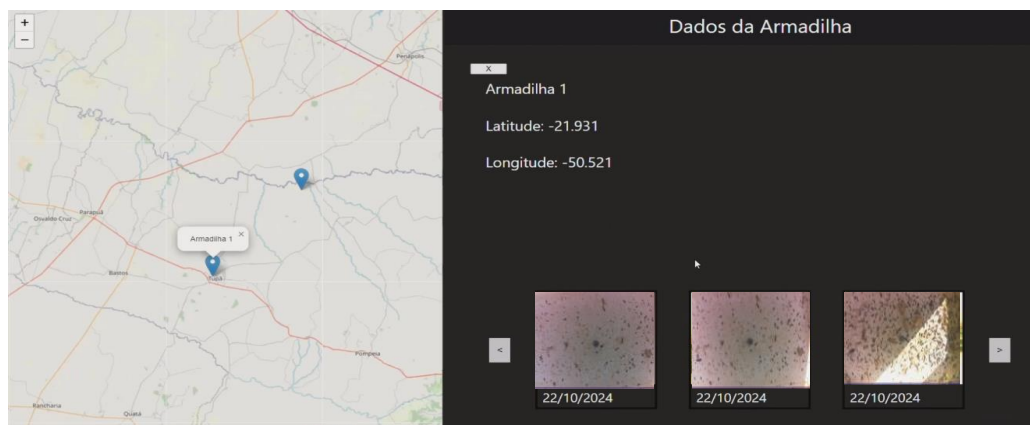


Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

3.1. Plataforma de visualização dos dados

A plataforma desenvolvida por um desenvolvedor terceiro que tem como base para o desenvolvimento do site, devido à sua facilidade de uso, recursos disponíveis e adequação às necessidades do projeto, que fornece para o usuário a localização georreferenciada da armadilha eletrônica de forma que as fotos de cada uma delas podem ser acessadas remotamente.

Figura 9 - Plataforma para visualização dos dados georreferenciados capturados pelo dispositivo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

3.2. Análise Visual das Mariposas Capturadas

Ao longo do período de monitoramento, as imagens capturadas pela armadilha eletrônica foram analisadas para identificar a presença e a quantidade de mariposas na área monitorada assim como dos insetos totais capturados.

A captura de adultos de *helicoverpa armigera* ocorreu ao longo de todo o período de monitoramento (Figura 10), com picos de captura de machos em 08/05 corresponde ao estágio V14 da cultura.

Figura 10 - Número de adultos de *helicoverpa armigera* capturadas pela armadilha eletrônica localizada em área cultivado com milho.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

O estudo evidencia que é necessário o reconhecimento da praga alvo de estudo para melhor escolha das medidas de controle na tomada de decisão do MIP na cultura do milho (Melo et al, 2014) integrado que o cruzamento das informações georreferenciadas do número de insetos com outros atributos como índices vegetativos permite maior caracterização das áreas de risco para o ataque da praga.

O entendimento dos fatores bióticos e/ou abióticos que interferem na dinâmica populacional de *helicoverpa armigera* é de extrema importância para a adoção de táticas de controle mais eficaz, uma vez que através da armadilha eletrônica pode-se identificar outros insetos de interesse como inimigos naturais da praga.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste projeto permitiu o desenvolvimento de uma armadilha eletrônica capaz de capturar imagens diárias diretamente da lavoura, enviando-as para uma plataforma de monitoramento remoto georreferenciada. O sistema mostrou-se eficiente em seu propósito principal de captura e envio de imagens da área monitorada. No entanto, a câmera utilizada apresentou limitações em termos de qualidade de imagem, o que pode comprometer a identificação precisa das espécies de mariposas capturadas, já que muitas delas possuem características visuais semelhantes. Dessa forma, a aplicação de inteligência artificial para a diferenciação de espécies seria inviável com a metodologia aplicada no presente estudo.

Além disso, foi utilizado um modem Wi-Fi com chip 3G/4G, limitando o uso da armadilha a áreas com cobertura dessas redes. Apesar dessa restrição, nas áreas com sinal adequado, a armadilha demonstrou eficiência na atração da praga-alvo. Com as imagens em mãos, foi possível realizar o monitoramento remoto e em tempo real, permitindo a contagem das mariposas capturadas. Essas informações auxiliam na previsão de potenciais ataques de lagartas, possibilitando a adoção de medidas de controle no momento ideal e, assim, otimizando a aplicação de defensivos agrícolas.

No que diz respeito ao software, até o presente momento, ele ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento, permitindo basicamente a visualização da localidade da armadilha e das imagens geradas por ela. No entanto, estão sendo planejadas melhorias futuras que incluirão a integração de mais informações e facilidades de uso para a análise automática das imagens capturadas.

Assim, a armadilha desenvolvida neste trabalho mostrou-se uma ferramenta promissora, oferecendo uma solução automatizada e precisa para o monitoramento de mariposas na agricultura. Apesar das limitações atuais, especialmente em relação à qualidade da captura de imagens e à conectividade em áreas remotas, o sistema tem potencial para ser aprimorado e expandido no futuro.

REFERÊNCIAS

- CZEPAK, C.; ALVES, R. T.; MELO, G. S. A.; BORGES, P. S.; BUENO, R. A. M. *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): first occurrence in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013. DOI: 10.1590/S1983-40632013000100015.
- FLÒRIAN, N. et al., Automatic detection of moths (Lepidoptera) with a funnel trap prototype, **Insects**, vol. 14, no. 4, 2023.
- GUARNIERI, A. et al. Automatic trap for moth detection in integrated pest management, **Bull. Insectol.**, vol. 64, no. 2, pp. 247–251, 2011.
- KARIM, S. The biology and control of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner): a review. **Cahiers Agricultures**, v. 9, p. 373-379, 2000.
- LÓPEZ, O. et al. Monitoring pest insect traps by means of low-power image sensor technologies," **Sensors**, vol. 12, no. 11, pp. 15801–15819, 2012.
- PASSIAS, A. et al., "Insect Pest Trap Development and DL-Based Pest Detection: A Comprehensive Review," in **IEEE Transactions on AgriFood Electronics**, vol. 2, no. 2, pp. 323-334, 2024, doi: 10.1109/TAFE.2024.3436470
- RIAZ, M.; WANG, X.; WANG, W.; WEI, F.; LIU, X.; JAVED, H.; ZHANG, J. Control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) using biopesticides: a review. **Biological Control**, v. 164, 2021. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2021.104763.
- SAMPAIO, M. V.; BALDIN, E. L.; CROCE FILHO, J. Manutenção do controle de pragas nas plantações de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 66, p. 15-25, 2022. DOI: 10.1590/1806-9681-200525.
- SARMENTO, R. A.; HOLTZ, A. M.; SANTOS, L. A.; CUNHA, U. S. **Manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2006.
- SELBY, R.; GAGE, S.; WHALON, M. Precise and low-cost monitoring of plum curculio (*Coleoptera: Curculionidae*) pest activity in pyramid traps with cameras, **Environ. Entomol.**, vol. 43, no. 2, pp. 421–431, 2014.
- SCIARRETTA, A.; CALABRESE, L. Advances in insect monitoring in precision agriculture: opportunities and challenges. **Agriculture**, v. 9, n. 8, 2019. DOI: 10.3390/agriculture9080168.
- TINOCO, T. J., da Silva, P. L., & da Rocha, A. P. S. (2023). MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E DOENÇAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS. **Revista Contemporânea**, 3(11), 22675–22697. <https://doi.org/10.56083/RCV3N11-135>
- THANGALAKSHMI, P.; RAMANUJAN, A. Electronic traps for monitoring agricultural pests: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 114, p. 99-108, 2015. DOI: 10.1016/j.compag.2015.04.013.
- WAQUIL, J. M. Efeito de fatores bióticos e abióticos no desempenho de pragas em

milho safrinha. **Agronomia**, v. 42, n. 1, p. 25-34, 2005.