

CAMAS: Arduino e Inovação para o Controle Inteligente de Colônias de *Musca domestica*

BRUNO MADEIRA¹; DAVI BARWALDT DUTRA²; DIULIANI FONSECA MORALES³; GRATCHELA DUTRA RODRIGUES⁴; RODRIGO FERREIRA KRÜGER⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – brunoo.madeiraa@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – ddavibarwaldt@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – diulimoralesfonseca@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – gratirodrigues.gdr@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – rfkruger@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A manutenção das condições adequadas para manter os animais em laboratório possui um alto valor do ponto de vista operacional, além de necessitar de manutenção frequente. Isso se dá devido a utilização de câmaras de criação que demandam controle da temperatura, sistemas de ar condicionado ou aquecedores, sistema integrado de fotoperíodo e manutenção da umidade (QUEIROZ; MILWARD-DE-AZEVEDO, 1991). Uma alternativa acessível e eficiente ao modelo mencionado é o Arduino, que nos últimos anos vem sendo utilizado como uma solução de baixo custo para projetos, visto que possui um hardware e software de fácil manipulação (KONDAVEETI *et al.* 2021).

O Arduino fornece uma plataforma de hardware que inclui todos os circuitos necessários para o funcionamento do microcontrolador, além de oferecer um ambiente de desenvolvimento de software para programação, não necessitando de um conhecimento aprofundado em eletrônica (MCROBERTS, 2015). Estas placas possuem portas digitais e analógicas que facilitam a conexão de diversos tipos de sensores e outros periféricos. Sendo uma plataforma de código aberto (*Open source*), existe uma grande comunidade de usuários que disponibilizam bibliotecas e programas que podem deixar o processo de criação e manutenção de um projeto, como um microambiente, muito mais simples (JESUS, 2017).

Um exemplo de sensor é o IDHT22. Ele possui uma alta precisão na medição de temperatura e umidade de alta confiabilidade. Ele envia pulsos serializados para que o arduino processe os dados, trazendo valores em °C e em porcentagem no caso da umidade. A mensuração destes fatores é fundamental para diversas indústrias (SRIVASTAVA, *et al.* 2018), como também para a criação de insetos. Logo um sensor deste tipo se torna essencial para o monitoramento de insetos em laboratório.

Um modelo biológico que pode ser amplamente utilizado e que há alta disponibilidade de informações biológicas é a *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae). A manutenção de colônias em laboratório da mosca doméstica auxilia nos experimentos de veiculação de patógenos (De Jesus, *et al.* 2004) até mesmo nos trabalhos de controle biológico (CAVALHEIRO *et al.* 2024). Um método de baixo custo e que seja eficiente para o propósito de criação torna-se fundamental para a criação deste insetos de maneira constante ao longo do ano. Muitas vezes o trabalho torna-se impossibilitado devido a impossibilidade de coletar estes animais na natureza devido a fatores climáticos dentre estes o frio e chuva (COHEN, 2018).

A mosca doméstica possui uma grande importância econômica devido a sua presença na pecuária de leite e na produção de suínos e avícolas (GEDEN, et al. 2024). Essa espécie é vetora de diversos patógenos como vírus, bactérias, protozoários e ovos de helmintos, como exemplo de bactéria, a espécie *Pasteurella multocida*, responsável pela doença respiratória bovina (DRB) (NEUPANE et al. 2019). Dessa forma ela causa diversas perdas por conta da contaminação dos produtos de origem animal, como carne, ovos, etc. Além do mais, devido sua presença em ambientes residenciais, ela acaba por trazer uma menor qualidade de vida para as pessoas que ali vivem (LARRAIN, et al. 2008).

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa de baixo custo para o monitoramento das condições de criação de insetos, utilizando *Musca domestica* como modelo de estudo, por meio da aplicação do sistema Arduino.

2. METODOLOGIA

Adultos de *Musca domestica*, capturados na zona urbana do município de Pelotas-BR utilizando rede entomológica e fígado bovino em decomposição como isca, foram mantidos no Laboratório de Biologia de Insetos do Instituto de Biologia da UFPEL, utilizando-se uma câmara climática ajustada para manter a temperatura em 26°C, com uma variação permitida de $\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de 75% e um ciclo de luz de 12 horas seguido de 12 horas de escuridão. A partir do método descrito em DETOGNI et al. 2023 e CAVALHEIRO et al. 2024, os adultos foram mantidos em gaiolas de criação com dimensões de 40x40x40 cm e alimentados com uma dieta de farinha de carne e açúcar na proporção de 1:2, com água disponível em recipientes protegidos por algodão. O substrato para a postura dos ovos consistiu na mistura umedecida de farinha de peixe, farinha de trigo e vermiculita na proporção de 3:1:2, facilitando a coleta de ovos e desenvolvimento larval (CAVALHEIRO et al. 2023). As larvas de terceiro ínstar ao completarem a alimentação e abandonarem a dieta de criação, caíram em vermiculita úmida, mantendo-se nas condições até a emergência dos adultos, que foram usados para renovar a colônia. Para o experimento, foi monitorado as condições de uma gaiola de adultos com alimento larval para postura.

Para medir as condições do laboratório de insetos foi desenvolvido o sistema automatizado de coleta de temperatura, umidade relativa e gás, utilizando um Arduino Uno R3, um módulo de cartão SD, e os sensores IDHT22 e Mq135. Os dados foram registrados a cada minuto durante 24 horas, medindo temperatura ($^\circ\text{C}$), umidade (%) e amônia (PPM). Ao protótipo damos o nome de Sistema de Monitoramento de Clima e Amônia com Arduino (CAMAS, sigla em inglês). Após a coleta dos dados, as variáveis medidas foram analisadas utilizando o software R, com o auxílio do pacote Tidyverse. Foram calculadas as médias, mínimos e máximos de cada variável, proporcionando uma visão geral dos valores registrados. Além disso, para uma melhor visualização do comportamento das variáveis e detecção de possíveis anomalias, foram construídos gráficos, facilitando a interpretação dos resultados e destacando eventuais padrões ou desvios nos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 24 horas de experimento, o protótipo registrou 1.440 leituras, nas quais foram analisadas as condições da gaiola (temperatura, umidade e amônia), sendo calculada a média das medições por hora. A umidade apresentou uma

média de 83,8%, variando entre 82% e 86%. A temperatura teve uma média de 23,52°C, com variações de 23°C a 24°C. Já os níveis de amônia registraram uma média de 45,04, oscilando entre 41 e 50. Esses resultados indicaram uma relativa estabilidade nas condições monitoradas, com variações modestas ao longo do período observado.

De acordo com os resultados apresentados conseguimos verificar que picos de umidade foram acompanhados pelos picos de amônia, que intensificam o odor no laboratório de criação de insetos, visto no horário das 20 horas do dia 7 de outubro. Ao permanecer da sala de criação foi possível o odor fétido tende a ficar mais forte quando as partes por milhão alcançam a casa dos 45, momento no qual será acionado o exaustor. Em relação a temperatura ajustes serão feitos no medidor dessa variável para que até a 2^o casa decimal seja medida, aumentando a acurácia do sensor.

Desse modo, este experimento demonstrou que os sensores IDHT22 e Mq135 possuem sensibilidade suficiente para capturar variações nas condições ambientais, destacando-se pela capacidade de monitorar com precisão a temperatura, umidade e concentração de amônia ao longo do dia. A exatidão desses dados é essencial para o progresso do projeto, pois constitui a base para o desenvolvimento de um sistema eficiente no controle dessas variáveis, garantindo maior precisão e confiabilidade no gerenciamento das condições ambientais.

Do ponto de vista biológico, o estudo das moscas, especialmente em relação à sua biologia e comportamento, é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle biológico (AXTELL, 1986). A manutenção de colônias de moscas em condições controladas permite aos pesquisadores observar e compreender melhor suas interações ecológicas e respostas a diferentes variáveis ambientais (LAWYER, *et al.* 2017). Essa compreensão é essencial para o aprimoramento de métodos de manejo e controle, contribuindo para a redução do uso de pesticidas e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (LECHENET, *et al.* 2014). Portanto, a criação de um protótipo como o CAMAS não apenas facilita a manutenção dessas colônias, mas também desempenha um papel crucial na pesquisa sobre o uso de moscas como agentes de controle biológico.

4. CONCLUSÕES

O protótipo CAMAS foi desenvolvido a um custo aproximadamente 51 vezes inferior ao das incubadoras BOD disponíveis no mercado, tornando-se uma solução altamente acessível. Como continuação deste projeto, planeja-se desenvolver um equipamento que auxilie pesquisadores, oferecendo uma estrutura prototípica para a manutenção de colônias e realização de experimentos. Nos próximos testes de aprimoramento, a intenção é integrar mais periféricos, possibilitando o monitoramento remoto de parâmetros biofísicos.

O Arduino, como plataforma de hardware, demonstra grande potencial para a ciência, e este projeto exemplifica esse valor, ao proporcionar resultados promissores com um investimento reduzido.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXTELL, RICHARD C. Fly management in poultry production: cultural, biological, and chemical. **Poultry Science**, v. 65, n. 4, p. 657-667, 1986.

- CAVALHEIRO, Caroline da Silva *et al.* Controlling house fly populations under laboratory conditions: *Hydrotaea aenescens* larvae as effective predator. **Journal of Applied Entomology**, 2024.
- COHEN, Allen Carson. Standards for effective insect rearing science and technology papers. **Advances in Entomology**, v. 6, n. 4, p. 256-284, 2018.
- DE JESUS, Antonio J. *et al.* Quantitative contamination and transfer of *Escherichia coli* from foods by houseflies, *Musca domestica* L.(Diptera: Muscidae). **International journal of food microbiology**, v. 93, n. 2, p. 259-262, 2004.
- GEDEN, Christopher J. *et al.* Comparative susceptibility of adult house fly (Diptera: Muscidae) and an important predator, *Carcinops pumilio* (Coleoptera: Histeridae), to *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae). **Journal of Medical Entomology**, p. tjae075, 2024.
- JESUS, Gradimilo Cândido de. Desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento do ambiente via wireless para o biotério da UFOP. 2017.
- KONDAVEETI, Hari Kishan *et al.* A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. **Computer Science Review**, v. 40, p. 100364, 2021.
- LARRAÍN, P. S; SALAS, C.F. House fly (*Musca domestica* L.) (Diptera: Muscidae) development in different types of manure. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.68, p.192-197, 2008.
- LAWYER, Phillip *et al.* Laboratory colonization and mass rearing of phlebotomine sand flies (Diptera, Psychodidae). **Parasite**, v. 24, 2017.
- LECHENET, Martin *et al.* Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. **PloS one**, v. 9, n. 6, p. e97922, 2014.
- MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico-2ª edição: Tudo sobre o popular microcontrolador Arduino**. Novatec Editora, 2015.
- NEUPANE, Saraswoti; NAYDUCH, Dana; ZUREK, Ludek. House flies (*Musca domestica*) pose a risk of carriage and transmission of bacterial pathogens associated with bovine respiratory disease (BRD). **Insects**, v. 10, n. 10, p. 358, 2019.
- QUEIROZ, Margareth M.; MILWARD-DE-AZEVEDO, Eliane. Técnicas de criação e alguns aspectos da biologia de *Chrysomya albiceps* (Wiedemann)(Diptera, Calliphoridae), em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 8, p. 75-84, 1991.
- SRIVASTAVA, Deeksha; KESARWANI, Awanish; DUBEY, Shivani. Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 5, n. 12, p. 876-878, 2018.
- TOGNI, William De *et al.* The predatory behavior of *Hydrotaea albuquerquei* (Lopes) larvae on the larvae of *Musca domestica* Linnaeus under laboratory conditions. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 67, p. e20230054, 2023.