

Sistema IOT de monitoramento de Colmeias de Abelhas *Apis Mellifera*

Raylander Marques², Wellington Franco², Samuel L. Pinheiro¹,
Joao Isaac S. Miranda¹, Emannuel Diego G. de Freitas¹, Renato William R. de Souza¹

¹Centro de Inovação e Difusão de Tecnologias para o Semiárido (CIDTS)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Caixa Postal 63.870-000 – Boa Viagem – CE – Brasil

²Campus de Crateús
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Crateús, CE – Brasil

{diego, renato.william}@ifce.edu.br, raylandermarques@alu.ufc.br

Abstract. *The adoption of the Internet of Things (IoT) in the beekeeping sector is crucial for addressing the contemporary challenges of honey production. This article presents a monitoring system for honeybee hives (*Apis Mellifera*), operating in apiaries in the Ceará hinterland. By utilizing sensors for temperature, humidity, weight, and a magnetic sensor, the system transmits real-time data via LoRa technology. The tests showed promising results, reducing visits to the apiary and improving management by the beekeeper. The project is developed in collaboration with local beekeepers, allowing for a closer understanding of the real needs that the application must address, making it feasible for honey producers to implement.*

Resumo. *A adoção da Internet das Coisas (IoT) no setor apícola é crucial para enfrentar os desafios contemporâneos da produção de mel. Este artigo apresenta um sistema de monitoramento para colmeias de abelhas *Apis Mellifera*, operando em apiários no sertão cearense. Utilizando sensores de temperatura, umidade, peso e um sensor magnético, o sistema transmite dados em tempo real via tecnologia LoRa. Os testes mostraram resultados promissores, reduzindo visitas ao apiário e uma melhor gestão do mesmo pelo apicultor. O projeto é desenvolvido em conjunto com apicultores da região o que permite uma maior proximidade das reais necessidades que a aplicação deve ter, sendo assim possível de ser implementado para os produtores de mel.*

1. Introdução

A atual transição do paradigma tecnológico mundial é um fenômeno revolucionário que está remodelando a sociedade e os negócios de mercado [Cota et al. 2023]. Essa transição é marcada pela ampla adoção de tecnologias baseadas em Conectividade e Inteligência Artificial, configurando a chamada 4ª Revolução Industrial, e permeia os vários segmentos socioeconômicos originando termos como Agro 4.0.

Contrastando com esse cenário, a apicultura, embora seja uma atividade agrícola de grande relevância aos sistemas produtivos locais, sofre com entraves que atrasam o seu desenvolvimento por carência de tecnologias avançadas para auxílio ao manejo

[Monteiro et al. 2015]. Com vista para esse desafio, várias pesquisas vêm sendo conduzidas com objetivo de promover avanços tecnológicos na apicultura e fortalecer a ideia da Apicultura de Precisão, conceito presente no contexto da Apicultura 4.0. Segundo [Cota et al. 2023], a abordagem relacionada à Apicultura de Precisão é baseada em metodologias para mitigar o estresse ocasionado pela intervenção humana no biosistema das colônias, melhorando a produtividade. Outra característica importante é de reduzir a quantidade de trabalho necessária para o gerenciamento do apiário e simplificaria a recuperação de dados de cada colmeia [Meikle and Holst 2015].

Para tanto, essas metodologias costumam ser organizadas em três fases: coleta de dados, processamento de dados e fase de apresentação dos dados [Bumanis 2020] em que, nesta última, o objetivo é apresentar ao usuário final informações diretas para tomadas de decisão. Essas informações são construídas na fase de processamento, em que os dados passam por métodos de análise estatística [Henry et al. 2019] aplicados sobre os dados coletados.

Na etapa de coleta, os dados podem ser capturados por diferentes tipos de sensores para monitoramento, por exemplo, peso, temperatura, umidade, sons, etc [Monteiro et al. 2015]. Os sensores da coleta de dados podem ser colocados dentro ou fora da colmeia e, como eles, a colmeia pode se tornar “inteligente”, ao tempo que evolui para um nó de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), proporcionando supervisão remota e em tempo real por meio de aplicativos específicos em diferentes dispositivos [Danieli et al. 2024].

Dessa forma, é apresentado neste trabalho uma solução tecnológica para apicultura de precisão que tem por objetivo contribuir com a gestão de apiários, buscando tanto a maximização da produtividade, quanto a verificação da saúde e o bem-estar das colônias. Como principal contribuição, propomos uma arquitetura baseada em IoT de baixo custo, adequada às condições de escassez do semiárido do nordeste brasileiro.

2. Material e métodos

Nesta seção serão apresentados os materiais e métodos utilizados no sistema de monitoramento de colmeias. O sistema desenvolvido apresenta a arquitetura mostrada na Figura 1. A arquitetura deste projeto é composta por três etapas: a primeira envolve a coleta de dados de cada colmeia; a segunda, o processamento e envio desses dados para o servidor; e a terceira, a exibição das informações coletadas.

2.1. Captação de dados

A primeira etapa é composta por um sistema de coleta de dados das colmeias, utilizando uma arquitetura que captura dados de temperatura e umidade interna, além do peso total da colmeia. Para obter esses dados foram utilizados o sensor BME280, que é capaz de medir temperatura, umidade, pressão atmosférica e altitude [Sensortec 2024]. Para obter o dado de peso da produção de cada colmeia, foram utilizadas um kit de células de carga, composto de 4 células de carga de 50kg e um controlador responsável por aferir e amplificar a leitura das células de carga (HX711 [Semiconductor 2024]). E por último, é utilizado um sensor magnético MC-38, ele é empregado para detectar a abertura da colmeia. Ele é crucial para monitorar eventos de manutenção realizados pelo apicultor ou para alertar sobre aberturas inesperadas, como tentativas de roubo, invasão ou queda da caixa. Este sensor melhora a segurança e a gestão das colmeias.

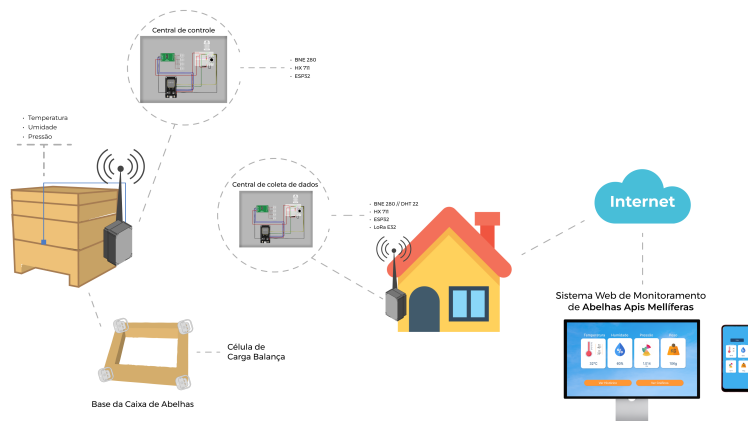


Figura 1. Arquitetura do Sistema proposto

Junto aos sensores descritos anteriormente, temos um microcontrolador ESP32 [Systems 2024], altamente versátil, com capacidades de Wi-Fi e Bluetooth integradas. No contexto deste projeto, o ESP32 é utilizado para processar os dados coletados pelos sensores BME280, pelas células de carga e pelo sensor magnético MC-38 [Synacorp 2024], além de gerenciar a comunicação com o rádio LoRa.

Para a transmissão dos dados coletados, foi utilizado o rádio LoRa (Long Range - modelo Ebyte e32 433T20D [Technology 2024]). Este módulo garante que os dados das colmeias sejam enviados de forma eficiente para a estação base, em que podem ser analisados em tempo real. Todos esses dispositivos eletrônicos descritos anteriormente são alimentados por duas baterias de lítio de 3800 mAh em conjunto com uma placa solar para alimentação de 3W, a escolha deste método foi devido há indisponibilidade de energia elétrica no apiário. As especificações de leitura e funcionamento dos sensores estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações sensores

Sensor	Faixa de tensão	Faixa de Leitura	Precisão
ESP32	2.V à 12V		
BME280	1.7V à 3.6V	-40 à 80°C e 300 à 1100hPa	±1°C
Célula de carga de 50kg	5V à 10V	-10 à +50°C	0.2%
Sensor magnético MC-38	1V à 200V	15mm à 25mm	
e32 433T20D	2.3V à 5.5V	-144dBm à 147dBm	

2.2. Transmissão de dados

Na etapa de transmissão de dados, foi utilizada a tecnologia LoRa devido à ausência de sinal de telefonia celular e internet no ambiente rural onde fica localizado o apiário. Tanto na obtenção dos dados quanto no *gateway*, a comunicação é feita via LoRa. O *gateway* possui um ESP32, que se comunica tanto pela rede LoRa quanto pela internet via Wi-Fi, permitindo o envio dos dados coletados para um servidor remoto em que podem ser

analisados em tempo real. Esse envio é realizado através de requisições HTTP a uma API (*Application Program Interface*) aplicada a uma tecnologia web de serviços (REST), que ficará encarregada de armazenar os dados recebidos e posteriormente apresentá-los em um sistema WEB. A alimentação do *gateway* é feita por energia elétrica através de uma fonte de tensão de 5v.

2.3. Apresentação de dados

A terceira e última etapa é responsável pela exibição dos dados. Nesta fase, uma página web permite que cada usuário cadastre seus apiários e colmeias, possibilitando a visualização dos dados coletados de suas colmeias. Na Figura 2 é ilustrada a página de exibição de dados de uma colmeia.

O sistema possui intervalos periódicos de envio, desse modo o sistema da colmeia realiza envios a cada 1 hora para o *gateway*, em que este processa e encaminha esses dados ao servidor, no qual este envio é realizado via requisição http para o servidor que é responsável por armazenar todos os dados coletados, além de quando necessário exibir os mesmos aos usuários através do website.



Figura 2. Tela do Sistema WEB

3. Resultados e Discussão

Até o momento da escrita, existem quatro colmeias em funcionamento com a estrutura tecnológica mencionada, na qual apenas uma possui a estrutura com balança instalada (Figura 3), as demais possuem o sensor BME280 obtendo dados de temperatura, umidade, pressão e altitude, além do sensor magnético MC-38. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 2, na qual de forma resumida tem-se os dados obtidos dos sensores instalados em uma das colmeias apresentados em uma interface WEB.

Os resultados dos testes são bastante promissores, uma vez que o sistema já está em funcionamento em um apiário no sertão cearense. Com isso, o apicultor dispõe de uma ferramenta de monitoramento em tempo real da sua produção apícola, reduzindo a necessidade de visitas frequentes ao apiário. Ele pode acompanhar, de casa, as condições de bem-estar e a produtividade das abelhas por meio do sistema.

Durante os testes, enfrentamos desafios significativos, como intempéries, incluindo chuvas que causaram problemas nas caixas, resultando na entrada de água. Houve também descarregamento das baterias devido ao sombreamento da vegetação, o que impediu o carregamento adequado das baterias através das placas solares e, conseqüentemente, o desligamento do sistema. Outro desafio foi a propolização dos sensores pelas abelhas, que afetou as leituras; para mitigar esse efeito, foram desenvolvidos encapsulamentos específicos. Além disso, enfrentamos dificuldades relacionadas à calibração da balança.

Como mencionado anteriormente, o sistema está atualmente em operação em um ambiente real de aplicação, especificamente nos apiários. Apesar disso, passa por uma avaliação contínua e correção de erros para garantir sua funcionalidade e robustez, minimizando a necessidade de intervenções de manutenção. Já existem cooperativas e associações de produtores de mel da região demonstrando interesse no sistema proposto. Além disso, o governo, em suas esferas federal e estadual, também manifesta interesse em implementar esse sistema como projetos piloto em áreas destacadas pela produção de mel.



Figura 3. Protótipo Instalado em Campo

4. Conclusão

Este trabalho demonstrou a viabilidade do sistema de monitoramento de colmeias de abelhas *Apis Mellifera*, evidenciando seu potencial para transformar a apicultura no Brasil. A implementação em ambiente real revelou resultados promissores, proporcionando aos apicultores uma ferramenta valiosa para o monitoramento em tempo real de suas produções.

Apesar dos desafios enfrentados as soluções adotadas foram eficazes na mitigação desses problemas, assegurando a funcionalidade do sistema. O interesse manifestado por cooperativas, associações de produtores e órgãos governamentais reforça a relevância e o impacto positivo que esta tecnologia pode trazer para a sustentabilidade da apicultura.

Futuras atualizações podem focar na ampliação do sistema para diferentes contextos e na inclusão de novas funcionalidades, visando sempre a melhoria contínua e a adaptação às necessidades dos apicultores.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR) pelo apoio fornecido financeiro ao longo deste trabalho.

Referências

- [Bumanis 2020] Bumanis, N. (2020). Data fusion challenges in precision beekeeping: a review. *Research for Rural Development 2020 : annual 26th International scientific conference proceedings*.
- [Cota et al. 2023] Cota, D., Martins, J., Mamede, H., and Branco, F. (2023). Bhivesense: An integrated information system architecture for sustainable remote monitoring and management of apiaries based on iot and microservices. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3):100110.
- [Danieli et al. 2024] Danieli, P. P., Addeo, N. F., Lazzari, F., Manganello, F., and Bovera, F. (2024). Precision beekeeping systems: State of the art, pros and cons, and their application as tools for advancing the beekeeping sector. *Animals*, 14(1).
- [Henry et al. 2019] Henry, E., Adamchuk, V., Stanhope, T., Buddle, C., and Rindlaub, N. (2019). Precision apiculture: Development of a wireless sensor network for honeybee hives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156:138–144.
- [Meikle and Holst 2015] Meikle, W. G. and Holst, N. (2015). Application of continuous monitoring of honeybee colonies. *Apidologie*, 46:10–22.
- [Monteiro et al. 2015] Monteiro, E., Khan, A., Campos, K., and Lima, P. V. (2015). Inovação e tecnologia no arranjo produtivo de apicultura no nordeste paraense. *Revista de Política Agrícola*, 23(4).
- [Semiconductor 2024] Semiconductor, A. (2024). Analog-to-digital converter (adc) for weigh scales. <https://encurtador.com.br/zxdMc>. Acs. em: 04-07-2024.
- [Sensortec 2024] Sensortec, B. (2024). Humidity sensor bme280. <https://encurtador.com.br/ZWOFT/>. Acs. em: 04-07-2024.
- [Synacorp 2024] Synacorp (2024). Door window magnetic sensor switch for arduino / iot / alarm system. <https://encurtador.com.br/2v3aW>. Acs. em: 15-07-2024.
- [Systems 2024] Systems, E. (2024). Esp32 wroom 32 datasheet. <https://encurtador.com.br/Gx2MV>. Acs. em: 04-07-2024.
- [Technology 2024] Technology, C. E. E. (2024). Ebyte e32-433t20d. <https://www.cdebyte.com/products/E32-433T20D>. Acs. em: 04-07-2024.