

COLMEIA SMART: DO CAMPO À NUVEM

SMART HIVE: FROM THE FIELD TO THE CLOUD

Adalberto Falcão de Souza^{1, i}
Ederson Duarte Bonfim^{2, ii}
Cainã Antunes Silva^{3, iii}
José Carlos Tomas Kurfurst^{4, iiiii}
Michael da Fonseca^{5, iiiii}
Sabrina Santos Gonçalves Bonfim^{6, iiiiii}

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e aplicação de um sistema mecatrônico de monitoramento e controle térmico em colmeias de abelhas Mandaçaia, uma espécie nativa brasileira de grande importância para a biodiversidade e polinização. O estudo visa solucionar o problema do controle de temperatura e umidade interna da colmeia, fundamental para a saúde e produtividade das abelhas, que enfrentam dificuldades para regular esses fatores de forma natural. Foram utilizados sensores para monitoramento contínuo das condições ambientais e um módulo Peltier para controle ativo da temperatura, com os dados sendo exibidos em um display LCD e acessados remotamente por uma interface WEB. Os resultados indicaram que o sistema foi eficaz em manter a estabilidade térmica dentro da colmeia, reduzindo o esforço das abelhas e promovendo um ambiente favorável para sua sobrevivência e produtividade. O estudo conclui que a aplicação de tecnologias acessíveis pode contribuir significativamente para a preservação de abelhas nativas e para a sustentabilidade da polinização, sugerindo ainda que pesquisas futuras explorem a adaptação dessa tecnologia para outras espécies e condições climáticas.

Palavras-chave: Colmeia Smart; Meliponicultura; Abelha; Mandaçaia; Polinização.

ABSTRACT

This article presents the development and application of a mechatronic system for monitoring and thermal control in hives of Mandaçaia bees, a native Brazilian species of great importance to biodiversity and pollination. The study aims to address the

¹Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial na Faculdade SENAI. E-mail: adalberto.souza@sp.senai.br

²Graduado em Tecnologia Ambiental na UNISO e Engenharia de Produção na Universidade de Franca, Pós-graduado em Gestão da Produção pela UFSCar, Black Belt pela Vanzolini e Certificação Profissional pelo MIT, cursando Mestrado em Administração na UFSCar. E-mail: ederson.duarte@sp.senai.br

³Graduado em Sistemas Biomédicos pela FATEC e em Engenharia da Computação pela FACENS, com pós-graduação em Docência no Ensino Superior pela UNOPAR. E-mail: caina497@gmail.com

⁴Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial na Faculdade SENAI. E-mail: josekurfurst@gmail.com

⁵Graduado em Tecnologia Mecatrônica Industrial na Faculdade SENAI. E-mail: Michael.bbs7@gmail.com

⁶Graduada em Tecnologia em Agronegócio na Fatec e Gestão Recursos Humanos na UNISO, Pós-Graduada em Recursos Humanos com ênfase em Treinamento e Desenvolvimento no SENAC e Meliponicultura e Apicultura na Universidade de Taubaté. E-mail: sabrinagonbonfim@gmail.com

problem of internal temperature and humidity control in the hive, essential for bee health and productivity, as they face difficulties in naturally regulating these factors. Sensors were used for continuous monitoring of environmental conditions, and a Peltier module provided active temperature control, with data displayed on an LCD screen and accessed remotely via a web interface. The results indicated that the system was effective in maintaining thermal stability within the hive, reducing the bees' effort and promoting a favorable environment for their survival and productivity. The study concludes that the application of accessible technologies can significantly contribute to the preservation of native bees and the sustainability of pollination, further suggesting that future research explores the adaptation of this technology to other species and climate conditions.

Keywords: Smart Hive; Meliponiculture; Mandaçaia; Bee; Pollination.

1 INTRODUÇÃO

As abelhas desempenham um papel crucial na polinização e na manutenção da biodiversidade. Segundo Silva (2019) as abelhas sendo responsáveis por cerca de 75% da polinização das culturas agrícolas no mundo. Entre as espécies nativas brasileiras, temos a Mandaçaia que é o foco dos nossos estudos.

De acordo com Campos (2010) essas abelhas enfrentam desafios significativos relacionados ao controle adequado de suas colmeias. As variações de temperatura interna exigem que as abelhas gastem uma grande quantidade de energia para regular o ambiente, impactando diretamente sua capacidade de reprodução.

Diante desse cenário, a pesquisa aqui apresentada propõe uma abordagem inovadora para o manejo das colmeias, utilizando tecnologias de monitoramento como sensores DHT11 e módulo Peltier. O objetivo central é investigar como essas ferramentas podem contribuir para melhorar o controle térmico dentro das colmeias de abelhas Mandaçaia, promovendo a criação de condições ambientais mais estáveis e adequadas para a sua sobrevivência. Além disso, o estudo busca trazer contribuições teóricas e práticas, oferecendo soluções tecnológicas acessíveis para pequenos e médios meliponicultores, incentivando a preservação dessas espécies nativas e a sustentabilidade da polinização.

Ao integrar tecnologia ao manejo apícola, o presente estudo não só se propõe a otimizar o controle ambiental das colmeias, mas também a fomentar uma maior conscientização sobre a importância da preservação das abelhas nativas. A relevância dessa pesquisa reside no impacto que ela pode ter para a meliponicultura sustentável, bem como na contribuição para o debate científico sobre a utilização de soluções mecatrônicas no manejo de polinizadores.

1.1 Problema de pesquisa

As abelhas Mandaçaia enfrentam desafios significativos em colmeias sem controle térmico adequado, o que compromete sua sobrevivência e produtividade. A variação de temperatura interna exige que as abelhas gastem energia para regular o ambiente, limitando suas atividades essenciais, como a polinização. Esse esforço, aliado à falta de conscientização sobre a preservação das abelhas nativas, coloca essas espécies em risco.

1.2 Objetivo(s)

1.2.1 Objetivo geral

Investigar como o uso de tecnologias de monitoramento, como sensores e módulo Peltier, podem melhorar o controle térmico em colmeias de abelhas Mandaçaia, promovendo sua sobrevivência e aumentando sua produtividade, com foco na preservação dessas abelhas nativas e na sustentabilidade dos ecossistemas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Monitorar a temperatura e a umidade interna e externa da colmeia, utilizando sensores DHT11, para analisar as condições ambientais que afetam a saúde e o comportamento das abelhas.
- Aplicar o módulo Peltier para controlar a temperatura da colmeia e verificar sua eficácia na manutenção de um ambiente adequado para as abelhas.
- Avaliar o impacto do controle térmico sobre a atividade das abelhas Mandaçaia.

1.3 Justificativa

A preservação das abelhas nativas, como a Mandaçaia, é essencial para a polinização e a biodiversidade, mas essas espécies enfrentam desafios significativos com o controle térmico inadequado das colmeias. A pesquisa propõe o uso de tecnologias, como sensores DHT11 e módulo Peltier, para monitorar e regular a temperatura e a umidade das colmeias, visando melhorar a saúde e a produtividade dessas abelhas. Isso aborda uma lacuna no estágio atual da teoria sobre manejo apícola.

Além de contribuir para o avanço científico, a pesquisa tem relevância prática ao sugerir soluções inovadoras e acessíveis para pequenos apicultores. A importância social e ambiental é clara, uma vez que as abelhas são vitais para a polinização e a sustentabilidade dos ecossistemas. A aplicação dessas tecnologias pode promover práticas apícolas mais eficientes e sustentáveis, beneficiando a biodiversidade e a economia local.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Abelhas nativas

As abelhas, exercem um papel crucial na manutenção da biodiversidade e na sustentabilidade dos ecossistemas. Como polinizadores eficientes, essas abelhas contribuem significativamente para a reprodução de diversas espécies de plantas, garantindo a produção de alimentos e a preservação da flora nativa.

Dados levantados pelo IPBE - Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2016), apontam que 75% dos cultivos de plantas destinados a alimentação humana dependem direta ou indiretamente da

polinização prestada por abelhas e outros polinizadores e desses, 35% dependem totalmente dos polinizadores para sua reprodução, no Brasil um estudo feito com plantas cultivadas. (SILVA, 2019, p.20)

Em relação às espécies de abelhas, podemos destacar a tribo Meliponini, que é o maior grupo de abelhas nativas brasileiras. Segundo Campos (2010), os meliponíneos são abelhas sociais que apresentam o ferrão atrofiado, o que impossibilita seu uso para defesa. Por essa característica, são frequentemente chamadas de abelhas sem ferrão.

2.2 Dificuldade das abelhas

A temperatura interna da colmeia é um fator crucial para a sobrevivência e o desempenho das abelhas, especialmente para as espécies nativas. De acordo com Ostrovski (2019), estudos mostram que as abelhas sem ferrão conseguem manter a temperatura do ninho entre 25° a 32°.

As abelhas enfrentam grandes dificuldades para sobreviver devido às variações de temperatura. Elas gastam uma quantidade significativa de energia para regular a temperatura dentro da colmeia, um processo essencial para a sua sobrevivência.

Baixas temperaturas diminuem o metabolismo, impedindo o vôo e outros movimentos. Temperatura muito elevada faz com que as abelhas diminuam as atividades externas e induz o comportamento de ventilação da colônia. (CAMPOS, 2010, p.4)

2.3 Sistemas mecatrônicos

2.3.1 Sensor DHT11

O sensor DHT11 é um dispositivo integrado de baixo custo, amplamente utilizado em aplicações de medição ambiental, que permite a aquisição simultânea de dados de temperatura e umidade relativa do ar. Oliveira (2016, p. 15) afirma que “O sensor de umidade e temperatura DHT11 é capaz de realizar medidas de temperatura de 0° C a 50° C com resolução de 1° C e acurácia de $\pm 1^\circ$ C. Sua medida de umidade tem alcance entre 20 % RH e 80 % RH medidas a 25° C.”

Seu funcionamento baseia-se na combinação de um sensor capacitivo para a medição da umidade e um termistor NTC para a medição da temperatura. A umidade relativa do ar é determinada pela variação da capacitância de um elemento sensível à umidade, enquanto a temperatura é inferida a partir da variação da resistência do termistor.

O DHT11 é um sensor de umidade relativa e temperatura com saída digital. Possui um sensor de umidade do tipo HR202 e como sensor de temperatura um termistor NTC (semicondutor sensível à temperatura, com coeficiente de resistividade negativo com o aumento da temperatura). (OLIVEIRA, 2016, p. 15)

Essa combinação de tecnologias torna o DHT11 uma ferramenta eficaz e

acessível para monitoramento ambiental.

2.3.2 Peltier

A tecnologia termoeétrica, baseada no efeito Peltier, encontra aplicação em diversos dispositivos através de módulos construídos com camadas alternadas de materiais semicondutores e isolantes.

Em 1821, Seebeck fez circular uma corrente elétrica direta em um circuito fechado, formado por dois semicondutores metálicos diferentes, ao submeter suas junções a temperaturas diferentes. Em 1834, Peltier descobre o efeito inverso ao efeito Seebeck, ou seja, uma corrente elétrica direta passou em um circuito formado por semicondutores diferentes, o que fez surgir em suas junções uma diferença de temperatura. (SILVA, 2021, p. 4)

A passagem de uma corrente elétrica através dessas junções induz o transporte de cargas elétricas, resultando em um fluxo de calor entre elas. O sentido do fluxo de calor depende da polaridade da corrente aplicada, permitindo tanto a refrigeração quanto o aquecimento.

2.3.3 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de sistema em chip (SoC), desenvolvido pela Espressif Systems. Ele se destaca por sua versatilidade, integrando em um único chip diversas funcionalidades que o tornam ideal para uma ampla gama de aplicações, principalmente na área da Internet das Coisas (IoT).

Silva (2021, p. 20) afirma que “A conectividade e integração do ESP32 é incorporada em seu chip transmissão sem fio, através de ondas de rádio, representadas por protocolos bluetooth e Wi-Fi. Possui uma conectividade em suas entradas digitais e analógicas de 3.3V, uma memória RAM de 520 Kb e 34 entradas GPIOs”.

2.3.4 LED emissor de luz e fototransistor

Os Diodos Emissores de Luz (LED) são componentes eletrônicos amplamente utilizados como fontes de luz em diversos sistemas ópticos, emitindo radiação eletromagnética em um espectro que abrange desde o infravermelho até o ultravioleta.

A detecção dessa radiação é frequentemente realizada por meio de fototransistores, dispositivos semicondutores cuja condutividade elétrica varia em função da intensidade da luz incidente. (PACHECO; ROQUITSKI; FRANKIV, 2013)

2.3.5 Display LCD

Um Display de Cristal Líquido (LCD) é um dispositivo eletrônico amplamente utilizado para a exibição de informações visuais. Esse tipo de display opera por meio da modulação da luz que atravessa cristais líquidos, os quais estão alinhados entre duas placas de vidro polarizadas.

Segundo Silva (2021) O LCD em questão possui uma matriz de 20 caracteres por 4 linhas, operando com uma tensão de alimentação de 5V. A interface de conexão é

composta por 16 pinos.

2.3.6 Relé

Um relé é um dispositivo eletromecânico que possibilita o controle de circuitos elétricos de alta potência mediante a utilização de um sinal elétrico de baixa potência. Em essência, atua como um interruptor controlado, permitindo a ativação ou desativação de circuitos de maior capacidade a partir de um sinal de menor intensidade.

Segundo Maia (2012, p. 30) afirma que “com pequenas tensões e correntes – envia uma corrente para a bobina do relé, este gera um campo magnético que atrai o contato, fechando o circuito de carga”.

3 METODOLOGIA

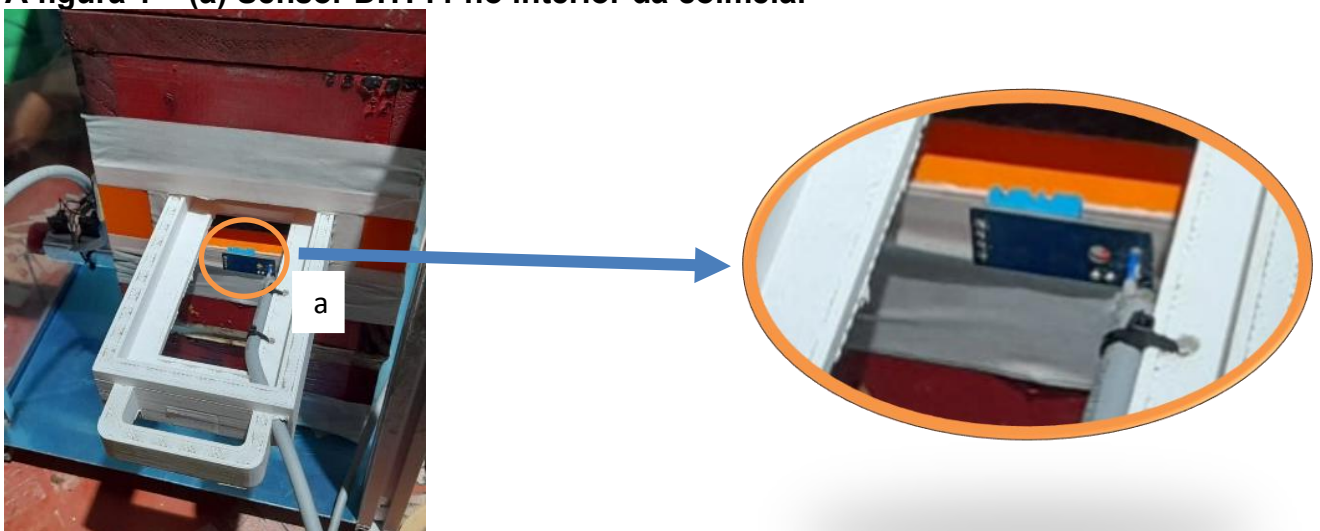
Para o desenvolvimento deste projeto, foram utilizados sensores para monitorar diversas grandezas físicas essenciais, tais como: temperatura, umidade e o fluxo de entrada e saída das abelhas. A colmeia foi enclausurada em uma estrutura especialmente projetada para controlar a temperatura e oferecer proteção adicional, garantindo um ambiente estável para as abelhas.

3.1 Tecnologia embarcada

O sensor DHT11 foi empregado para medir a temperatura e a umidade em três locais distintos: dentro da colmeia, no interior da estrutura protetora e na parte externa. Isso possibilitou uma visão abrangente das condições ambientais em diferentes áreas ao redor da colmeia. Na entrada da colmeia, foram instalados dois dispositivos, um LED emissor de infravermelho e um fototransistor, permitindo o monitoramento detalhado do fluxo de entrada e saída das abelhas, essencial para avaliar a saúde e a atividade da colmeia. Todas as leituras dos dados são exibidas em um display LCD 20x4, oferecendo uma interface adicional para a visualização.

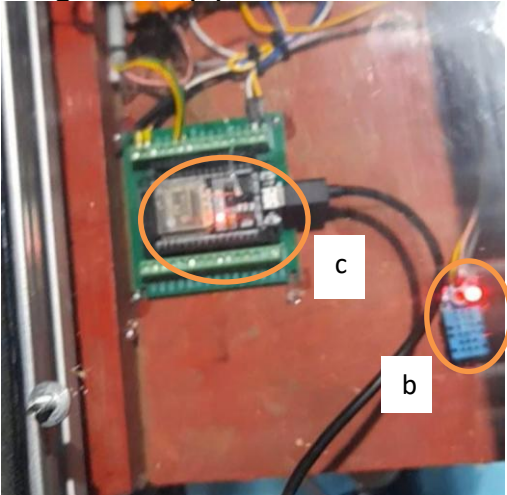
As figuras a seguir mostram o sensor DHT11 nos três ambientes, interno da colmeia, no enclausuramento e no ambiente externo, o controlador ESP32, o display LCD, os sensores de fluxo LED infravermelho e o fototransistor.

A figura 1 – (a) Sensor DHT11 no interior da colmeia.



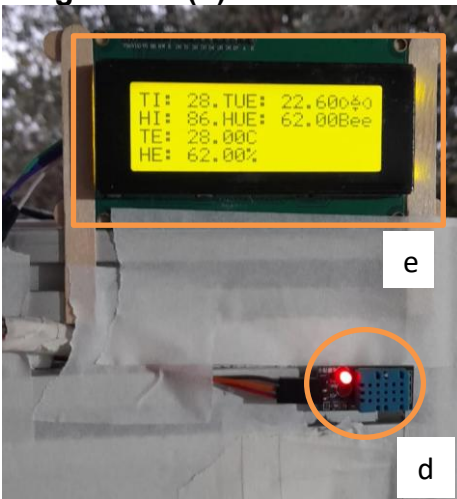
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A figura 2 – (b) Sensor DHT11 no interior da proteção. (c) Esp32.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

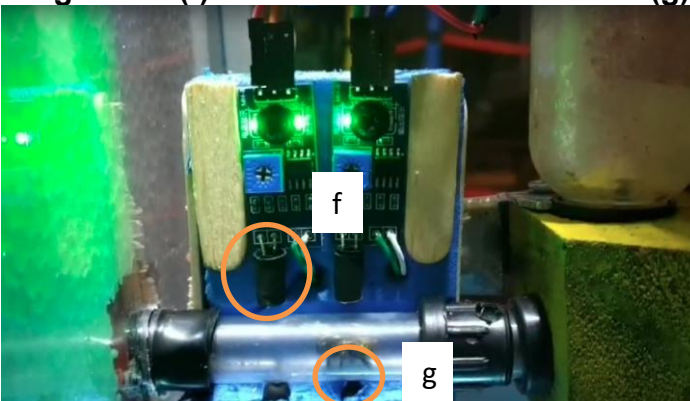
A figura 3 – (d) Sensor DHT11 no ambiente externo. (e) Display LCD 20x4.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Legenda:
 TI – Temperatura no interno da colmeia;
 HI – Umidade no interno da colmeia;
 TE – Temperatura no enclausuramento;
 HE – Umidade no enclausuramento;
 TUE – Temperatura no ambiente externo;
 HUE – Umidade no ambiente externo.

A figura 4 - (f) Sensor LED emissor de luz. (g) Fototransistor receptor de luz.



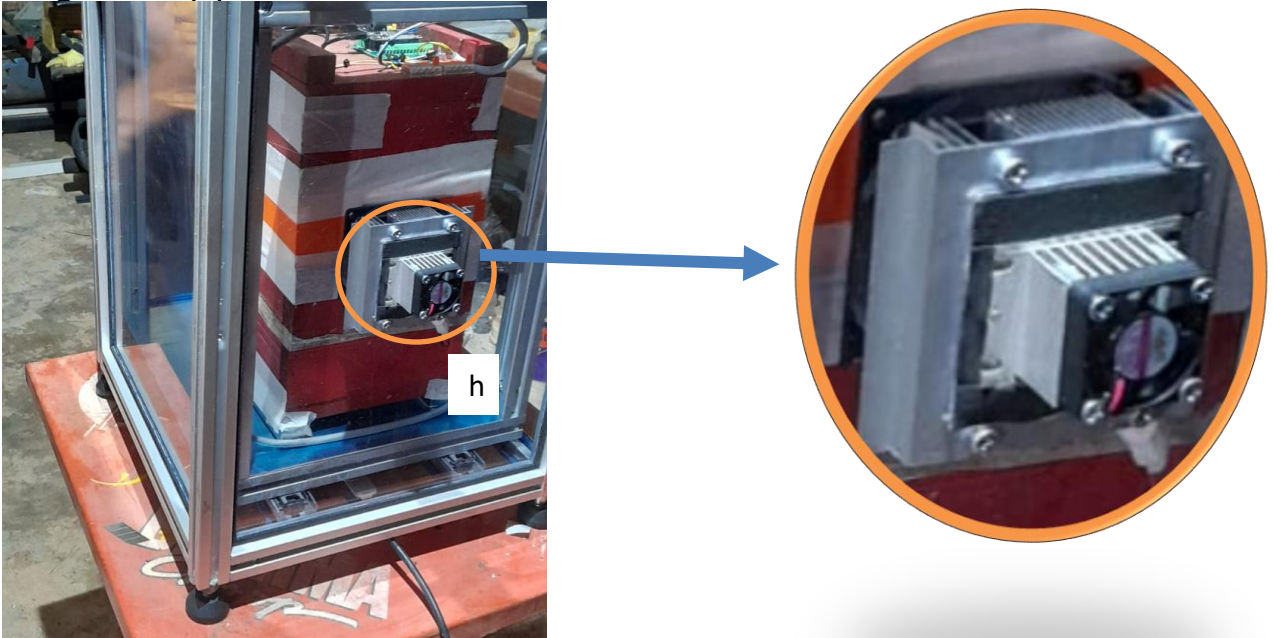
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O controle da temperatura foi realizado utilizando um sistema avançado composto

por um dissipador termoelétrico, que inclui um cooler duplo e uma pastilha Peltier de 12V. O gerenciamento desse sistema de controle térmico foi feito por um microcontrolador ESP32, que também é responsável pelo monitoramento geral. O acionamento do Peltier é controlado por um relé de 3.3V, conforme figura 5 e 6.

A figura 5 demonstra a instalação do Peltier.

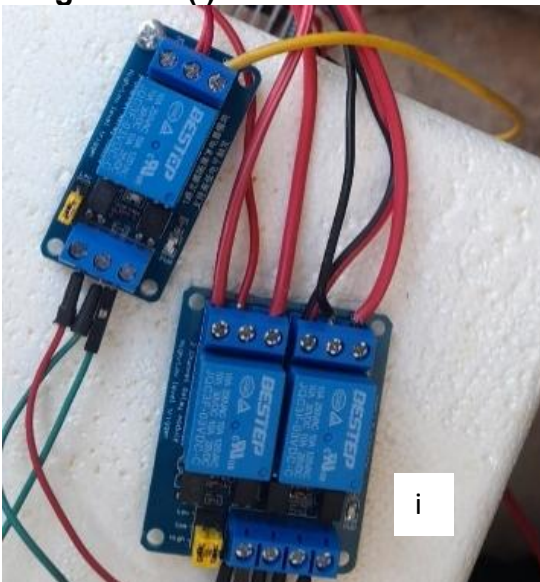
A figura 5 – (h) Peltier.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A figura 6 mostra o relé de acionamento do Peltier.

A figura 6 – (i) Relé 3.3 V.

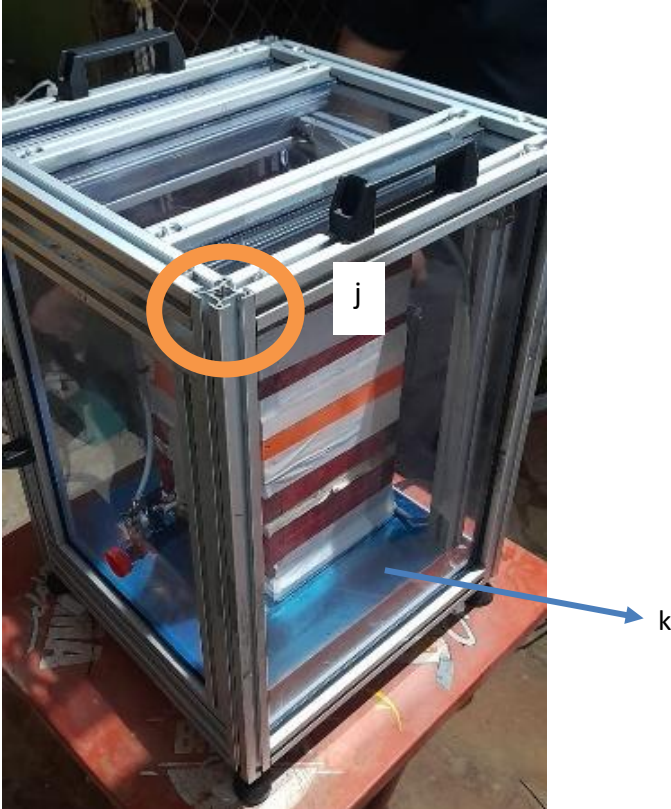


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2 Enclausuramento

No enclausuramento, foi utilizado perfil estrutural de alumínio com dimensões 30x30 mm e furação central M8. A vedação com o policarbonato foi inserido nos canais de 8 mm, fornecendo proteção e acabamento adequados.

A figura 7 demonstra o perfil estrutural usada e o policarbonato.
A figura 7 – (j) Perfil estrutural. (k) Policarbonato.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.3 Impressão 3D

Para posicionar o sensor dentro da colmeia, foi projetado e fabricado um módulo de PLA utilizando impressão 3D. Este módulo foi desenvolvido para criar uma barreira física que separa o sensor das abelhas, permitindo a coleta de dados sem que as abelhas tenham acesso ao sensor.

A figura 8 mostra como ficou o módulo de impresso:

A figura 8 – (l) Módulo desenvolvido.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

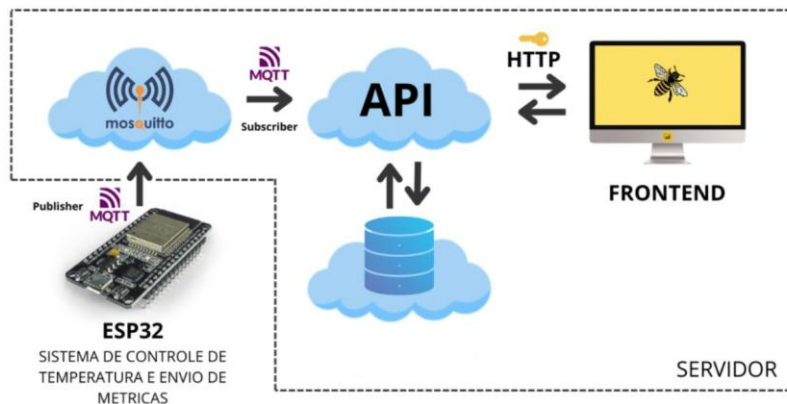
3.4 Aplicação WEB

Para facilitar o monitoramento e análise dos dados coletados pelos sensores, foi desenvolvida uma aplicação WEB. Essa aplicação permite visualizar os dados em

gráficos interativos, proporcionando uma maneira intuitiva e eficiente de monitorar as condições ambientais e o fluxo de abelhas em tempo real.

A figura 9 ilustra a estrutura da aplicação WEB que foi utilizada.

A figura 9 – Estrutura WEB



Fonte: Adaptada pelo autor (2024).

Com o protótipo funcionando, visamos melhorar a qualidade de vida das abelhas por meio do monitoramento e controle de temperatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

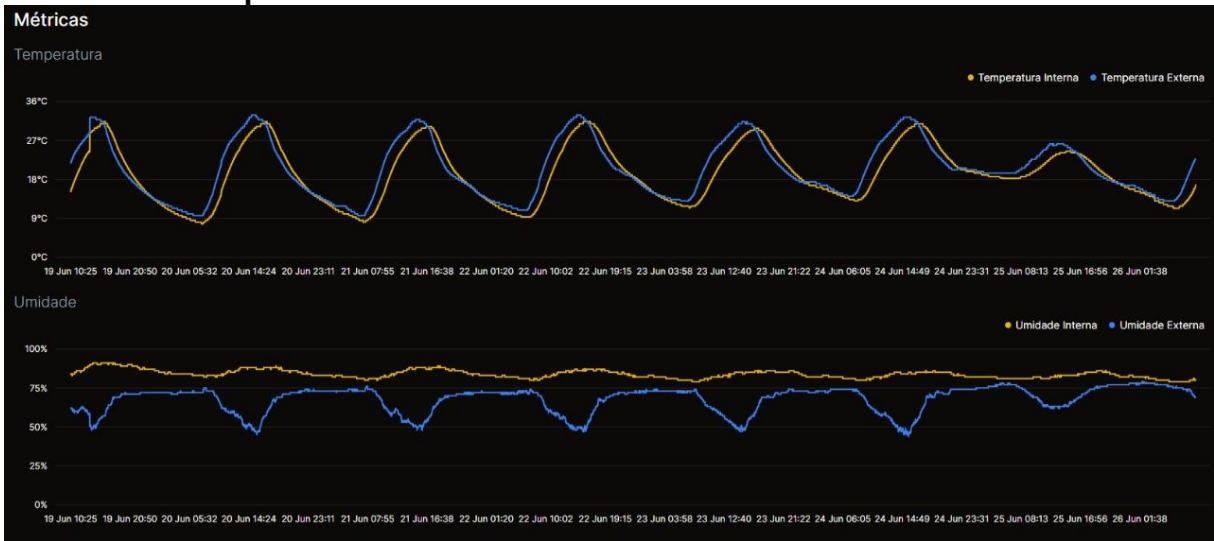
Foi realizada a implantação do projeto, marcando o início dos primeiros testes com a colmeia enclausurada. Neste estágio inicial, foram conduzidos experimentos focados no monitoramento e controle da temperatura dentro da colmeia. Este processo envolveu a configuração de sensores e sistemas de controle para garantir que as condições ambientais fossem adequadas para o funcionamento ideal da colmeia, bem como a aplicação da mecatrônica no projeto. Os testes iniciais foram fundamentais para ajustar e calibrar os sistemas, permitindo a coleta de dados essenciais para a otimização do projeto.

4.1 Primeira etapa

Iniciamos o monitoramento da temperatura e da umidade, além de começarmos o processo de enclausuramento da colmeia. Este marco foi crucial para conhecer as condições ambientais das abelhas.

A figura a seguir mostra o primeiro gráfico de temperatura e umidade coletado

A figura 11 – Gráfico do monitoramento da temperatura e umidade sem controle de temperatura.



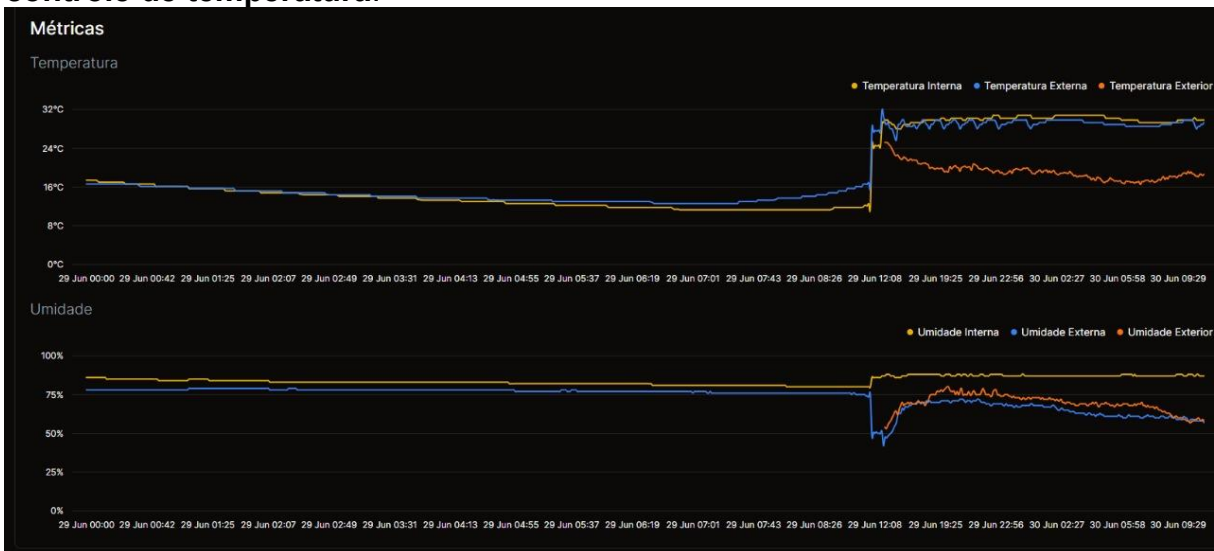
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2 Segunda etapa

Após a primeira etapa estar pronta nós instalamos o módulo Peltier para o controle da temperatura.

A figura a seguir mostra o gráfico de temperatura e umidade coletado, porém com o controle de temperatura.

A figura 12 – Gráfico do monitoramento da temperatura e umidade sem controle de temperatura.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

- Temperatura Interna – Sensor alocado dentro da colmeia;
- Temperatura Externa – Sensor alocado no enclausuramento;
- Temperatura Exterior – Sensor alocado no ambiente externo;
- Umidade Interna – Sensor alocado dentro da colmeia;

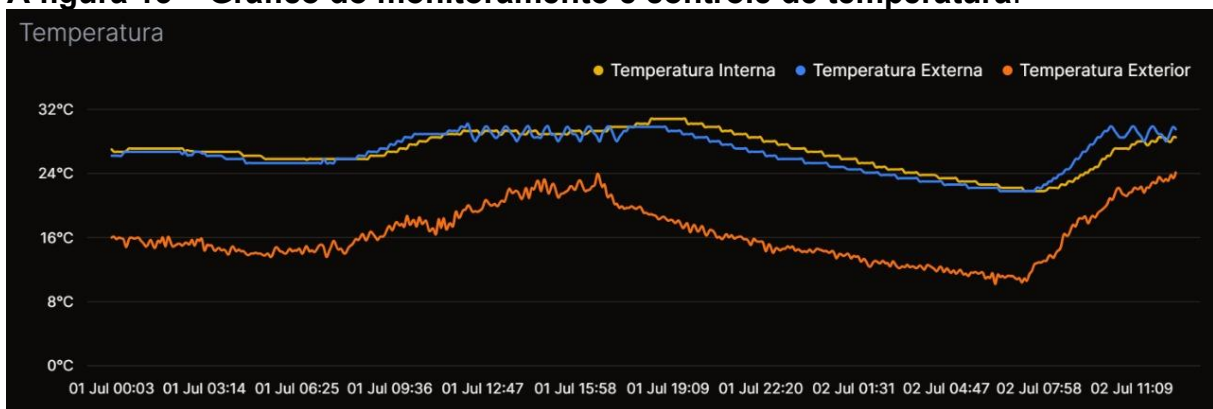
- Umidade Externa – Sensor alocado no enclausuramento;
- Umidade Exterior – Sensor alocado no ambiente externo.

4.3 Comparação

Na primeira etapa do projeto, focamos exclusivamente na coleta de dados sobre temperatura e umidade. Na segunda etapa, instalamos o sistema de controle de temperatura utilizando um módulo Peltier. No primeiro gráfico (Figura 11), observamos que a temperatura interna da colmeia chegou a cair abaixo de 9°C. Após a instalação do Peltier, conseguimos aumentar a temperatura interna da colmeia, evidenciando a eficácia do sistema de controle de temperatura. Esta melhoria demonstra a capacidade do módulo Peltier em manter condições ambientais mais estáveis e adequadas.

A figura a seguir mostra o efeito do Peltier controlando a temperatura.

A figura 13 – Gráfico do monitoramento e controle de temperatura.



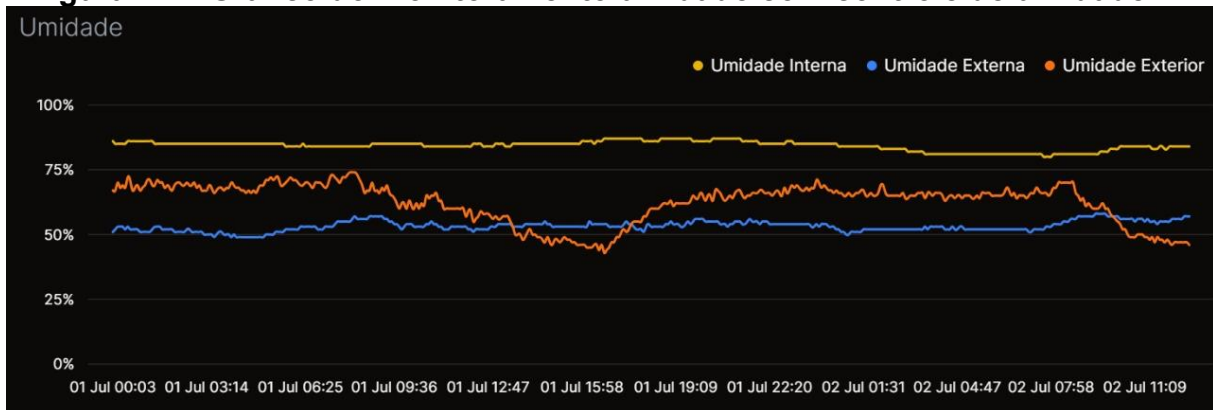
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 13, observa-se que, às 04:47 da manhã, a temperatura ambiente externa caiu abaixo de 16°C. No entanto, a temperatura interna da colmeia permaneceu acima de 16°C, indicando que o sistema de controle de temperatura conseguiu manter um ambiente mais favorável para as abelhas, mesmo com as baixas temperaturas externas. Esse resultado demonstra a eficácia do sistema em criar e manter condições adequadas para o bem-estar das abelhas dentro da colmeia.

Observa-se que, apesar da umidade interna da colmeia estar em um nível elevado antes da instalação do Peltier (Figura 11), a temperatura, que está sendo controlada pelo sistema, conseguiu aumentar e se estabilizar a umidade. Isso indica que o controle de temperatura foi eficaz em criar um ambiente mais constante e confortável.

A figura a seguir mostra a umidade após o controle de temperatura.

A figura 14 – Gráfico do monitoramento umidade com controle de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Aproximadamente às 11:09 da manhã, a umidade no ambiente externo do enclausuramento estava abaixo de 50%, enquanto a umidade interna da colmeia permaneceu acima de 75%. Com baixa oscilação de umidade em relação da colmeia sem o controle de temperatura (Figura 11).

5 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a aplicação de tecnologias mecatrônicas para o controle térmico de colmeias de abelhas Mandaçaia, visando melhorar o ambiente interno e, conseqüentemente, a sobrevivência e produtividade dessas abelhas nativas. Com o uso de sensores DHT11 para monitorar temperatura e umidade, e do módulo Peltier para controle térmico, foi possível criar condições ambientais mais estáveis e adequadas dentro da colmeia. Os resultados mostraram que o sistema reduziu a necessidade de regulação térmica pelas abelhas, favorecendo sua saúde e desempenho.

Os dados obtidos demonstraram que as tecnologias aplicadas cumprem o objetivo proposto de fornecer um ambiente mais controlado, beneficiando diretamente as práticas apícolas. A integração de uma interface web, permitindo o monitoramento remoto, amplia a aplicabilidade do sistema, facilitando a tomada de decisões e o acompanhamento constante das condições da colmeia. Esse aspecto é especialmente relevante para pequenos e médios meliponicultores que buscam formas acessíveis e sustentáveis de manter a saúde das abelhas, contribuindo também para a preservação dos ecossistemas.

A pesquisa, portanto, confirma a viabilidade do uso de tecnologia acessível para aprimorar o manejo meliponícola e reforça a importância da preservação das abelhas Mandaçaia para a biodiversidade e sustentabilidade agrícola. Recomenda-se que estudos futuros explorem a aplicação dessa tecnologia em colmeias de diferentes espécies e regiões climáticas, assim como a integração de novos sensores e sistemas que possam monitorar outras variáveis ambientais. Essa continuidade contribuirá para o avanço do conhecimento e o desenvolvimento de práticas ainda mais sustentáveis na meliponicultura e agricultura.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, F.S., GOIS, G.C. e CARNEIRO, G.G. **Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão**. PUBVET, Londrina, V. 4, N. 24, Ed. 129, Art. 872, 2010.

MAIA, Gustavo Moura Fé. **ACIONAMENTO REMOTO DE PORTÕES ELÉTRICOS VIA CELULAR ATRAVÉS DE MICROCONTROLADOR**. 2012. 1 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Computação, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012.

OSTROVSKI, Katia Regina. **DESENVOLVIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DO MEL DE ABELHA MANDAÇAIA MQQ EM AMBIENTES URBANO E RURAL**. 2019. 1 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

OLIVEIRA, Jefferson Rodrigues de. **Acionamento remoto de equipamentos domésticos**. 2016. 1 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, Maria Letícia Pereira da; SILVA, Maria Rogéria Galdino da; SANTANA, Taynara Soares. **UTILIZAÇÃO DE PROTOTIPAGEM ARDUINO PARA CONTROLAR A UMIDADE EM AMBIENTES CLIMATIZADOS**. 2021. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Informática, Nstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Canguaretama, 2021.

SILVA, Paulo Vitor Aragão. **Interface de rede para monitoramento em tempo real aplicado em uma placa solar**. 2021. 1 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024.

SILVA, Thaynara Pedrosa. **UTILIZAÇÃO DO EFEITO PELTIER PARA RESFRIAMENTO DE AMBIENTES**. 2021. 1 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - Mg, 2021.

SILVA, Cristiane Pereira da. **Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. 2019. 1 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.

SILVA, Alisson de Lima e. **MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DE COLMEIAS ATRAVÉS DA IOT**. 2017. 1 f. Monografia (Especialização) - Curso de Redes de Computadores, Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2017.

PACHECO, Gabriel; ROQUITSKI, Gabriele; FRANKIV, Ighor Alexei. **SISTEMA MICROCONTROLADO DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DE MOTOVENTILADORES APLICADOS A REFRIGERADORES**. 2013. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às instituições Escola e Faculdade SENAI "Gaspar Ricardo Junior" e à Universidade de Taubaté (UNITAU) pelo suporte estrutural e acadêmico durante o desenvolvimento deste projeto.

De forma especial, expressamos nossa gratidão ao Prof. Me. Amilton Cordeiro, à Prof^a. Dr. Ariane Diniz, ao Prof. Antônio Pereira, ao Prof. Cainã, ao Prof. Me. Diego Rossi, ao Prof. Esp. Ederson Duarte Bonfim, e por sua orientação, ensinamentos e apoio indispensáveis ao longo desta jornada.

Agradecemos também às nossas famílias, cujo suporte incondicional e incentivo constante foram fundamentais para a realização deste trabalho.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

ⁱ Adalberto Falcão de Souza



Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial pela Faculdade SENAI (2024). Tem experiência na área de Metalmeccânica, com ênfase em Manutenção Industrial. É Instrutor de Formação Profissional na instituição de ensino SENAI/SP, ministrando aulas nos cursos de Aprendizagem Industrial e Técnico em Manutenção.

ⁱⁱ Ederson Duarte Bonfim



Possui graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental pela Universidade UNISO (2005) e Engenharia de Produção pela Universidade de Franca (2023) com especialização em Gestão da Produção pela UFSCar (2007), Lean Six Sigma Black Belt pelo Instituto Vanzolini (2018) e Certificação Profissional em Transformação Digital pelo MIT (2024), cursando atualmente Mestrado em Administração na UFSCar como aluno especial. Atualmente é Gerente de Engenharia Industrial e Manutenção na Metso e professor da Faculdade SENAI Sorocaba, lecionando as disciplinas de Gestão da Manutenção e Projeto Integrador no curso Tecnológico em Mecatrônica. Tem experiência de mais de 20 anos na indústria, atuando nas áreas de Engenharia Industrial, Manutenção, Qualidade e Melhoria Contínua. Especialista na

implementação de conceitos de Lean Manufacturing, Kaizen e Indústria 4.0, liderando projetos locais e globais (Brasil, China, Índia, França e Finlândia) com foco em padronização de processos, inovação e otimização de resultados. Atuação acadêmica como Professor universitário e de pós-graduação em instituições como SENAI-SP, UNIP e FATEC, nas áreas de Gestão da Manutenção, Estratégia Empresarial, Inovação e Qualidade.

iii **Cainã Antunes Silva**



Possui graduação em Sistemas Biomédicos pela FATEC e em Engenharia da Computação pela FACENS, com pós-graduação em Docência no Ensino Superior pela UNOPAR. É técnico em Mecânica e em Mecatrônica pela ETEC Rubens de Faria e Sousa. Atualmente é mestrando em Engenharia Elétrica pela UNESP, na linha de pesquisa de Processamento Inteligente de Imagens com redes neurais de aprendizado profundo.

Detém certificações profissionais em Artificial Intelligence Fundamentals (AI-900), Data Processing Fundamentals (DP-900) e Azure Fundamentals (AZ-900) pela Microsoft, AWS Fundamentals pela AWS, Google Cloud Foundations e Google Artificial Intelligence pela Google, Java Foundations pela Oracle e CCNA pela Cisco.

Atua como professor de ensino superior na Faculdade SENAI Sorocaba há 3 anos, ministrando disciplinas como Linguagem de Programação, Inteligência Artificial, Desenvolvimento Back-End, Cibersegurança, Engenharia de Software, Integração com IIoT, Controladores Lógico Programáveis (CLP) e Sistemas Digitais nos cursos de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Foi professor de ensino técnico em Mecatrônica no SENAI por 5 anos.

No setor da saúde, atuou como Coordenador de Engenharia Clínica no Hospital Unimed de São Roque por 4 anos e como Tecnólogo em Sistemas Biomédicos na empresa SEMHIP por 2 anos.

iiii **José Carlos Tomas Kurfurst**



Cursando atualmente Mestrado em Engenharia Elétrica na UNESP em Sorocaba-SP como aluno especial. Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial pela Faculdade SENAI (2024). Tem experiência na área de Eletroeletrônica, com ênfase em Comandos Elétricos. É Instrutor de Formação Profissional na instituição de ensino SENAI/SP, ministrando aulas nos cursos de Aprendizagem Industrial e Técnico em Eletroeletrônica.

iiii Michael da Fonseca



Graduado em Tecnologia em Mecatrônica Industrial Faculdade SENAI (2024). Cursando Especialização em Engenharia de Manutenção e Confiabilidade pela FACENS em Sorocaba-SP. Versátil e altamente qualificado, atuando com excelência em diversos segmentos industriais, como metalurgia, alimentos, plásticos, munições e utilidades. Atualmente é responsável pelo planejamento e execução de atividades de manutenção na TTSTEEL “Toyota Tsusho Steel do Brasil”, onde desempenha um papel fundamental na configuração, diagnóstico e otimização de sistemas automatizados e elétricos, garantindo a máxima eficiência e segurança operacional.

iiii Sabrina Santos Gonçalves Bonfim



Graduada em Tecnologia em Agronegócio pela FATEC Itapetininga (2010) e Gestão em Recursos Humanos na UNISO (2013), pós-graduada em Treinamento e Desenvolvimento de Pessoas pelo Senac Sorocaba (2015) e em Meliponicultura e Apicultura pela Universidade de Taubaté UNITAU (2024). Atua com projetos que integram sustentabilidade, educação e inovação tecnológica, com destaque para o premiado Do Campo à Nuvem colmeia Smart, vencedor do 1º lugar no Congresso Nacional de Apicultura e Meliponicultura (COMBRAPI). Com ampla experiência em eventos educativos e feiras científicas, desenvolve ações voltadas à conscientização ambiental e ao empreendedorismo feminino. Referência na divulgação da importância das abelhas sem ferrão na polinização e no meio ambiente, além de atuar na formação de redes colaborativas entre produtores, educadores e comunidades locais.