

CONSTRUÇÃO DE CAIXAS COM COLETA DE DADOS PARA MELIPONICULTURA E ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO EM COLÔNIAS DE MELIPONA QUADRIFASCIATA

SILVA, Iago Nolli da; REDDIGA, Inaê; SOBIECZIAK, Simone; FAITA, Márcia.

Colégio UNIFEBE

Ensino Médio - 3º série

Resumo: As abelhas apresentam papel fundamental na segurança alimentar e na conservação de ecossistemas através do serviço da polinização. Esses insetos, porém, se encontram em declínio populacional e, certas espécies de abelhas-sem-ferrão, nativas do hemisfério sul, já desapareceram da natureza. A mandaçaia (*M. quadrifasciata*) se enquadra nessa categoria, sendo preservada apenas em criação racional, conhecida como meliponicultura. Essa prática enfrenta, por sua vez, dificuldades no sul do Brasil, especialmente relacionadas à falta de avanço tecnológico em suas práticas e ao frio intenso e repentino, que afeta o bom desenvolvimento de enxames. O presente trabalho propõe a elaboração de uma caixa com sistema de monitoramento e controle de temperatura para abelhas-sem-ferrão, através da utilização de sensores de temperatura e umidade, bem como monitoramento quinzenal das colônias com foco nas observações do comportamento de forrageio e nas condições internas. Até o presente momento, as análises foram conclusivas ao revelar que colmeias aquecidas possuem maior estabilidade comportamental, desenvolvimento acentuado e maior número de indivíduos na colônia.

Palavras-chave: Polinização; Abelha-sem-ferrão; Temperatura; Meliponicultura.

1. INTRODUÇÃO

As abelhas pertencem à superfamília Apoidea e exercem função essencial na polinização de plantas, garantindo tanto a manutenção da biodiversidade quanto a produtividade agrícola (EMBRAPA, 2022; WOLOWSKI et al., 2019). Assim, contribuem para a segurança alimentar e a conservação dos ecossistemas naturais. Em decorrência de fatores como mudanças climáticas, desmatamento e extrativismo ilegal, as abelhas se encontram em declínio populacional (DÍAZ et al., 2017; FAITA et al., 2021).

As abelhas-sem-ferrão, conhecidas cientificamente como meliponíneos, pertencem à subfamília Meliponinae, dentro da família Apidae. Um de seus traços mais marcantes é a presença de um ferrão atrofiado, o que as torna incapazes de

ferroar, diferentemente da popular *Apis mellifera* (SILVA; PAZ, 2012). Essa característica torna o manejo dessas espécies mais seguro, facilitando práticas sustentáveis e promovendo benefícios ambientais e culturais relevantes.

Na América Latina, estima-se a ocorrência de cerca de 400 espécies nativas de abelhas-sem-ferrão (ENGEL et al., 2023). No Brasil, a presença da Mata Atlântica criou um verdadeiro hotspot de biodiversidade (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005), onde essas abelhas desempenham papel fundamental na polinização de plantas nativas e são os principais polinizadores naturais de diversos cultivos agrícolas economicamente importantes, como o cacau, o maracujá, o urucum e o melão, que dependem essencialmente da polinização, bem como a goiaba, o girassol e a maçã, com alta dependência, e o café, a laranja e o tomate, com dependência moderada (ABELHA, 2015).

A criação racional de abelhas-sem-ferrão, conhecida como meliponicultura, se apresenta como alternativa de preservação das espécies em risco de extinção, como é o caso da mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) (DÍAZ et al., 2017). Além disso, pode ser uma fonte de renda aos agricultores, através da comercialização dos produtos gerados por esses insetos (GEMIM; SILVA, 2017). Contudo, a instabilidade climática, especialmente o frio intenso no sul do Brasil, prejudica as atividades de forrageio, a produção de produtos comercializáveis e o desenvolvimento das abelhas, comprometendo a sobrevivência das colônias (DA SILVA CORREIA et al., 2017; MOURA et al., 2024; PEREIRA DA SILVA, 2019; ROLDÃO-SBORDONI, 2015).

Apesar das vantagens no manejo em comparação com a *Apis mellifera*, os criadores enfrentam desafios relacionados à sensibilidade térmica dessas abelhas. Em temperaturas mais baixas, há uma redução na atividade externa da colônia, pois os indivíduos direcionam sua energia para manter o ninho aquecido. Isso compromete a coleta de alimentos, o desenvolvimento das crias e a saúde da colônia. Por essa razão, manter a temperatura interna adequada das caixas-colmeias é essencial para garantir a saúde e o crescimento das colônias.

A carência de avanços tecnológicos e a falta de profissionalização de meliponicultores (VILLANUEVA-GUTIÉRREZ et al., 2013) também revelam dificuldades e limitações da meliponicultura, uma vez que ainda há muitos campos a serem desenvolvidos (VENTURIERI et al., 2012). Entre elas, podemos citar a

carência de práticas de manejo (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006) e evolução nas ferramentas associadas a essa atividade (RIBEIRO et al., 2019).

Diante disso, este trabalho possui como objetivo investigar como o controle térmico automatizado influencia o comportamento, desenvolvimento e sobrevivência das colônias de *M. quadrifasciata*, bem como descrever o processo de construção de caixas automatizadas que integram sensores, monitoramento via IoT e um sistema de aquecimento. Ao unir as perspectivas biológica e tecnológica, busca-se evidenciar tanto os impactos práticos sobre a espécie quanto os avanços no manejo racional e sustentável dessas abelhas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura contempla aspectos da polinização e da meliponicultura que são fundamentais para compreender o desenvolvimento deste projeto. O estudo desses elementos é imprescindível tanto para a preservação das espécies nativas de abelhas-sem-ferrão quanto para a otimização da produção agrícola, ressaltando a importância de inovações tecnológicas, como os sistemas automatizados de controle de temperatura, que podem contribuir de forma significativa para a sobrevivência de colônias em declínio.

Nesse contexto, torna-se necessário compreender dois pontos centrais: a termorregulação, que consiste na capacidade das abelhas de regular sua própria temperatura corporal e a do ninho, garantindo condições adequadas ao desenvolvimento das crias; e o forrageamento, atividade desempenhada principalmente por operárias mais velhas, as chamadas “abelhas campeiras”, responsáveis pela coleta de recursos essenciais como pólen, néctar, água e resina. O forrageamento será abordado porque sua intensidade e frequência estão diretamente condicionadas às variações de temperatura, tornando-se um indicador fundamental do efeito do controle térmico sobre o comportamento e a vitalidade das colônias.

Dessa forma, o referencial teórico será estruturado em torno desses dois eixos centrais, possibilitando compreender de que maneira influenciam a manutenção, o vigor e a produtividade das abelhas.

2.1 Abelhas-sem-ferrão

A polinização é um fenômeno essencial para a reprodução sexuada das plantas, que consiste na transferência de grãos de pólen entre as partes masculinas e femininas das flores, respectivamente, anteras e estigma. Em 80% das plantas com flores, os animais são responsáveis pela polinização. Dentre os quais estão as abelhas, consideradas os polinizadores mais importantes (FREITAS, IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Na agricultura, a polinização representa um importante fator atrelado à produtividade. Plantas devidamente polinizadas produzem frutos maiores, com mais sementes e em maior quantidade (WOLOWSKI *et al.*, 2019). Dos 132 cultivos agrícolas do contexto brasileiro, as abelhas são as únicas polinizadoras de 74 delas (56% do total). Inclui-se nesses dados, cultivos de alto valor como a soja, o café, a maçã, o melão e o feijão. Estima-se que, no contexto agrícola, a polinização contribuiu com quase US\$12 bilhões no ano de 2019 (WOLOWSKI *et al.*, 2019).

No hemisfério sul, as espécies nativas de abelhas eussociais pertencem à subtribo Meliponina, que possuem aparelho ferroador atrofiado e são popularmente conhecidas como “abelhas-sem-ferrão” (SILVEIRA, MELO, ALMEIDA, 2002). Entre as mais de 300 espécies brasileiras (ENGEL *et al.*, 2023), destaca-se a *Melipona quadrifasciata* como a mais criada pelos meliponicultores (JAFFÉ *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2022). Conhecidas popularmente como mandaçaia, estas abelhas estão distribuídas no litoral sul-sudeste brasileiro e parte do centro-oeste (BRASIL, 2021). Atualmente, *M. quadrifasciata* se encontra ameaçada de extinção e em alguns estados já não é mais encontrada em ambientes naturais, sendo criada exclusivamente em meliponários (DÍAZ *et al.*, 2017).

2.2 Meliponicultura e seus desafios

A meliponicultura é uma atividade de criação racional de abelhas-sem-ferrão, que pode gerar renda extra para os agricultores a partir de produtos como mel, própolis e pólen (GEMIM, SILVA, 2017). No Brasil, essa prática enfrenta dificuldades em decorrência de fatores como o clima instável. Na região sul, o frio intenso pode causar a perda de colônias inteiras (PEREIRA DA SILVA, 2019). Por conta de ações antrópicas, como o desmatamento e o aquecimento global, a ameaça às abelhas

nativas e seu declínio populacional se tornaram motivos de preocupação (FAITA *et al.*, 2021). A manutenção racional de colônias pode apresentar-se como alternativa para preservar essas espécies (BARBIÉRI, FRANCOY, 2020).

2.3 A termorregulação das abelhas-sem-ferrão

A temperatura, tanto externa quanto interna da colmeia, exerce influência direta sobre o desenvolvimento das crias e o desempenho produtivo da colônia (CRUZ-SILVA; RIBEIRO, 2023). Por essa razão, as abelhas são altamente dependentes das condições térmicas do ambiente para realizarem suas atividades. Alterações bruscas na temperatura podem desencadear diversas complicações no interior da colônia. Em dias muito quentes, por exemplo, as abelhas tendem a reduzir suas saídas, limitando a movimentação externa. Já em períodos de frio intenso, o metabolismo das abelhas diminui significativamente, o que inibe o voo, reduz a coleta de alimentos e restringe outras atividades externas. Essa inatividade é uma estratégia para preservar o calor interno da colmeia. No entanto, se a temperatura ideal não for restabelecida, podem ocorrer perdas expressivas, seja pelo excesso de energia despendida, pela inviabilidade do desenvolvimento das larvas ou pela escassez de alimento (TEIXEIRA; CAMPOS, 2005).

Em consequência a essas características, elas desenvolveram um sistema de “termorregulação”. Essa habilidade se denomina como um conjunto de vários recursos, que são utilizados pelas abelhas para o controle de temperatura interna. Dentre esses recursos, são incluídos: alterações no comportamento (como ajustes na postura, no voo e controle do fluxo de calor dentro de colônias), anatômicos (abundância e distribuição de pelos) e fisiológicos (como controle da perda de calor e produção metabólica de calor) (HEINRICH, 1981).

O comportamento de termorregulação das abelhas é essencial para sua sobrevivência, propicia o desenvolvimento do comportamento social complexo que muitas espécies apresentam, bem como a tolerância a diversos ambientes, como os desertos, as florestas tropicais e o Ártico.

A temperatura adequada dentro do ninho, para o desenvolvimento das crias e sobrevivência das abelhas adultas, varia entre 25°C a 32°C, (SILVA, *et al.*, 2021). Uma mudança desse valor causa uma série de comportamentos específicos nas operárias que realizam movimentações para restabelecer a temperatura, caso

contrário, pode haver mortalidade na área de cria e as operárias que emergirem tem a possibilidade de apresentar defeitos físicos (SOUZA, 2007).

Apesar do processo de termorregulação ativa exercida pelas abelhas-sem-ferrão, em determinadas condições, a temperatura interna da colônia não é mantida em níveis que permitam a manutenção de crias e abelhas adultas, gerando um gasto energético alto e inviabilizando sua sobrevivência (ROLDÃO-SBORDONI, 2015). A análise de fatores como temperatura interna, umidade e movimentação do enxame podem contribuir para uma visão geral do estado de saúde da colônia (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2023). Assim, a construção de uma colmeia com um sistema automatizado de controle de temperatura, pode promover a prospecção de colônias saudáveis, preservando espécies em declínio populacional (BARBIÉRI, FRANCOY, 2020).

2.4 O forrageamento das abelhas-sem-ferrão

A atividade de forrageamento desempenha um papel fundamental na manutenção e desenvolvimento das colônias de abelhas, sendo responsável pela coleta de recursos como pólen, néctar, água, barro e resina, os quais são essenciais para alimentação de crias e indivíduos adultos e construção da colônia. Esta atividade é realizada principalmente pelas operárias mais velhas, que deixam o ambiente protegido da colônia e se submetem às variações ambientais para coletar os recursos necessários. No entanto, a temperatura ambiente é reconhecida como um fator ambiental determinante para o comportamento de forrageamento de abelhas-sem-ferrão (CAMPOS; GOIS; CARNEIRO, 2010).

Estudos conduzidos com diferentes espécies de abelhas em distintas regiões climáticas, demonstram que variações térmicas podem influenciar diretamente os horários e a intensidade das atividades forrageiras. Como por exemplo, no sudeste brasileiro, estudos com colônias de *M. quadrifasciata* mantidas em caixas racionais, demonstraram que a temperatura ambiente exerce forte influência sobre o padrão de forrageamento da espécie. Durante o monitoramento em diferentes períodos do ano, observou-se que as abelhas reduziram significativamente suas saídas em dias mais frios, especialmente durante as primeiras horas da manhã, retomando

gradualmente a atividade à medida que a temperatura aumentava (DE MOURA et al., 2022).

Em contrapartida, nos dias mais quentes, o pico de forrageamento ocorreu mais cedo e com maior intensidade (VAN NUYS et al., 2020). Além disso, a espécie mostrou sensibilidade tanto a temperaturas elevadas quanto a baixas, ajustando seu comportamento para evitar extremos térmicos, o que reforça a existência de mecanismos regulatórios voltados à manutenção da colônia (DE MOURA et al., 2022). Esses dados evidenciam que *M. quadrifasciata* apresenta uma atividade forrageira modulada por variações térmicas, destacando a importância da temperatura como fator ecológico determinante no comportamento dessas abelhas-sem-ferrão (DE MOURA et al., 2022).

Além dos fatores ambientais, há também outras influências no comportamento forrageador, como o tamanho da colônia e a disponibilidade de recursos alimentares. Em certos ambientes, a atividade de coleta é mais intensa durante a estação chuvosa, quando há maior oferta de néctar e pólen, enquanto na estação seca observa-se uma redução significativa da atividade forrageadora (FREITAS, 2003).

Dessa forma, compreender os padrões de forrageamento das abelhas-sem-ferrão torna-se essencial, especialmente frente às variações ambientais e às mudanças climáticas que afetam diretamente os recursos florais e as condições microclimáticas dos ninhos. Estudar esses comportamentos não só contribui para entender melhor as necessidades das abelhas, mas também para aprimorar práticas de manejo que assegurem sua sobrevivência.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo os objetivos propostos, a pesquisa se enquadra como experimental, tendo por intuito experimentar diferentes fatores do tema escolhido, proporcionando uma maior aproximação com os objetivos estabelecidos (GIL, 2008). O foco do projeto é construir uma caixa-colmeia integrada a um sistema de controle de temperatura automatizado para abelhas-sem-ferrão, e então analisar o desenvolvimento das abelhas-sem-ferrão submetidas à criação num ambiente de

temperatura controlada. Do mesmo modo, a pesquisa se encaixa como explicativa, pois busca compreender fenômenos pouco estudados e identificar relações de causa e efeito (GIL, 2008).

3.1 Elaboração da caixa

Para que fossem avaliadas possibilidades de peças que satisfizessem as necessidades da caixa, especialmente no que diz respeito aos componentes eletrônicos, o projeto foi discutido com representantes da empresa de manutenção eletrônica EJR. Os especialistas, Éder Raiser e Henrique Francari, realizaram análises e contribuíram com a instalação dos sensores e placas, além de também serem responsáveis por auxiliar a programação desses.

O corpo das caixas foi construído por uma empresa contratada. Foi utilizada madeira de eucalipto rosa (não tratada). Cada caixa é composta por três módulos: ninho, sobreninho e melgueira. As medidas foram escolhidas a partir de um modelo de caixa elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas pela Amazônia (INPA). O protótipo possui 14x14 cm internos, com paredes de 5 cm de espessura, totalizando uma caixa de 24x24 cm de largura. Cada módulo possui altura de 6,25 cm, totalizando, com bases e tampa, 30 cm de altura. Inclui-se a isso também um módulo adicionado abaixo da área de criação das abelhas, para que fossem alojados os componentes eletrônicos e a placa de aquecimento, nas caixas em que está presente.

Imagem 1 - Caixa modelo INPA



Fonte: DKADI DECOR

3.2 Análise dos resultados

A observação da atividade de forrageamento é realizada quinzenalmente, no período matutino e vespertino, com flexibilidade para se adequar às demais atividades do meliponário. Essa atividade consiste no registro da quantidade de abelhas que entram e saem da colmeia em um período de tempo previamente determinado, nesta pesquisa sendo definido de 5 minutos de observação por caixa, além da identificação dos recursos coletados, como pólen, resina ou barro, que são transportados para dentro do ninho. Esses dados foram analisados quantitativamente, considerando o número de entrada e saída de abelhas e a frequência de coleta de recursos.

Já a análise do desenvolvimento da colônia é realizada mensalmente, por ser um procedimento mais invasivo. Nessa etapa, são observados fatores como a quantidade e o tamanho dos potes de mel, o número de discos de cria, além da população adulta presente observada em todo manejo das colônias. Essa parte da pesquisa foi avaliada de forma qualitativa, considerando o aspecto geral de desenvolvimento das colônias em diferentes condições térmicas.

Após a coleta dos dados, foi realizada uma comparação entre os dois grupos experimentais, a fim de identificar diferenças tanto no comportamento de forrageamento quanto no desenvolvimento interno dos ninhos, buscando compreender se o controle térmico favorece a prosperidade das colônias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados em duas etapas. A primeira compreende a construção da caixa-colmeia automatizada, abordando desde a pesquisa e comparação com estudos e protótipos anteriores que auxiliaram para que este protótipo seja o mais funcional e otimizado possível, até a construção e programação da caixa. A segunda parte compreende a observação e comparação do desenvolvimento das colônias criadas nos dois tipos de caixa, as submetidas ao aquecimento automático e as não submetidas.

4.1 A caixa

4.1.1 Da revisão da literatura

A pesquisa bibliográfica permitiu a identificação de quatro trabalhos que foram selecionados para análise devido a relevância e relação com o presente projeto.

Em MUNIZ (2001), foram utilizados sensores de luz infravermelha para detectar tráfego de abelhas na entrada da colmeia. JESUS (2017) propôs o aquecimento de colmeias de abelhas-sem-ferrão por meio de um sistema ativado automaticamente com base na temperatura interna, a partir de um sensor DHT22 e uma resistência térmica. Uma versão semelhante foi elaborada utilizando uma pedra aquecedora e transmissão de dados via IOT com uma placa ESP-32 (SILVA *et al.*, 2021).

Observamos que nenhum deles integra todas as funções propostas em nosso modelo de colmeia. Embora a coleta de dados como temperatura e umidade, além da utilização de um sensor infravermelho, já tenham sido realizadas, a descrição acerca dos dados coletados a longo prazo e impacto de um sistema de aquecimento nas atividades das colônias permanecem inconclusivas.

4.1.2 Da construção da caixa

No total, seis caixas foram produzidas, sendo que três possuem sistema de aquecimento, nomeadas para pesquisa de 1n, 2n e 3n, enquanto o restante apenas realiza coleta de dados (grupo controle), nomeadas de 4n, 5n e 6n. Foram utilizadas placas de conexão de autoria própria dos profissionais parceiros a fim de realizar a integração das funcionalidades da caixa, e foram conectadas às placas ESP 32 LoRa.

Os sensores DHT11 foram instalados em um dos três módulos, sendo que foi necessário o uso de uma tupa para melhor acomodá-los de forma que não interferisse na atividade normal dos enxames. Para conectá-los à parte inferior, onde estão alocadas as placas de conexão e transmissão, foram utilizados cabos MANGA AWG de 4 vias, que passam pela parte exterior da caixa.

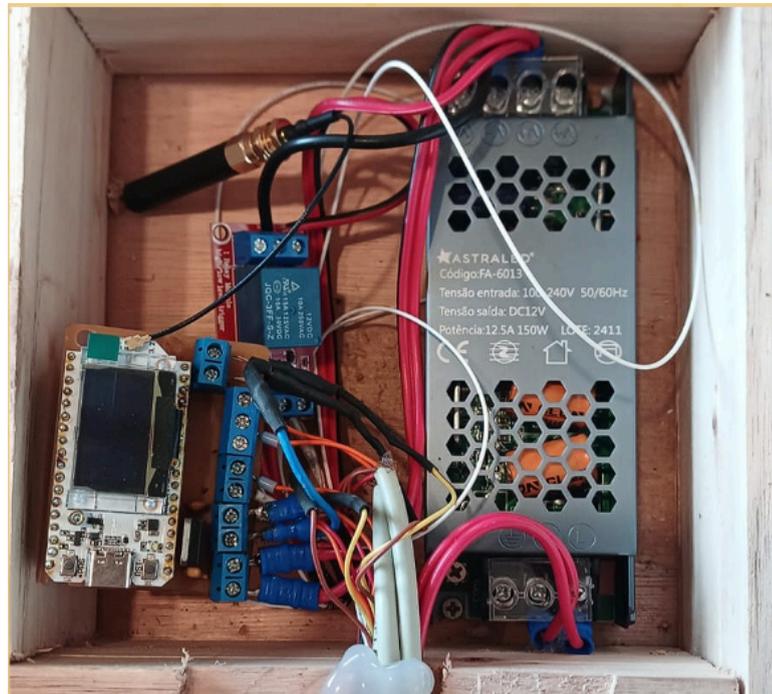
A fim de isolar a área de entrada da colmeia e de facilitar a instalação do

sensor LED infravermelho, responsável pela detecção de entrada e saída de indivíduos da colônia, projetou-se um tubo artificial de filamento orgânico não-tóxico confeccionado em impressora 3D pelo professor Igor Roik, responsável pelo laboratório de impressão 3D da UNIFEBE. O LED emissor foi posicionado em um dos lados do tubo e o receptor do outro. Os cabos de conexão foram acomodados também na parte externa da caixa.

Toda a parte elétrica é alimentada por cabos simples e energia da rede normal, em 220 V AC. Nas caixas frias (sem sistema de aquecimento), o ESP 32 recebe essa voltagem e distribui para o resto dos componentes em 5VDC. Nas caixas aquecidas fez-se necessária a instalação de uma fonte que realizasse a conversão em 12 V DC, uma vez que a placa aquecedora é alimentada por essa tensão. Nessas, também foi adaptado um relé de contato assíncrono 5VDC NA/NF.

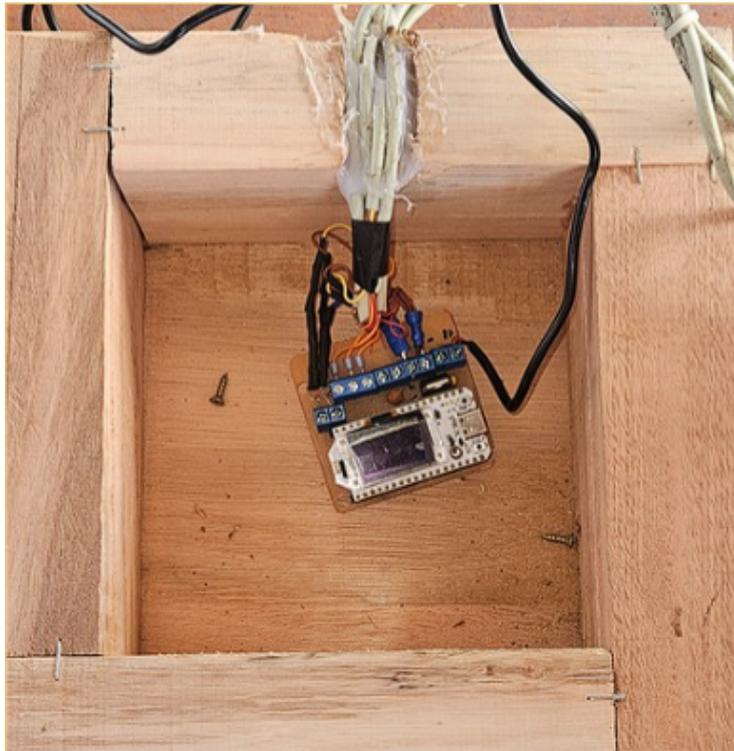
Foi utilizado um sensor PTS acoplado na placa aquecedora, responsável por sua ativação.

Imagem 2 - Área inferior da caixa com aquecimento



Fonte: Os autores (2025)

Imagem 3 - Área inferior da caixa sem aquecimento



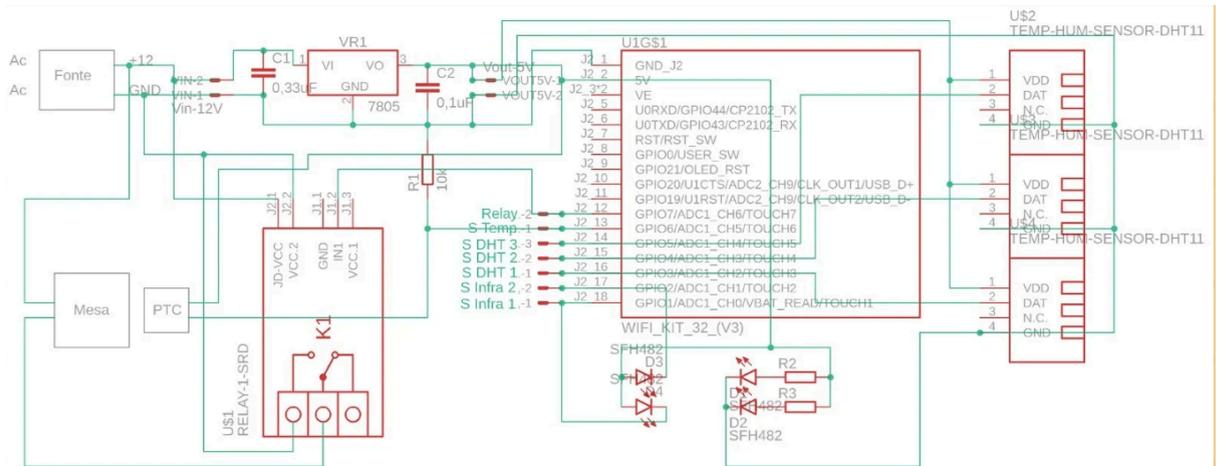
Fonte: Os autores (2025)

Imagem 4 - Parte frontal da caixa



Fonte: Os autores (2025)

Imagem 5 - Plano elétrico das caixas



Fonte: Os autores (2025)

4.1.3 Do funcionamento da caixa

A programação foi realizada em C++, em conjunto com bibliotecas de arduino que permitissem a integração de todas as funções do projeto. Os sensores DHT11 realizam envio de dados a cada 15 minutos às placas controladoras. O sensor infravermelho só funciona entre 20:00 e 04:00 BRT. Compreendeu-se que a atividade constante dele poderia resultar em dados imprecisos, portanto optou apenas por utilizá-lo dentro desse intervalo de tempo. Uma vez que as abelhas, como *M. quadrifasciata*, apresentam atividade de voo dependente da luz solar para se orientar (TOWNE, MOSCRIP, 2008) e iniciam esta atividade após o nascer do sol (MOURA *et al.*, 2022; MOURA *et al.*, 2024), qualquer movimentação de entrada e saída no período noturno, seria considerada anormal, servindo como alerta para o meliponicultor.

A placa de aquecimento é ativada uma vez que o sensor PTC detecta temperaturas abaixo de 22 °C. Ela permanece em funcionamento até que a temperatura alcance 28 °C.

4.2 Desenvolvimento das colônias

A partir das análises e dos acompanhamentos realizados com as seis colônias de *M. quadrifasciata* durante o período de quatro meses, algumas

observações e constatações puderam ser feitas a respeito da adaptação e desenvolvimento das colônias em diferentes condições.

A planilha com a coleta de dados de forrageamento semanal e com a análise de desenvolvimento mensal pode ser acessada e observada através do link: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Tyzqbojw8jxbBoqI5RNXxl0I_wzFzqnrUQdhkM0GT2Q/edit?usp=sharing.

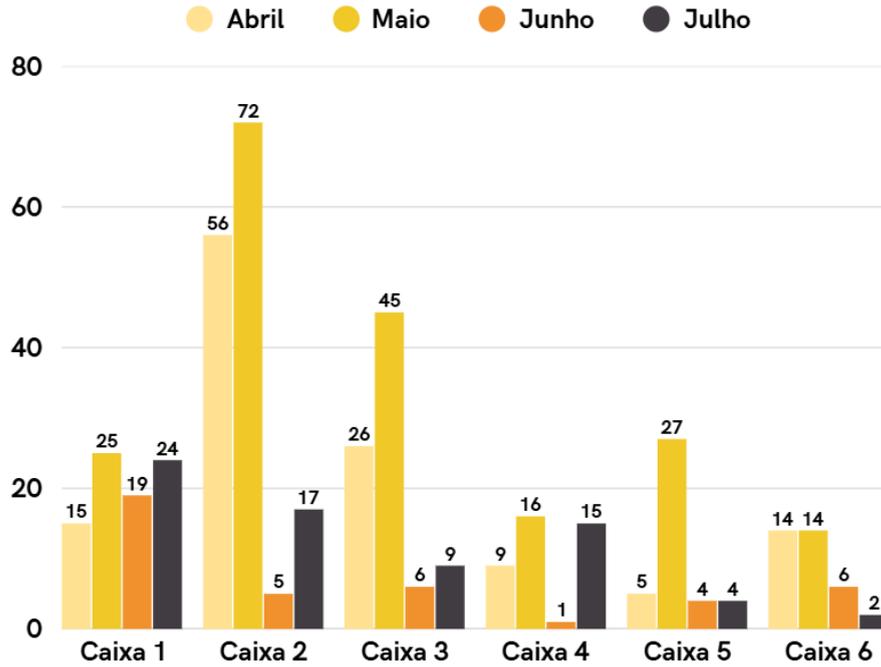
O monitoramento das temperaturas internas das colmeias foi realizado através da plataforma Tago.io, que se encontra integrada ao sistema eletrônico das caixas automatizadas, sendo responsável por registrar e transmitir os dados referentes ao aquecimento das colmeias.

Nas caixas com controle térmico, a temperatura no primeiro módulo, considerado o mais relevante, por abrigar os discos de cria, estruturas altamente sensíveis às baixas temperaturas, oscilou entre 21 °C e 34 °C. Nos demais módulos, as variações de temperatura ficaram entre 17 °C e 32 °C. Por outro lado, nas caixas sem controle térmico, a temperatura mínima registrada no primeiro módulo foi de aproximadamente 15,5 °C, e a máxima, de 32 °C; nos módulos superiores, os valores oscilaram entre 15 °C e 28 °C.

Entre as colônias mantidas em caixas convencionais, a caixa 6N não resistiu às condições de frio intenso registradas no mês de julho, resultando na morte da colônia. Esse resultado evidencia de forma prática os riscos da ausência de controle térmico para a sobrevivência das abelhas.

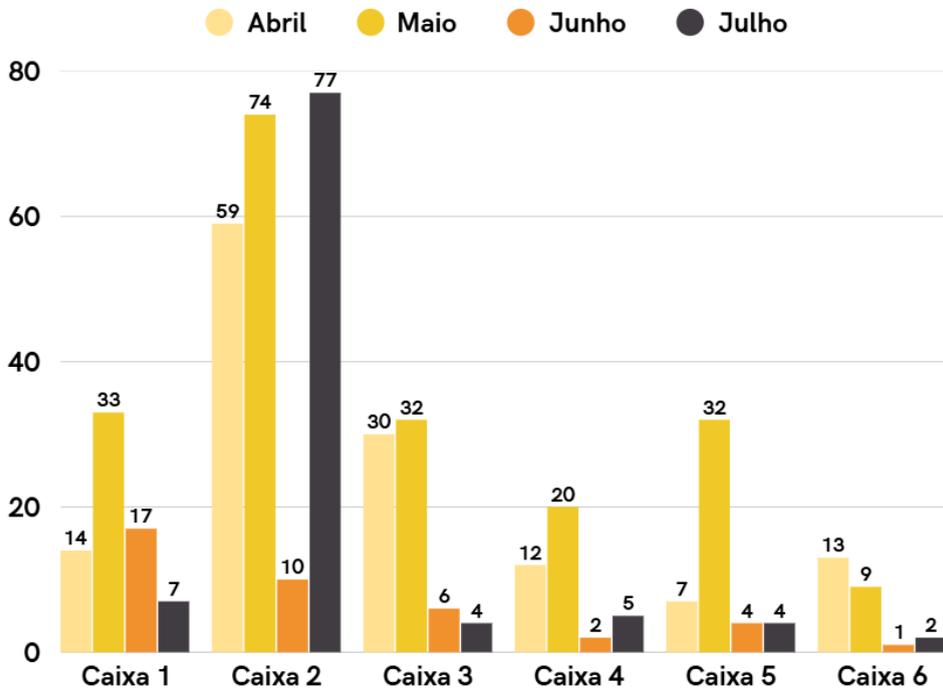
Os gráficos abaixo representam, respectivamente, a saída de abelhas por caixa observadas durante as análises de forrageamento de cada mês, a entrada de abelhas durante as observações e a frequência de coleta de pólen em cada uma das caixas durante todo o período de observação das caixas. O pólen foi escolhido como um parâmetro de comparação já que é essencial para a saúde, sendo a única fonte de proteínas consumida pelas abelhas, serve para formação do alimento larval e contribui para melhoria imunidade da colmeia.

Gráfico 1 - Saída de abelhas por mês (por caixa)



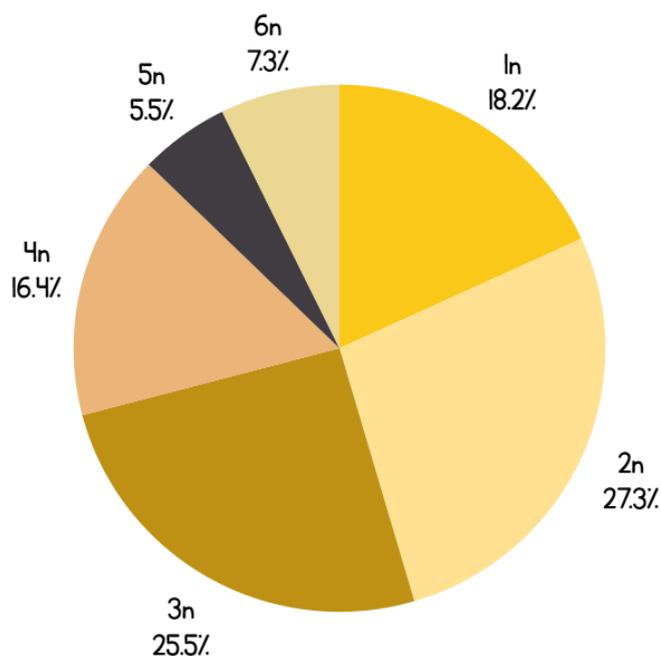
Fonte: Resultados da pesquisa (2025)

Gráfico 2 - Entrada de abelhas por mês (por caixa)



Fonte: Resultados da pesquisa (2025)

Gráfico 3 - Entrada total de abelhas com pólen (por caixa)



Fonte: Resultados da pesquisa (2025)

Ao se comparar o desenvolvimento das colônias e a atividade de forrageamento, observou-se que as colônias mantidas em caixas aquecidas apresentaram maior frequência e intensidade na coleta de pólen e entrada e saída de abelhas, mesmo em meses em que as temperaturas são mais baixas. Em contraste, as colônias em caixas sem aquecimento apresentaram atividade de forrageamento significativamente menor do que as submetidas ao aquecimento, chegando inclusive, nos dias mais frios, à completa inatividade em determinados períodos do dia. Essas diferenças sugerem que fatores internos das colônias, como respostas fisiológicas à baixa temperatura, desempenham papel central na regulação do comportamento e desenvolvimento das abelhas.

Por consequência disso, podemos observar outro efeito causado pelas baixas temperaturas no funcionamento das colônias. Com o início das estações mais frias, algumas espécies de abelhas-sem-ferrão entram em diapausa, estado fisiológico de dormência ou inatividade induzido pela redução da temperatura e pelo encurtamento dos dias, durante o qual cessam a construção de novas células de cria e a rainha interrompe a postura (CAMPOS; GOIS; CARNEIRO, 2010). Tal fenômeno explica a redução ou estabilização na quantidade de discos de cria em

todas as colônias, quando comparada à primeira análise de desenvolvimento, como pode ser visto da Tabela 1. Essa redução faz parte do comportamento padrão da espécie estudada e não representa um resultado negativo para a pesquisa, mostrando que, apesar do sistema de aquecimento automatizado auxiliar na manutenção da temperatura interna, ele não substitui nem altera o comportamento natural das abelhas, apenas garante que as condições ambientais permaneçam favoráveis ao desenvolvimento das colônias.

Quadro 1 - Comparação entre primeira e última análise do desenvolvimento das caixas aquecidas

Caixa	Avaliação	DATA	DISCOS DE CRIA (n°)	POTES DE ALIMENTO	Nº	TAMANHO DOS POTES
1n	Primeira	05/04	4 Andares	Fechados	6	2,4 cm
				Abertos	7	
				Em construção	0	
1n	Última	14/06	2 Andares	Fechados	6	3,0 cm
				Abertos	7	
				Em construção	5	
2n	Primeira	05/04	1 Disco colocado	Fechados	2	2,0 cm
				Abertos	1	
				Em construção	2	
2n	Última	14/06	2 Andares	Fechados	3	3,2 cm
				Abertos	7	
				Em construção	3	
3n	Primeira	05/04	5 Andares	Fechados	0	2,45 cm
				Abertos	3	
				Em construção	7	
3n	Última	14/06	4 Andares	Fechados	5	3,3 cm
				Abertos	4	
				Em construção	2	

Fonte: Resultados da pesquisa (2025)

No entanto, ao se analisar a construção de potes de alimento, constatou-se que as colônias submetidas ao controle térmico construíram um maior número de potes durante o período avaliado, além de apresentarem um aumento no volume das reservas armazenadas. Já nas colônias mantidas em caixas convencionais, os potes de alimento mantiveram dimensões similares às do primeiro registro e apresentaram menor número de novas estruturas construídas para armazenamento de recursos, como pode ser constatado na Tabela 2.

Quadro 2 - Comparação entre primeira e última análise do desenvolvimento das caixas aquecidas

Caixa	Avaliação	DATA	DISCOS DE CRIA (n°)	POTES DE ALIMENTO	N°	TAMANHO DOS POTES
4n	Primeira	05/04	2 Andares	Fechados	5	3,18 cm
				Abertos	3	
				Em construção	3	
4n	Última	14/06	2 Andares	Fechados	3	2,8
				Abertos	3	
				Em construção	4	
5n	Primeira	05/04	4 Andares	Fechados	2	2,95 cm
				Abertos	5	
				Em construção	0	
5n	Última	14/06	1 Andar	Fechados	1	2,5 cm
				Abertos	1	
				Em construção	2	
6n	Primeira	05/04	2 Andares	Fechados	6	2,85 cm
				Abertos	2	
				Em construção	0	
6n	Última	14/06	1 Andar	Fechados	2	2,6
				Abertos	4	
				Em construção	3	

Fonte: Resultados da pesquisa (2025)

A população de abelhas adultas também se mostrou numericamente superior e com maior atividade nas colônias alocadas nas caixas aquecidas, possivelmente devido à menor necessidade de investimento energético no aquecimento dos discos de cria. Tal economia de energia pode ter sido redirecionada para outras atividades essenciais, como coleta de recursos, expansão do ninho e construção de novas células de cria, favorecendo, assim, o aumento do número de indivíduos por colônia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao identificar os principais problemas ocasionados pelo frio em colônias de abelhas-sem-ferrão e concretizar a elaboração de seis caixas automatizadas, além de realizar análises dos dados coletados, considera-se que este trabalho concluiu com êxito seus principais objetivos. O protótipo satisfaz as condições impostas originalmente e permitiu a aquisição dos parâmetros necessários.

A partir dos resultados obtidos durante o período de observação feito totalmente pelos pesquisadores, foi possível confirmar que o controle térmico automatizado exerce influência positiva no desenvolvimento e na manutenção de colônias de *M. quadrifasciata*. As colônias mantidas em caixas com aquecimento

automático apresentaram maior estabilidade térmica no interior da colmeia, especialmente na região dos discos de cria, o que favoreceu tanto o desenvolvimento das crias quanto a atividade forrageadora das operárias.

Observou-se que a manutenção da temperatura entre 22 °C e 28 °C, através do acionamento automatizado das placas de aquecimento, resultou em menor variação térmica interna, permitindo condições mais adequadas para o funcionamento da colônia. Em contraste, nas caixas sem sistema de aquecimento, as temperaturas mais baixas afetaram negativamente a atividade das abelhas, limitando a saída para coleta de recursos e, conseqüentemente, comprometendo o acúmulo de alimentos e o crescimento populacional.

Esses dados reforçam a extrema importância da regulação térmica para a sobrevivência e produtividade das abelhas-sem-ferrão, especialmente em contextos atuais de mudanças climáticas e quedas bruscas de temperatura. O projeto evidencia alternativas científicas de observação que podem ser realizadas de forma simples e funcional, e que comprovam a eficácia de tecnologias acessíveis com grande auxílio a problemáticas preservacionais ambientais. O sistema de aquecimento por ativação automática, mostra-se uma estratégia promissora para fortalecer a meliponicultura racional, contribuindo para a conservação das espécies nativas, sustentabilidade ambiental e conservação da fauna e flora brasileiras.

Portanto, este estudo científico realizado por alunos de ensino médio, demonstra que a aplicação de soluções tecnológicas eficientes pode ser um diferencial no manejo de abelhas-sem-ferrão, especialmente em regiões mais frias ou climaticamente instáveis. A continuação desta pesquisa, com o monitoramento das colônias a longo prazo, e sua ampliação, abrangendo diferentes regiões e espécies de abelhas, poderão aprofundar esses resultados e auxiliar no desenvolvimento de práticas mais eficazes para a criação e preservação desses importantes polinizadores.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DAS ABELHAS. **Agricultura e Polinizadores**. 2015.
- BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. **Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: meliponiculture as an activity that promotes sustainability**. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 23, p. 1-19, 2020.
- CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; CARNEIRO, G. G. **Termorregulação colonial em abelhas-sem-ferrão**. *PUBVET*, Londrina, v. 4, n. 24, ed. 129, art. 872, 2010.
- CRUZ-SILVA, Maurizete da; RIBEIRO, Neila Lidiany. **Termorregulação e produção da *Melipona scutellaris* em colmeias construídas com diferentes tipos de madeira**. In: **CIÊNCIA ANIMAL E VETERINÁRIA: Tópicos atuais em pesquisa**. Vol. 1. Editora Científica Digital, 2023. p. 110–121. ISBN 978-65-5360-322-6. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.37885/230212090>. Acesso em: 08 maio 2025.
- DA SILVA CORREIA, F. C.; PERUQUETTI, R. C.; DA SILVA, A. R.; GOMES, F. A. **Influência da temperatura e umidade nas atividades de voo de operárias de *Melipona eburnea* (Apidae, Meliponina)**. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v. 20, n. 2, 2017.
- DÍAZ, S.; DE SOUZA URBANO, S.; CAESAR, L.; BLOCHTEIN, B.; SATTTLER, A.; ZUGE, V.; HAAG, K. L. **Report on the microbiota of *Melipona quadrifasciata* affected by a recurrent disease**. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 143, p. 35-39, 2017.
- DKADI DECOR. **Caixa INPA para abelhas sem ferrão (eucalipto, 18 × 18 cm)**. Fotografia. Disponível em: <https://www.dkadidecor.com.br/caixa-inpa-para-abelhas-sem-ferrao-eucalipto-18x18>. Acesso em: 20 ago. 2025.
- EMBRAPA. **Embrapa e ABELHA mostram benefícios das abelhas nativas na Agrishow**. Embrapa Meio Ambiente, 2022.
- FAITA, M. R.; CHAVES, A.; NODARI, R. **A expansão do agronegócio: impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 57, p. 79–105, 2021.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **A importância econômica da polinização**. *Mensagem Doce*, São Paulo, v. 80, p. 44-46, 2005.
- GEMIM, Bruna Schmidt; SILVA, Francisca Alcivania de Melo. **Meliponicultura em sistemas agroflorestais: alternativa de renda, diversificação agrícola e serviços ecossistêmicos**. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 11, n. 4, p. 361-372, out.-dez. 2017.
- GALINDO-LEAL, Carlos E.; CÂMARA, I. G. 2005. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. Pp. 3-12. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.). **Mata Atlântica:**

biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional.

HEINRICH, Bernd. **Mechanims of body temperature regulation in honeybees, Apis mellifera.** J Exp Biol . v.85, n.1, p.61-87, 1981.

JESUS, Felipe Thiago de. **Sistema de calefação para ninhos de abelhas-sem-ferrão com controle e leitura de temperatura interna por sistema remoto.** 2017. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/179779>. Acesso em: 16 maio 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Manual de doenças das abelhas: boas práticas aplicadas à prevenção, controle e erradicação de doenças das abelhas direcionado ao serviço veterinário oficial.** Brasília: MAPA/Secretaria de Defesa Agropecuária, 2023. 180p.

MOURA et al. **Influence of some abiotic factors on the flight activity of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) in Southern Brazil.** Journal of Apicultural Research, 2022.

MOURA et al. **Stingless Bee Foraging Activity Related to Environmental Aspects.** Neotropical Entomology, v. 53, 2024.

PEREIRA DA SILVA, C. **Influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de Melipona quadrifasciata Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** São Carlos, p. 54, 2019.

ROLDÃO-SBORDONI, Yara S. **Termorregulação em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): produção ativa de calor e metabolismo energético.** Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. 109 p. Ribeirão Preto, 2015.

SILVA, Wagner Pereira.; PAZ, Jocilene Regina Llima da. **Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica.** Natureza Online, v. 10, n. 3, p. 146–152, jul./set. 2012. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br>. Acesso em: 07 maio 2025.

SILVEIRA, Fernando; MELO, Gabriel; ALMEIDA, Eduardo. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação.** Belo Horizonte, 2002. ISBN 85-903034-1-1.

SILVA et al., 2021. MelgueiraApp: **Caixa de Meliponicultura Automatizada e Aplicativo para Gestão de Produção de Mel.** In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS (LATINOWARE), 18., 2021, Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 172-175. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/latinoware.2021.19928>.

TEIXEIRA, Lila Vianna; CAMPOS, Fernanda de Nitto Melo. **Início da atividade de vôo em abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da**

abelha e da temperatura ambiente. Rev. bras. Zootecias. v. 7, n 2, p.195-202, 2005.

VAN NUYS, R. K. et al. **Temperature and humidity modulate the foraging activity of the stingless bee *Melipona beecheii*.** Journal of Thermal Biology, v. 91, 102618, 2020.

VENTURIERI, G.; ALVES, D. A.; VILLAS-BOAS, J. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. **Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola.** ResearchGate, 2012.

VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, R., ROUBIK, D. W., COLLI-UCÁN, GÜEMEZ-RICALDE, F. J., & BUCHMANN, S. L. **A critical view of colony losses in managed mayan Honey-Making bees (*Apidae: meliponini*) in the heart of Zona Maya.** Journal of the Kansas Entomological Society, 86(4), 352–362, 2013.

WOLOWSKI, M. et al. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil.** São Carlos: Editora Cubo, 2019.

ENGEL, Michael S. et al. **Stingless bee classification and biology (Hymenoptera, *Apidae*): a review, with an updated key to genera and subgenera.** Zookeys, 2023.