

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ
(*Tetragonisca* spp.) E SUA RELAÇÃO COM O
DESENVOLVIMENTO DA COLÔNIA

Gustavo Alan Sniscalchi

Zootecnista

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ
(*Tetragonisca* spp.) E SUA RELAÇÃO COM O
DESENVOLVIMENTO DA COLÔNIA

Discente: Gustavo Alan Siniscalchi

Orientador: Prof. Dr. Daniel Nicodemo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

2025

S617p

Siniscalchi, Gustavo Alan

Produção de própolis por abelhas Jataí (*Tetragonisca spp.*) e sua relação com o desenvolvimento da colônia / Gustavo Alan Siniscalchi. -- Jaboticabal, 2025

70 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Daniel Nicodemo

1. Abelhas sem ferrão. 2. Própolis. 3. Produção animal. 4. Clima. 5. Zootecnia. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

Esta pesquisa apresenta relevância científica, tecnológica, e socioambiental ao investigar os fatores zootécnicos, comportamentais e ambientais relacionados à produção de própolis em colônias de abelhas Jataí (*Tetragonisca* spp.), um grupo de abelhas sem ferrão de ampla distribuição no Brasil e em países vizinhos. O estudo contribui para a consolidação de parâmetros fenotípicos que podem ser empregados como indicadores de desempenho produtivo e de bem-estar das colônias, oferecendo uma base científica para o manejo e seleção de linhagens para o melhoramento zootécnico de espécies nativas. Além disso, o uso de ferramentas de análises estatística, sensoriamento experimental e o uso de coletores artificiais representa um avanço na aplicação de tecnologias emergentes à meliponicultura, aproximando o campo da zootecnia de precisão à produção racional de abelhas, produtos e derivados. Dessa forma, o trabalho reforça a importância das abelhas sem ferrão como agentes produtivos, econômicos e pilares da sustentabilidade socioambiental.

Potencial impact of this research

This research holds scientific, technological, and socio-environmental relevance by investigating the zootechnical, behavioral, and environmental factors associated with propolis production in colonies of Jataí bees (*Tetragonisca* spp.), a group of stingless bees widely distributed throughout Brazil and neighboring countries. The study contributes to the establishment of phenotypic parameters that may serve as indicators of productive performance and colony well-being, providing a scientific foundation for management practices and the selection of lineages aimed at the zootechnical improvement of native species. Furthermore, the use of statistical analysis tools, experimental sensing, and artificial collectors represents an advancement in the application of emerging technologies to meliponiculture, bridging precision livestock science with rational production of bees, their products, and derivatives. In this way, the work reinforces the importance of stingless bees as productive and economic agents, as well as pillars of socio-environmental sustainability.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ (*Tetragonisca spp.*) E SUA RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO DA COLÔNIA

AUTOR: GUSTAVO ALAN SINISCALCHI

ORIENTADOR: DANIEL NICODEMO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:



Documento assinado digitalmente

DANIEL NICODEMO

Data: 19/09/2025 09:31:38 -0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. DANIEL NICODEMO (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal



Prof. Dr. ADEMILSON ESPENCER EGEA SOARES (Participação Virtual)
Departamento de Genética / FMRP USP Ribeirão Preto/SP



Documento assinado digitalmente

DARCLET TERESINHA MALERBO DE SOUZA

Data: 22/09/2025 06:29:13 -0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. DARCLET TERESINHA MALERBO DE SOUZA (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE) - Recife/PE

Jaboticabal, 18 de setembro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GUSTAVO ALAN SNISCALCHI - Nascido em 01 de abril de 1991, em Jaboticabal - São Paulo. Graduado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Câmpus Jaboticabal - SP, com ênfase em produção agropecuária sustentável, preservação e conservação de recursos, flora e fauna. Profissionalmente atua nas áreas de educação ambiental, apicultura, meliponicultura, segurança e soberania alimentar, políticas públicas de desenvolvimento rural e urbano, agroecologia, produção artesanal e familiar. Trabalhando com conservação e produção de abelhas, sistemas agroflorestais, agricultura sintrópica e produção orgânica. Em 2023 ingressou no Programa de Mestrado em Ciência Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, na área de Nutrição Animal, orientado pelo Prof. Dr. Daniel Nicodemo.

Sumário

	Página
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. Introdução	1
1.2. Contexto Geral	4
1.2.1. Abelhas: ecossistema, produção e desafios globais	4
1.2.2. A meliponicultura: importância ecológica e econômica das abelhas sem ferrão	5
1.2.3. Própolis: relevância ecológica, medicinal e econômica: tipos, composição e potencial produtivo	7
1.2.4. Manejo zootécnico para produção sustentável de própolis em abelhas sem ferrão	9
1.2.6. Regulamentação sobre própolis	14
2. CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ (TETRAGONISCA SPP.) E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS DO NINHO E COMPORTAMENTO DA COLÔNIA	24
2.1 Introdução	26
2.2 Material e Métodos	30
2.2.1 Local e caracterização do ambiente experimental	30
2.2.2 Instalação do meliponário e delineamento experimental	31
2.2.3 Coleta inicial de própolis e classificação fenotípica das colônias ...	34
2.2.4 Descrição de proposta técnica do método Indução da produção de própolis e seleção de grupos	35
2.2.5 Sensoriamento ambiental e climático	36
2.2.6 Avaliações zootécnicas e comportamento higiênico	37
2.2.7 Identificação morfológica das espécies	41
2.2.8 Comportamento de grau de defesa	41
2.2.9 Análise estatística dos dados	42
2.3 Resultados e discussão	43
2.3.1 Avaliação do sistema de instalação e ocorrência de abelhas cleptobióticas	43
2.3.2 Avaliação do sistema de instalação e ocorrência de abelhas cleptobióticas	44
2.3.3 Relação com variáveis zootécnicas, ambientais e a produção de própolis	49
2.3.4 Comportamento higiênico	54

2.4	Conclusões.....	63
------------	------------------------	-----------

2.5	Referências.....	63
------------	-------------------------	-----------

PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ (*Tetragonisca* spp.) E SUA RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO DA COLÔNIA

Resumo - O presente trabalho oferece uma visão ampliada e fundamentada sobre a importância ecológica, socioeconômica e produtiva das abelhas, com ênfase especial nas abelhas sem ferrão, como as do gênero *Tetragonisca*, conhecidas como Jataí, Jati, Mosquito, Abelha Ouro, Angelita entre outros nomes populares. Apresenta-se o panorama da meliponicultura, considerando a biodiversidade e diferentes produtos e serviço associados às abelhas, como polinização, mel, pólen, cera, própolis e sua contribuição para a sustentabilidade produtiva. Também são discutidos aspectos biológicos, comportamentais e zootécnicos das colônias, práticas de manejo e fatores climáticos. Espécies de *Tetragonisca* spp. são apresentadas como modelo de estudo animal e aplicação produtiva em abelhas, especialmente por seu comportamento adaptativo, facilidade de manejo e potencial para produção de própolis. Após a introdução e contexto, apresenta-se sobre a seleção fenotípica e os fatores que influenciam a produção de própolis nessas colônias, sob condições de manejo controladas, buscando entender a variabilidade na produção de própolis associado a demais fatores como clima e as condições da colônia, propor um sistema de criação, produção e coleta tecnicamente embasadas para a meliponicultura.

Palavras-chave: Abelhas sem ferrão, serviço ecossistêmico, meliponicultura, produção animal, produtos da colônia, própolis

PROPOLIS PRODUCTION BY JATAÍ BEES (*Tetragonisca* spp.) AND ITS RELATIONSHIP WITH COLONY DEVELOPMENT

Abstract: This study provides an expanded and well-grounded overview of the ecological, socioeconomic, and productive importance of bees, with particular emphasis on stingless bees of the genus *Tetragonisca*, commonly known as Jataí, Jati, Mosquito, Golden Bee, Angelita, among other regional names. The work presents a comprehensive panorama of meliponiculture, considering biodiversity and the various products and services associated with bees such as pollination, honey, pollen, wax, and propolis and their contribution to productive sustainability. Biological, behavioral, and zootechnical aspects of the colonies are also discussed, along with management practices and climatic factors. Species of *Tetragonisca* spp. are presented as model organisms for animal studies and productive applications in stingless beekeeping, particularly due to their adaptive behavior, ease of management, and potential for propolis production. Following the introduction and contextual framework, the study addresses phenotypic selection and the factors influencing propolis production in these colonies under controlled management conditions, aiming to understand the variability in propolis yield associated with climatic factors and colony conditions, and to propose a technically based system for breeding, production, and collection within meliponiculture.

Keywords: stingless bees; ecosystem service; meliponiculture; nimal production; olony products; propolis

Lista de ilustrações e figuras

Figura 1 Imagem topográfica vista de satélite do ponto (vermelho) de instalação do meliponário no campus FCAV/UNESP. Fonte: Google maps, 2025	30
Figura 2. Vista frontal e lateral colmeia modelo INPA instalada no meliponário.....	32
Figura 3. Vista inferior do fundo da colmeia modelo INPA com tela de ventilação...32	
Figura 4. Colônia de <i>Tetragonisca</i> spp. (Jataí) com proteção na entrada confeccionada a partir de garrafa PET em formato de cone. Observa-se a estrutura da caixa racional modelo INPA, composta por ninho, sobreninho e melgueira.....	33
Figura 5. Sistema experimental de coleta de própolis com tampa invertida (A) e plástico translúcido (B) em colmeias modelo INPA adaptadas.	34
Figure 6. Sistema do sensor de temperatura e umidade para monitoramento do microclima interno da colônia. (A) Dispositivo fora da colônia e (B) dispositivo inserido na colônia na região do sobreninho.	37
Figura 7. Produção média acumulada de própolis (g) nos coletores artificiais por grupo de colônias de <i>Tetragonisca</i> spp., ao longo de seis meses, com coletas quinzenais	46
Figura 8. Coletor artificial de própolis da colônia 31, pertencente ao grupo de alta produção: (A) coletor instalado na colônia; (B) coletor removido, evidenciando a área coberta por própolis produzida pelas abelhas.	48
Figura 9. Coletor artificial de própolis da colônia 7, pertencente ao grupo de alta produção: (A) coletor instalado na colônia; (B) coletor removido, evidenciando a área coberta por própolis produzida pelas abelhas.	48
Figura 10. Matriz de correlação de Spearman entre variáveis zootécnicas, ambientais e comportamentais das colônias de <i>Tetragonisca</i> spp. O mapa de calor representa a força e direção das correlações.	50
Figura 11. Detalhe do ninho da colônia 31, (A) área central do disco de cria com crias mortas antes do teste e (B) após 72 horas para avaliação do comportamento higiênico.	56
Figura 12. Detalhe do ninho da colônia 7, (A) área central do disco de cria com crias mortas antes do teste e (B) após 72 horas para avaliação do comportamento higiênico	56

Lista de tabelas

Tabela 1. Produção de própolis (g) por colônia selecionada de *Tetragonisca* spp. em quatro períodos, nas coletas T0 e quinzenais subsequentes.....45

Tabela 2. Percentual de remoção de crias mortas após 72 horas (comportamento higiênico) em colônias de *Tetragonisca* spp., monitorado mensal ao longo de seis meses.....55

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

As abelhas desempenham um papel fundamental na reprodução das plantas atuando como agentes polinizadores, promovendo a manutenção da biodiversidade, a segurança alimentar e a produção de alimentos e insumos em escala mundial, por meio da polinização em ecossistemas naturais e de agroecossistemas (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Potts et al., 2016; Barbosa et al., 2017; Embrapa, 2019; Gomes et al., 2024). Além da polinização como serviço ecossistêmico, a criação racional de diferentes espécies de abelhas tem se destacado devido a contribuição à saúde e ao bem-estar socioambiental, especialmente por meio dos produtos gerados como o mel, pólen e própolis. Esses produtos e seus derivados apresentam aplicações nutricionais, medicinais e conservativas, valendo-se de um crescente interesse global por produtos naturais sustentáveis (Caas, 2021; de Fátima Vidal, 2021; Rozman et al., 2022; Dvykaliuk R et al., 2023).

A abelha *Apis mellifera*, conhecida como africanizada, é a principal espécie utilizada na apicultura comercial no Brasil. Sua elevada capacidade de produção de mel, própolis, pólen, apitoxina, entre outros produtos, torna essa linhagem ou raça, a mais criada e explorada comercialmente no mundo. No entanto, as abelhas sem ferrão, pertencentes à tribo Meliponini, também desempenham papel essencial tanto na polinização quanto na produção de mel, pólen e própolis. Estudos demonstram que espécies como a Jataí (*Tetragonisca* spp.) devido à sua ampla distribuição geográfica e capacidade de adaptação, apresentam potencial produtivo e ecológico (Rasmussen et al., 2010; Pedro, 2014; Roubik, 2023; Nogueira, 2023). Essa relevância se deve à sua adaptabilidade a diferentes ambientes, aos diversos sistemas de criação e ao alto valor biológico dos produtos gerados, os quais têm despertado crescente interesse científico e comercial (Cortopassi-

Laurino et al., 2006; Lavinias et al., 2019; Guilardi-Lopes et al., 2022., Alves et al., 2024).

Produtos como a cera, o mel, o pólen e a própolis são utilizados há milênios por diferentes povos (Lavinias et al., 2019; Guilardi-Lopes et al., 2022; Dvykaliuk R. et al., 2023). Particularmente, o interesse em produtos como a própolis e a geoprópolis tem crescido significativamente nos últimos anos (de Fátima Vidal, 2021; Alves et al., 2024). A palavra “própolis” tem origem grega, significando “em prol da comunidade”, o que reflete sua função ecológica dentro da colônia: proteger a colmeia contra invasores, vento e chuvas (Lavinias et al., 2019; Barreto et al., 2020). A própolis do Brasil passou a ser conhecida pela produção por abelhas africanizadas, sendo os tipos marrom, verde e vermelha as mais comuns e devidos as mais de trezentas substâncias encontradas nos diferentes tipos de própolis, estudos apontam para uma diversidade com mais classificações necessárias (Park et al., 2002; Ribeiro et al., 2023).

A própolis possui composição diversa, influenciada por fatores como flora local, sazonalidade, clima e espécie de abelha, o que resulta em uma grande diversidade de propriedades terapêuticas encontradas nas diferentes própolis, em especial para (Barreto et al., 2020; Ripari et al., 2021). Embora a própolis, seja reconhecida por suas propriedades bioativas principalmente para as abelhas do gênero *Apis*, para as abelhas sem ferrão como a Jataí e outras, a relação entre esses fatores e a produção de própolis permanece pouco explorada, há escassez de dados sobre sua produtividade em Meliponíneos, limitando o estímulo a produção e o aproveitamento comercial sustentável. (Campos et al., 2015; Anjum et al., 2019; Popova et al., 2021; Regnier et al., 2023)

A abelha Jataí (*Tetragonisca* spp.) é amplamente distribuída, mas apresenta limites de ocorrência em regiões frias, onde temperaturas baixas podem afetar a atividade das colônias, ou em regiões com maior altitude, onde as condições podem influenciar à biologia e comportamento das abelhas (Campos et al., 2010; Giannini et al., 2017;

de Souza et al., 2021). Apesar de seu destaque entre os meliponicultores, tanto para fins comerciais quanto para uso amador, a Jataí é uma abelha ainda pouco estudada no que tange à biologia, desenvolvimento e produção racional (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Campos et al., 2015). As informações disponíveis concentram-se nas características qualitativas da própolis, como sua composição química e aplicações, do que em parâmetros quantitativos, como a produção por colônias (Regnier et al., 2023; Ismail et al., 2018).

O potencial das abelhas Jataí para a produção racional está diretamente relacionado à sustentabilidade, uma vez que sua criação pode contribuir para a conservação da biodiversidade, mitigação de impactos ambientais e geração de renda. Nesse contexto, torna-se fundamental expandir as pesquisas sobre o manejo em abelhas e as condições para maximizar a produção de própolis, aliado a entender demais fatores, como ambientais e genéticos que influenciam a produção (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Nicodemo et al., 2014; Koser et al., 2020).

Devido o crescente interesse por produtos naturais, aliado às evidências científicas sobre suas propriedades terapêuticas e medicinais, reforça a necessidade da geração de pesquisas e do desenvolvimento de técnicas de manejo que permitam explorar o potencial das abelhas sem ferrão como a Jataí na produção de própolis e outros produtos de alto valor agregado (Irigoiti et al., 2021; Rozman et al., 2022). Investir no estudo e na aplicação de técnicas que aprimorem a produtividade de colônias representa um caminho promissor para unir sustentabilidade e inovação tecnológica, com impactos positivos na ciência, na economia e na sociedade (Salatino et al., 2019; Popova et al., 2021; Alves et al., 2024).

O presente estudo teve como objetivo geral investigar o desenvolvimento e o desempenho produtivo de colônias de abelhas *Tetragonisca* spp., previamente selecionadas em grupos de alta ou baixa produção de própolis, buscando compreender as relações entre

parâmetros morfométricas da colônia, parâmetros ambientais e comportamentais das abelhas, com vistas à geração de indicadores fenotípicos para o aprimoramento do manejo zootécnico.

1.2. Contexto Geral

1.2.1. Abelhas: ecossistema, produção e desafios globais

As abelhas desempenham um papel essencial na manutenção da biodiversidade e na produção agropecuária, contribuindo para a perpetuação de diversas espécies por meio da polinização, além de polinizarem as plantas silvestres, garantem a fecundação e perpetuação de diversas espécies vegetais cultivadas, também são responsáveis pela polinização de culturas agrícolas de alto valor econômico, como maçã, melancia, tomate, amêndoas entre outras, influenciando a oferta de alimentos e insumos em escala local e global (Barbosa et al., 2017; Caas, 2021; Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Marques et al., 2015).

A presença de polinizadores em sistemas de cultivo tem o potencial de aumentar significativamente a eficiência produtiva, uma vez que a visita de abelhas às flores pode beneficiar não somente plantas que apresentam dependência do serviço ecossistêmico de polinização, mas também flores de plantas que se autopolinizam como alguns cereais e leguminosas. No entanto, as populações de abelhas têm enfrentado desafios, tais como o desmatamento, o uso indiscriminado e irregular de agrotóxicos, a fragmentação de habitats e a mudança climática acelerada (Marques et al., 2015; Potts et al., 2016; de Oliveira Jacob et al., 2019). Desta forma, impactando negativamente as abelhas e, consequentemente, provocando o declínio nas populações, comprometendo não apenas os diversos sistemas dependentes de polinização, mas também a produção apícola, como amplamente documentado em pesquisas científicas, matérias e notícias (Bombardi, 2017; Beringer et al. 2019; Embrapa, 2019; Freitas et al., 2022).

Diante dos desafios enfrentados pelas populações de abelhas, dos criadores e da crescente valorização do serviço e produtos das abelhas, torna-se importante compreender as relações das abelhas sem ferrão no contexto ecológico e produtivo. Nesse sentido, a meliponicultura especialmente com espécies como a Jataí (*Tetragonisca* spp) vem se consolidando como uma atividade estratégica para a conservação da biodiversidade, o fortalecimento da agricultura e pecuária sustentável e o desenvolvimento de produtos de elevado valor agregado.

1.2.2. A meliponicultura: importância ecológica e econômica das abelhas sem ferrão

A criação de abelhas tem se tornando cada vez mais popular, em especial a prática da criação de abelhas sem ferrão, a meliponicultura, em virtude da maior difusão das técnicas de manejo de colônias dessas abelhas, por não oferecerem riscos de acidentes com ferroadas e poderem ser criadas em ambientes urbanos, periurbanos e rurais (Koser et al., 2020; Guilardi-Lopes et al., 2022; Rozman et al., 2022).

Na classificação biológica, a família do Meliponíneos, são as abelhas as sem ferrão, que compõem uma considerável parcela das espécies de abelhas de hábitos sociais formando colônias perenes. Há cerca de quatrocentas espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, das quais a maioria é encontrada no Brasil (Nogueira-Neto, 1997; Pedro, 2014; Pereira et al., 2017; Grüter C., 2020).

A presença de polinizadores nativos está diretamente relacionada à variabilidade genética de suas populações e à capacidade de adaptação a diferentes ambientes. Essas abelhas possuem características ecológicas e comportamentais únicas, fruto de um longo processo de coevolução com as plantas, o que lhes confere elevada eficiência na coleta de recursos florais e na polinização das espécies vegetais que compõem os ecossistemas e biomas onde estão inseridas. Por exercerem esse papel ecológico essencial, a preservação da

diversidade genética e funcional das abelhas nativas é fundamental para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e para o fomento a sistemas de produção sustentáveis em escala local e global (Barbosa et al., 2017; Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Beringer et al., 2019).

Dentre as famílias dos Apídeos, destacam-se as abelhas corbiculadas (Apíneos, Meliponíneos, Bombíneos, Euglossíneos). As abelhas sem ferrão (Meliponíneos), ao longo do processo evolutivo tiveram seu ferrão atrofiado nas abelhas fêmeas (operárias e rainhas) e os machos, por natureza não possuem ferrão (Grüter C., 2020). Como consequência, essas abelhas, desenvolveram diversas estratégias alternativas de defesa e manutenção da homeostase do ninho. Entre essas estratégias, destacam-se o uso de cavidades pré-existentes para nidificação, o comportamento de morder a pele e os pelos de invasores, bem como a manipulação de resinas vegetais para a produção de própolis e geoprópolis, utilizadas na vedação de frestas e na proteção contra predadores, parasitas e microrganismos, atuando também como barreira física e química ao redor da colônia (Campos et al., 2010; Marques et al., 2015; Nogueira-Neto, 1997; Pereira et al., 2017; Roubik, 2023).

As abelhas sem ferrão, podem ser agrupadas em dois grandes grupos, os trigoniformes e meliponiformes. A principal diferença entre eles está no processo de diferenciação das rainhas. Nas espécies do grupo meliponiformes, não ocorre a construção de células reais específicas; a diferenciação da rainha ocorre por mecanismos genético e alimentar, sem distinção morfológica nas células de cria. Já nas espécies do grupo trigoniformes, há a construção de células reais (realeiras), morfológicamente distintas. Essas futuras rainhas podem permanecer na colônia para substituir a rainha dominante ou migrar para fundar uma nova colônia (Nogueira-Neto, 1997; Kerr et al., 2001; Campos et al., 2015; Pereira et al., 2017; Grüter, 2020).

No grupo dos trigoniformes, existem centenas de abelhas e a que se destaca é o gênero *Tetragonisca*, popularmente conhecido como Jataí, Jati, Mosquito, Abelha Ouro, Angelita, entre outras denominações regionais e populares. Apresentando ampla distribuição geográfica e capacidade de adaptação a distintos ambientes (Moure, 1946; Pereira et al., 2017). Estudos indicam que as colônias de *Tetragonisca* spp. podem ser encontradas em cavidades naturais e artificiais, como ocos de árvores, fendas em construções, tubulações e outras estruturas, o que favorece sua presença em áreas antrópicas. Trata-se da abelha sem ferrão mais criada no Brasil, tanto para fins produtivos (mel, própolis e polinização), para conservação e atividades recreativas (Pedro, 2014; Siniscalchi, 2019; Pereira et al., 2017; Nogueira, 2023).

A relevância socioeconômica da Jataí se reflete na crescente valorização dos produtos dessa abelha no mercado nacional e internacional, estudos indicam que a própolis produzida por *Tetragonisca* spp. possui composição química distinta da própolis obtida por outras espécies, sendo especialmente rica em compostos bioativos com reconhecidas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatória, essas características reforçam seu potencial para uso em formulações farmacêuticas, nutracêuticas e terapêuticas (Barreiras et al., 2020; Rozman et al., 2022).

1.2.3. Própolis: relevância ecológica, medicinal e econômica: tipos, composição e potencial produtivo

O uso da própolis remonta os povos antigos, com registros de aplicação por civilizações chinesa, assíria, inca e egípcia, sendo encontrado nas tumbas na mumificação de corpos, mantendo-os preservados por muitos anos. O produto popularmente conhecido das abelhas é o mel, porém, o interesse e a procura por produtos como a própolis tem crescido significativamente nos últimos anos (Breyer et al., 2016; Barreto et al., 2020; Regnier et al., 2023).

A palavra própolis tem sua etimologia do grego, onde “pro” significa “em prol de”, ou seja, em defesa e “polis” refere-se à cidade ou lugar. Assim, sua função é ser utilizada em favor ou defesa e proteção da colônia, impedindo a entrada de invasores e para fechar frestas, rachaduras e buracos visando evitar a entrada de predadores, calor, frio, vento, chuva e microrganismos na colônia (Anjum et al., 2019; Barreto et al., 2020).

A própolis é um importante composto, oriundo de resinas vegetais, que as abelhas coletam, manipulam com as mandíbulas e pernas, e acondicionam nas corbículas para o transporte até a colônia e podendo armazenar em seus estoques. É um produto elaborado a partir de substâncias resinosas e exsudatos de caules, cascas, brotos, folhas, flores e diferentes partes de plantas, com adição de secreções glandulares das abelhas, óleos essenciais, cera e grãos de pólen e a outros materiais adicionado pelas abelhas, podendo apresentar diversos aromas, colorações, consistência, elasticidade e dureza (Lavinhas et al., 2019; Epagri, 2020; Regnier et al., 2023). Contudo, sua importância vai além, isso porque, sua variada composição e propriedades, conferem manutenção da homeostase da colônia e controle de microrganismos, contribuindo para a imunidade social à colônia das abelhas, funcionando como uma barreira química contra infecções e desordens biológicas no interior das colmeias (Barreto et al., 2020; Nicodemo et al., 2013; Nicodemo et al., 2014; Regnier et al., 2023).

A classificação da própolis é baseada em sua composição química e na vegetação predominante da região onde é coletada pelas abelhas. No Brasil, a própolis produzida comercialmente ainda é na maioria das vezes por abelhas africanizadas (Barreto et al., 2020). Foram identificados diversos tipos de própolis, sendo os mais comuns a própolis marrom de composição variada, podendo conter resinas de diferentes espécies vegetais, como a Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), *Eucalyptus* spp, *Pinus* spp etc, responsáveis por atividades antioxidante e antibacteriana. A própolis verde, extraída principalmente de *Baccharis*

dracunculifolia (Alecrim do campo), é conhecida por seu alto teor de artepelin C, um composto bioativo com propriedades antitumorais, anti-inflamatórias e antioxidantes. Ainda, a própolis vermelha, que está associada as plantas *Symphonia globulifera* (Guanadi) e *Dalbergia ecastaphyllum* (Rabo-de-bugio), que apresentam flavonoides e compostos prenilados, sendo estudada por suas propriedades antibacterianas e antioxidantes (Anjum et al., 2019; de Fátima Vidal, 2021; Freires et al., 2016; Ribeiro et al., 2023).

Além da própolis produzida por abelhas *Apis mellifera*, as abelhas sem ferrão do grupo Meliponíneos também produzem a própolis e uma variação conhecida como geoprópolis, que apresenta propriedades químicas e bioativas distintas devido à adição de partículas de solo na sua composição (Lavinias et al., 2019; Rozman et al., 2022; Barreiras et al., 2020; Regnier et al., 2023). A própolis e geopropolis são produtos de valor agregado e com potencial econômico, apresentando atividade cicatrizante, anti-inflamatória, antioxidante, antifúngica, antiparasitária, antiviral e a não proliferação de células cancerígenas, a própolis mostrou, ainda, mais relevância nos últimos anos, em especial no momento de pandemia causado pelo coronavírus (Cassimiro et al., 2022; Silveira et al., 2023; Alves et al., 2024). Existem inúmeras substâncias encontradas nas diferentes própolis, como ácidos graxos, ácidos fenólicos, flavonoides, terpenos, aldeídos, esteroides, álcoois, aminoácidos, vitaminas e minerais, dentre outras, conferindo prevenção e tratamento de muitas doenças na medicina humana e animal, a partir de um produto natural e sem contraindicações (Sawaya et al., 2006; Ismail et al., 2018; Salatino et al., 2019; Barreiras et al., 2020; Ripari et al., 2021; Rozman et al., 2022;).

1.2.4. Manejo zootécnico para produção sustentável de própolis em abelhas sem ferrão

A produção de própolis pelas abelhas envolve uma sequência de processos que compreendem a coleta e transporte de resinas vegetais, sua manipulação, modificação e o armazenamento, aliado ao manejo adequado do criador de abelhas. As abelhas operárias em condições favoráveis saem a campo na busca e coleta de matéria prima na natureza e em áreas cultivadas. A presença de fontes vegetais resinosas nas proximidades dos locais de criação influencia diretamente não apenas a produção, mas também a composição química da própolis (Lavinas et al., 2019).

As técnicas de manejo podem ser adaptadas conforme a espécie de abelha e o tipo de própolis desejado. Em abelhas sem ferrão, a coleta da própolis e geoprópolis requer métodos específicos, considerando sua estrutura de nidificação e os múltiplos usos desse material na arquitetura e na proteção da colônia. Tais métodos ainda estão em processo de desenvolvimento e padronização, especialmente na meliponicultura racional (Regnier et al., 2023; Alves et al., 2024).

Para a produção da própolis em sistemas comerciais, são adotadas diferentes técnicas de manejo. As mais conhecidas são a raspagem e o CPI (coletor de própolis inteligente), comumente usados em colônias de abelhas *Apis Mellifera* (de Oliveira et al., 2007; Barreto et al., 2020). A partir de modelos da apicultura e informações de povos indígenas que criavam as abelhas sem ferrão, a experimentação empírica e técnica-científica na meliponicultura vem se desenvolvendo diferentes e novos modelos para produção e coleta da própolis, geopropolis e demais produtos das abelhas sem ferrão (Zilse et al., 2005; Alves et al., 2024). Os criadores de abelhas observaram que, ao usarem um plástico e/ou lona sobre as estruturas das colônias, as abelhas depositam a própolis aderida a esse material. Algo semelhante foi testado nas abelhas *Apis mellifera*, comumente usado na entressafrá como parte da produção de raspagem (de Oliveira et al., 2007; de Lima et al., 2024).

Ao selecionar colônias para produção da própolis o criador normalmente usa da avaliação de desempenho das colônias, por meio de controle zootécnico mensurando e medindo parâmetros de interesse, como peso total, quantificação da produção de mel e pólen, área de cria, comportamento higiênico, entre outros (Nicodemo, 2014). Contudo, nesse tipo de controle para seleção os fatores ambientais e genéticos estão atuando e influenciando na produtividade, às vezes não tendo distinção de qual dos fatores é predominante para uma boa produção. Na maioria das vezes o criador de abelhas poucas vezes tem acesso a ferramentas e tecnologia adequada para seleção e melhoria dos planteis de abelhas, o que acaba refletindo na produção e valor de comércio (Barreto et al., 2020).

A adoção de técnicas de manejo adequadas e a seleção de colônias são estratégias fundamentais para o aumento da produtividade e para a sustentabilidade da apicultura e meliponicultura, especialmente no contexto da produção de própolis. Entre os fatores determinantes para a produção estável e de qualidade desse produto destacam-se a genética da colônia, a disponibilidade de plantas resinosa, as condições ambientais e as práticas de manejo adotadas pelo apicultor e meliponicultor (Cifuentes, 2015; Nicodemo et al., 2014; Lavinas et al., 2019).

A seleção de colônias para aptidão produtiva tem sido amplamente estudada, especialmente em abelhas *Apis mellifera*. As características geralmente buscadas incluem capacidade de produção, resistência a patógenos, baixo comportamento defensivo, boa adaptabilidade climática (Campos et al., 2010; Nicodemo et al., 2013; Spivak et al., 2019). Em colônias de abelhas sem ferrão, a seleção genética é ainda incipiente, mas estudos apontam que colônias mais fortes, com maior número de abelhas operárias, tendem a apresentar maior produção (Ismail et al., 2018; Regnier et al., 2023).

A eficiência da produção apícola e meliponícola está diretamente associada, ao ambiente e ao manejo adequado das colônias, como também à seleção de colônias matrizes com características desejáveis para cada finalidade, incluindo produtividade, resistência sanitária, docilidade e capacidade de adaptação aos diferentes climas nos biomas brasileiros. Técnicas adequadas de manejo são essenciais para garantir a sustentabilidade das atividades e a conservação das espécies, especialmente no caso das abelhas nativas sem ferrão, cuja diversidade e relações ecológicas estão intimamente ligadas ao equilíbrio dos ecossistemas tropicais (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Caas, 2021; Brasil, 2023).

1.2.5. Própolis de abelhas nativas como produto comercializável: aplicações e perspectivas

A própolis apresenta uma ampla gama de aplicações, sendo utilizada na medicina, na indústria farmacêutica, na alimentação e até mesmo na agropecuária. Suas principais aplicações concentram-se na área da saúde, em formulações com ação antigripal, antimicrobiana, cicatrizante e anti-inflamatória, além de potencial antiviral e imunomodulador (Barreto et al., 2020; Ripari et al., 2021). Na indústria alimentícia, é usada em suplementos, alimentos nutracêuticos e conservante natural devido às suas propriedades antioxidantes (Park et al., 2002; Lavinhas et al., 2019). Também tem sido usada em cosméticos como em sabonetes, cremes, loções e shampoos devido às suas propriedades regenerativas e antimicrobianas (Regnier et al., 2023).

Na agricultura e na pecuária, a própolis tem uso emergente como protetor natural, podendo inibir o desenvolvimento por microrganismos patógenos em colmeias, além de integrar formulações voltadas à sanidade animal e vegetal (Breyer et al., 2016; Coelho et al., 2010; de Campos JV et al., 2021; Nicodemo et al., 2014).

A demanda crescente por produtos naturais e sustentáveis tem impulsionado o interesse pelo uso e produção da própolis, destacando-

se, nesse contexto, o potencial das própolis produzidas por abelhas sem ferrão como um nicho promissor no mercado (Rozman et al., 2022). Pesquisas sugerem que a padronização, certificação e rastreabilidade da própolis podem agregar valor ao produto, ampliando sua competitividade nos setores comercial, científico e tecnológico (Popova et al., 2021; Ribeiro et al., 2023)

A valorização dos produtos naturais e a crescente busca por alternativas terapêuticas têm colocado a própolis em evidência tanto no mercado nacional quanto internacional. Enquanto a própolis de *Apis mellifera* possui reconhecimento consolidado em diversas formulações farmacêuticas e nutracêuticas, a própolis produzida por abelhas sem ferrão, como a *Tetragonisca angustula* e *Tetragonisca fiebrigi*, tem despertado interesse devido à sua composição química e potencial bioativo em determinados parâmetros (Pereira et al., 2003; Barreto et al., 2020; Campos et al., 2015; Regnier et al., 2023).

O mercado de própolis está em expansão, com aplicações que vão desde alimentos funcionais e cosméticos que são conhecidos, como também produtos veterinários e de uso agrícola, como fungicidas ecológicos. Há também um interesse crescente em inserir esse produto em cadeias produtivas sustentáveis e com rastreabilidade, especialmente quando associados à agricultura familiar e à conservação dos polinizadores (Irigoiti et al., 2021; de Campos JV et al., 2021).

Nesse sentido, políticas de fomento e incentivo a produção, capacitação técnica e certificações (como selos de produto orgânico, comércio justo e indicação geográfica) são formas para fortalecer a cadeia produtiva da própolis de abelhas nativas. A inclusão desses produtos em programas de alimentação escolar, mercados institucionais e exportações pode contribuir para a valorização da biodiversidade brasileira e para a economia, promovendo a geração de renda e a conservação ambiental (Koser et al., 2020; Rozman et al., 2022).

Portanto, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de manejo e produção são fundamentais para a qualidade e a quantidade da própolis produzida, garantindo sua produção e comercialização. Isso beneficia diretamente os criadores de abelhas, a agroindústria e os consumidores, ao mesmo tempo em que contribui para a conservação ambiental.

1.2.6. Regulamentação sobre própolis

A produção e comercialização de própolis e outros produtos apícolas e meliponícolas no Brasil estão sujeitas a regulamentações específicas que visam garantir a qualidade, a segurança sanitária e de saúde da população. A Portaria SDA nº 795, de 10 de maio de 2023, estabelece normas higiênico-sanitárias e tecnológicas para os estabelecimentos que elaboram produtos de abelhas e seus derivados. Essa regulamentação orienta que a própolis produzida atenda aos padrões exigidos para o consumo humano. A conformidade com essas normas implica na adoção de boas práticas de manejo, controle de qualidade e rastreabilidade, características essenciais para a sustentabilidade e valorização da apicultura e meliponicultura brasileira (Epagri, 2020; Brasil, 2023).

Além disso, no Manual de Doenças das Abelhas publicado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2023) orienta sobre o serviço veterinário e os produtores sobre boas práticas aplicadas à prevenção, controle e erradicação de doenças das abelhas, reforçando a importância de medidas sanitárias integradas ao manejo produtivo. O manual destaca a necessidade de monitoramento sanitário constante e da aplicação de protocolos de biossegurança, principalmente em sistemas de produção intensiva, contribuindo para a saúde das colônias e a qualidade dos produtos obtidos, incluindo a própolis (Brasil, 2023). A adequada aplicação das regulamentações permite que os produtos da biodiversidade brasileira sejam reconhecidos nos mercados interno e externo. Por sua vez, essas medidas visam promover a segurança

alimentar, a sanidade animal e a conservação ambiental, contribuindo para uma cadeia produtiva ética, sustentável e competitiva.

1.3. Referências

Alves RMO, Oliveira ALL, Krug C, Carvalho-Zilse GA (2024) Marketing and standards of cerumen, plant resins, geopropolis, and própolis from stingless bees. Springer Nature Switzerland v. 2. p. 335 - 349. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-43887-5_18 Acesso em: 14 fev. 2025

Anjum SI, Ullah A. et al. (2019) Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. Saudi journal of biological sciences, v. 26, n. 7, p. 1695 - 1703. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X1830189X>. Acesso em: 01 jan. 2025.

Barbosa D, Crupinski E, Silveira R, Limberger D (2017) As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. Revista Eletrônica Científica da UERGS. v. 3, p. 694. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322334683_As_abelhas_e_seu_servico_ecossistemico_de_polinizacao/link/5a54c006a6fdcc51a61a56d3/download. Acesso em: 16 abr. 2023.

Barreiras DG, Ruiz FM, Gomes JEG, Souza BMS (2020) Eficácia da ação antimicrobiana do extrato de própolis de abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Caderno de Ciências Agrárias. v. 12, p. 1 - 5. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/15939>. Acesso em: 12 jun. 2023.

Barreto ALH, Lopes MTR, Pereira FM, Souza BA (2020) Controle de Qualidade da Própolis. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220624/1/Doc268-Controle-Qualidade-Propolis-AINFO-1.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

Beringer J, Maciel FL, Tramontina FF (2019) O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. Revista Eletrônica Científica Da UERGS, 5(1), 18 - 27. Disponível em: <https://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1686>. Acesso em: 26 jun. 2024.

Bombardi LM (2017) Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia. São Paulo. Disponível em: <https://dataspace.princeton.edu/handle/88435/dsp01pz50h024q>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Brasil (2023) Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA nº 795, de 10 de maio de 2023. Estabelece as normas higiênico-sanitárias e tecnológicas para os estabelecimentos que elaborem produtos de abelhas e seus derivados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 90, p. 13 - 14, 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-795-de-10-de-maio-de-2023-481309215>. Acesso em: 01 jan. 2025.

Brasil (2023) 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/SDA, 2023. 180 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/ManualdeDoencasdasAbelhaswebcomprimido.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2025.

Breyer HFE, Breyer EDH, Ivanir C (2016) Produção e beneficiamento da própolis. p. 31. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/405/301>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Brodschneider R, Gratzner K (2021) The FAO Guideline on Good Beekeeping Practices for Sustainable Apiculture. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0005772X.2021.1981664>. Acesso em: 24 mai. 2024.

Camargo JMF, Pedro SRM, Melo GAR (2013). Moure's Bee Catalogue. Disponível em: <https://moure.cria.org.br/catalogue/catalogue/catalogue?id=117394&printmode=1>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Campos FS, Gois GC, Carneiro GG (2010) Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão. Pubvet. v. 4 (24), p. 1 - 18. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316091357_Termorregulacao_colonial_em_abelhas_sem_ferrao_Hymenoptera_Apidae_Meliponini. Acesso em: 21 abr. 2023.

Campos JF, Santos UP, Rocha P, Daimão MJ, Balestrieri JBP, Cardoso CAL, Paredes-Gamero EJ, Estevinho LM, Souza KP, Santos EL (2015) Antimicrobial, Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Cytotoxic Activities of Propolis from the Stingless Bee *Tetragonisca fiebrigi* (Jataí). Evidence-Based Complementary and Alternative medicine, London, p. 296186, n. 11. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2015/296186/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

Carvalho-Zilse GA; Silva CGN, Zilse N, Vilas Boas HC, Silva AC, Laray JP, Freire DCB, Kerr WE (2005) Criação de abelhas sem ferrão.

ProVarzea/IBAMA, INPA. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35987> ou <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/l3d00057.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Coelho SG, Silva JHV, Oliveira ERA, Amâncio AS, da Silva NMV, Lima MM (2010) Propolis and its use in production animal. Archives zootechnics, v. 59, n. 0, p. 95 - 112. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7212387>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Cortopassi-Laurino M, Imperatriz-Fonseca VL, Roubik DW, Dollin A, Heard T, Aguilar I, Venturieri GC, Eardley C, Nogueira-Neto P (2006) Global meliponiculture: challenges and opportunities. Apidologie. v. 37, n. 2, p. 275 - 292. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2006027>. Acesso em: 30 jun. 2023.

de Campos JV, Assis OBG, Bernardes FR (2021) Processamento e análise de extratos de própolis verde como potencial sanitizante de uso hortifrutícola. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 4, 2991 - 3002. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/32965>. Acesso em: 30 jun. 2023.

de Fátima Vidal M (2021) Potencial da produção de própolis no Nordeste. Caderno Setorial ETENE, v. 6, n. 153. Disponível em: https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/728/1/2021_CDS_153.pdf. Acesso em: 05 dez. 2024.

de Lima RCM, Moreira IDRC, Lima YS, de Souza GDF, de Oliveira OR (2024) Influence of collectors on the production and quality of propolis produced by Africanized *Apis mellifera* L. bees. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 32(4), p. 171 - 178. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9889010>. Acesso em: 15 out. 2024.

de Souza NC, Gimenes M (2021) Atividades externas das abelhas do gênero melipona e a influência dos fatores meteorológicos e oferta de recursos florais. Anais dos Seminários de Iniciação Científica, n. 25. Disponível em: <https://ojs3.uefs.br/index.php/semic/article/view/8646>. Acesso em: 15 out. 2024.

Dvykaliuk R, Adamchuk L, Antoniv A, Bal-Prylypko L (2023) Development of safety and quality of propolis as a food raw material. Animal Science and Food Technology, v. 14, n. 1, p. 26 - 48. Disponível em: <https://animalscience.com.ua/en/journals/tom-14-1-2022/formuvannya-bezpechnosti-ta-yakosti-propolisu-yak-kharchovoyi-sirovini>. Acesso em: 20 dez. 2024.

Embrapa (2019) Notícias. Biodiversidade Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Embrapa participa de audiência no Senado sobre proteção de polinizadores. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46665653/embrapa-participa-de-audiencia-no-senado-sobre-protecao-de-polinizadores>. Acesso em: 19 set. 2024.

Epagri (2020) Terapia com própolis pode ser oportunidade de negócio para apicultores. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/06/23/coronavirus-em-sc-propolis-melhora-a-imunidade-e-agrega-valor-a-apicultura/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

Caas IZSLT (2021) Good Beekeeping Practices for Sustainable Apiculture; Animal Production and Health Guidelines, n. 25. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. ISBN 978-92-5-134612-9. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/44bbf61a-eec9-46fa-9d74-0f791e592571>. Acesso em: 15 jun. 2024.

Freitas H (2022) Estudo mostra pela 1ª vez que agrotóxicos cancerígenos são lançados de avião em SP. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2022/10/estudo-mostra-pela-primeira-vez-que-agrotoxicos-cancerigenos-sao-lancados-de-aviao-em-sp/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Freires IA, de Alencar SM, Rosalen PL (2016) A pharmacological perspective on the use of Brazilian Red Propolis and its isolated compounds against human diseases. *European journal of medicinal chemistry*, v.110, p. 267 - 279. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0223523416300332>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Giannini TC, Costa WF, Cordeiro GD, Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM, Biesmeijer J, Garibaldi LA (2017) Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *PLoS ONE*, San Francisco. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0182274>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Gomes CR, Batista MA, Ferraz YM, Trivellato MF, Siniscalchi GA, Polycarpo GV, Rigobelo EC, De Jong D, Nicodemo D (2024) A Hive Entrance System That Directs Honey Bees Inside or Outside a Greenhouse Reduced Colony Decline While Effectively Pollinating Zucchini Squash. *Agriculture*, v. 14, n. 6, p. 805. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/6/805>. Acesso em: 20 out. 2024.

Grüter C (2020) Stingless bees: their behaviour, ecology and evolution. Springer Nature. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Yc4MEAAQBAJ&lpg=PR7&ots>

=3_FHrLERhi&dq=gruter%202020&lr&hl=pt-BR&pg=PR7#v=onepage&q=gruter%202020&f=false. Acesso em: 15 out. 2024.

Ismail WIW, Hussin NN, Mazlan SNF, Hussin NH, Radzi MNFM (2018) Physicochemical Analysis, Antioxidant and Anti Proliferation Activities of Honey, Propolis and Beebread Harvested from Stingless Bee. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 440, n. 1, p. 012048. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/440/1/012048>. Acesso em: 26 jun. 2023.

Imperatriz-Fonseca VL (2010). Polinização: Os desafios de um Brasil biodiverso para o uso dos serviços ambientais prestados pelas Abelhas. Petrolina - PE. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15433772.pdf#page=49>. Acesso em: 27 dez. 2023.

Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM (2012) Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP. Disponível em: <https://www.livrosabertos.edusp.usp.br/edusp/catalog/view/8/7/33-1>. Acesso em: 01 jun. 2023.

de Oliveira OR, Inoue HT, de Sousa EA, Funari SRC, Barreto LMRC, da Silva Dib AP (2007) Propolis production by different methods. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, v. 15 n. 2. Disponível em: https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/547 Acesso em: 15 abri. 2024.

Irigoiti Y, Navarro AS, Yamul DK, Libonatti C, Tabera A, Basualdo M (2021) The use of propolis as a functional food ingredient: A review. Trends in Food Science and Technology, v. 115, p. 297 - 306. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421004155>. Acesso em: 26 ago. 2024.

Lima M, de Oliveira OR, Costa GDM, Malaspina O (2015) Brazilian propolis production by africanized bees (*Apis mellifera*). Bee World, v. 92 n. 3, p. 58 - 68. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0005772X.2015.1129229>. Acesso em: 18 abr. 2024.

Kerr WE, Carvalho-Zilse GA, Silva AC, Assis MGP (2001) Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001228920> ou <https://amesampa.org.br/acervo/a20.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

Koser JR, Barbiéri C, Franco TM (2020) Legislation on meliponiculture in Brazil: social and environmental demand. *Sustainability in Debate*. v. 11, n. 1, p. 164 - 194. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/30319> /. Acesso em: 30 abr. 2023

Kulza RA, Galhardo D, Moreira RD, ... et al. (2022). Analysis of the population structure of *Tetragonisca* (hymenoptera, meliponini) by microsatellite markers and network interactions. *Research, Society and Development* v. 11, n. 4. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24811>>. Acesso em: 30 fev. 2025.

Lavinas FC et al. (2019) Brazilian stingless bee propolis and geopropolis: promising sources of biologically active compounds. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. v. 29, p. 389 - 399. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102695X18305489?via%3Dihub#bib0075>. Acesso em: 30 mai. 2023.

Guilardi-Lopes NP, Zattara EE (2022) Ciência cidadã e polinizadores da América do Sul. v. 1. Editora Cubo. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-65-86819-20-5.100001.pt>. Acesso em: 17 jun. 2023.

Marques MF, Menezes GB, Deprá MS, Delaqua GCG, Hautequestt AP, Moraes MCM (2015) Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/344629663/Polinizadores-na-agricultura>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Morgado LN et al. (2018) Pollen Spectrum in Propolis of *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae: Trigonini) in an Island Area, Brazil. *Bee World*, v. 95, n. 3, p. 84 - 88. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0005772X.2018.1486277>. Acesso em: 15 out. 2024.

Nicodemo D, De Jong D, Couto RHN, Malheiros EB (2013) Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. *Genetics and Molecular Research*, p. 6931. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/113315>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Nicodemo D, De Jong D, Couto RHN, Malheiros EB (2014) Increased brood viability and longer lifespan of honeybees selected for propolis production. *Apidologie*. v. 45, n. 2, p. 269 - 275. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0249-y>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Nogueira DS (2023). Overview of stingless bees in Brazil (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *EntomoBrasilis*, v. 16, p. e1041 - e1041. Disponível em: <https://www.entomobrasilis.org/index.php/ebras/article/view/e1041> Acesso em: 30 jun. 2024.

Nogueira-Neto P. (1997) Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Edição Nogueirapis. Acesso em: 21 maio 2025.

Ripari N, Sartori AA, da Silva Honorio M, Conte FL, Tasca KI, Santiago KB, Sforcin JM (2021) Propolis antiviral and immunomodulatory activity: a review and perspectives for COVID-19 treatment. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. v. 73, n. 3, p. 281 - 299. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpp/rgaa067>. Acesso em: 26 jun. 2023.

Park YK, Alencar SM, Aguiar CL (2002) Botanical origin and chemical composition of Brazilian própolis. *Journal of agricultural and food chemistry*. V. 50, n. 9, p. 2502 - 2506. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf011432b>. Acesso em: 18 set. 2024.

Pedro SRM (2014) The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, v. 61, n. 4, p. 348 - 354. Disponível em: <https://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/699>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Pereira FM, Souza BA, Lopes MTR (2017). Criação de abelhas-sem-ferrão. Portal Embrapa. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1079116/criacao-de-abelhas-sem-ferrao>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD (2016) Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, v. 540 n. 7632, p. 220 - 229. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature20588>. Acesso em: 28 set. 2024.

Popova M, Trusheva B, Bankova V (2021) Propolis of stingless bees: a phytochemist's guide through the jungle of tropical biodiversity." *Phytomedicine*. v. 86, p. 153098. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094471131930340X>. Acesso em: 12 fev. 2024.

Rasmussen C, Cameron S (2010) Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. *Biological Journal of the Linnean Society* v. 99 n. 1, p. 206 - 232. <https://academic.oup.com/biolinnean/article/99/1/206/2448025?login=true> Acesso em: 12 fev. 2024.

Ribeiro VP, et al. (2023) Brazilian brown propolis: An overview about its chemical composition, botanical sources, quality control, and pharmacological properties. *Revista brasileira de farmacognosia* v. 33, n. 2, p. 288 - 299. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43450-023-00374-x>. Acesso em: 16 out. 2024.

Regnier L, Salatino MLF, Salatino A (2023) Parameters of the gross composition of propolis from Brazilian Meliponini. *Journal of Apicultural Research*. v. 0, n. 5, p. 1 - 9. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2216328>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Roubik DW (2023) Stingless bee (Apidae: Apinae: Meliponini) ecology. *Annual Review of Entomology*. v. 68, n. 1. p. 231 - 256. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-ento-120120-103938>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Rozman AS, Hashim N, Maringgal B, Maringgal AK (2022) A Comprehensive Review of Stingless Bee Products: Phytochemical Composition and Beneficial Properties of Honey, Propolis, and Pollen. *Applied Sciences*. v. 12, n. 13, p. 6370. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/13/6370>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Sawaya ACHF, Cunha IBS, Marcucci MC, de Oliveira RRF, Eberlin MN (2006) Brazilian propolis of *Tetragonisca angustula* and *Apis mellifera*. *Apidologie*. v. 37, n. 3, p. 398 - 407. Disponível em: <https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/2006/03/M6020.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

Salatino A, Regnier L, Pereira L, Luiza M, Salatino M (2019) The emerging market of propolis of stingless bees in tropical countries. *MOJ Food Processing & Technology*. v. 7, p. 27 - 29. Disponível em: <https://medcraveonline.com/MOJFPT/MOJFPT-07-00215.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Silveira MD, Menezes MDA, de Souza SP, Galvão EBDS, Berretta AA, Caldas J, Passos RDH (2023) Standardized Brazilian green propolis extract (EPP-AF®) in COVID-19 outcomes: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Scientific Reports*, v.13 n. 1, p. 18405.

Siniscalchi GA (2019) Georreferenciamento dos ninhos de abelhas nativas nos limites do campus UNESP-Jaboticabal-SP. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Ori.: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra. Coorientadores: Prof. Dr. David Luciano Rosalen; Profa. Dra. Geusa Simone de Freitas. Acesso em: 29 jun. 2023.

Spivak M, Goblirsch M, Simone-Finstrom M (2019) Social-medication in bees: the line between individual and social regulation. *Current opinion in insect science* v. 33, p. 49 - 55. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574518300853?via%3DiHub>. Acesso em: 06 jun. 2024

2. CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS POR ABELHAS JATAÍ (*TETRAGONISCA* SPP.) E SUA RELAÇÃO COM PARÂMETROS DO NINHO E COMPORTAMENTO DA COLÔNIA

Resumo: - Foi investigado a variação fenotípica na produção de própolis em colônias de *Tetragonisca* spp., sob condições ambientais e de manejo padronizadas, em um meliponário na FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. Foram avaliadas 31 colônias alojadas em colmeias modelo INPA, submetidas a um método de indução à produção de própolis por meio da inserção de plástico translúcido sob a tampa, simulando perturbação luminosa. A produção de própolis foi monitorada em duas etapas: uma inicial (45 dias) com coletas quinzenais e outra prolongada (180 dias), classificando as colônias em grupos de alta e baixa produção. Os resultados demonstraram correlação positiva entre a produção de própolis e variáveis zootécnicas, como número de potes de mel e altura dos potes de pólen, indicando que colônias mais ativas tendem a produzir mais própolis. Contudo, fatores como comportamento higiênico, temperatura interna e características da cria não apresentaram associação significativa. A análise estatística (teste de Spearman) reforçou a complexidade multifatorial do processo, destacando a influência de componentes genéticos e ambientais. O método de coleta por indução luminosa mostrou-se eficaz e replicável, oferecendo um protocolo de manejo viável para meliponicultura. Além disso, a seleção fenotípica precoce permitiu identificar colônias com desempenho produtivo distinto, amparando estratégias de melhoramento genético em abelhas sem ferrão. Conclui-se que a produção de própolis em *Tetragonisca* spp. é um processo influenciado por múltiplos fatores, e o manejo racional para a produção deve integrar critérios produtivos, ambientais e comportamentais. Os resultados contribuem para a validação de técnicas e a valorização da própolis como produto de valor agregado na meliponicultura.

Palavras-chave: Própolis de abelha nativa, controle zootécnico, técnicas de manejo racional, variabilidade produtiva, clima e desempenho produtivo

CHAPTER 2 - PROPOLIS PRODUCTION BY JATAÍ BEES (*Tetragonisca* spp.) AND ITS RELATIONSHIP WITH NEST PARAMETERS AND COLONY BEHAVIOR

Abstract: - Phenotypic variation in propolis production was investigated in colonies of *Tetragonisca* spp. under standardized environmental and management conditions at the Meliponary of FCAV/UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brazil. Thirty-one colonies were evaluated, each housed in INPA-model hives and subjected to an induction method for propolis production through the insertion of a translucent plastic sheet beneath the hive cover, simulating light disturbance. Propolis production was monitored in two stages: an initial 45-day period with biweekly collections, and a prolonged 180-day period, during which colonies were classified into high- and low-production groups. The results demonstrated a positive correlation between propolis production and zootechnical variables such as the number of honey pots and the height of pollen pots, indicating that more active colonies tend to produce greater amounts of propolis. However, factors such as hygienic behavior, internal temperature, and brood characteristics showed no significant associations. Statistical analysis (Spearman's test) reinforced the multifactorial complexity of the process, highlighting the influence of both genetic and environmental components. The light-induced collection method proved to be effective and replicable, offering a feasible management protocol for meliponiculture. Furthermore, early phenotypic selection allowed the identification of colonies with distinct productive performance, supporting genetic improvement strategies in stingless bees. It is concluded that propolis production in *Tetragonisca* spp. is influenced by multiple factors, and that rational management for production should integrate productive, environmental, and behavioral criteria. The findings contribute to the validation of techniques and to the valorization of propolis as a high-value-added product in meliponiculture.

Keywords: native bee propolis, zootechnical control, rational management techniques, productive variability, climate and productive performance.

2.1 Introdução

A própolis é uma substância resinosa produzida a partir de exsudatos vegetais como secreções de brotos, cascas e outras partes de plantas, que são misturados a secreções salivares, cera e outros compostos como pólen pelas abelhas (Salatino et al., 2019). Esse produto natural exerce funções estruturais e protetoras no interior dos ninhos, contribuindo para o isolamento térmico, vedação de frestas e defesa contra microrganismos e doenças. Além de sua importância ecológica para a manutenção da colônia, a própolis tem sido economicamente explorada em virtude de suas inúmeras propriedades benéficas à saúde humana, animal e vegetal, como por exemplo, atividade antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória, e entre outras, sendo amplamente utilizado nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia (Salatino et al., 2019; Irigoiti et al., 2021; Dvykaliuk R et al., 2023).

Embora as pesquisas sobre própolis tenham se intensificado nas últimas décadas, a maioria dos estudos, concentram-se na própolis produzida por abelhas do gênero *Apis*, principalmente a abelha *Apis mellifera*. Contudo, observa-se um crescente interesse pela própolis de abelhas sem ferrão, cujas composições químicas e propriedades biológicas são distintas. Essas diferenças estão associadas em função da abelha e a diversidade botânica de resinas disponíveis e coletadas do ambiente no entorno da colônia. O ambiente, portanto, exerce relação na constituição da própolis, uma vez que a flora local com suas características sazonais, fitogeográficas e químicas, determina o perfil das resinas coletadas, influenciando diretamente a qualidade, a cor, o aroma e a atividade biológica do produto final da própolis (Salatino e Teixeira, 2005; Ferreira et al., 2017; Salatino et al., 2019; Barreto et al., 2020; Regnier et al., 2023).

Nas Américas, especialmente na região Neotropical, onde existe ampla diversidade de abelhas nativas, destaca-se a importância de aprofundamento dos conhecimentos sobre a biologia, comportamento e o potencial produtivo desses insetos. Entre os produtos apícolas, a própolis tem ganhado crescente atenção na cadeia apícola nacional e internacional, tanto pela sua valorização mercadológica quanto pelas propriedades funcionais atribuídas à saúde humana (Barreiras et al., 2020; Silva e Assis, 2020; Rozman et al., 2022; de Fátima Vidal, 2021; Alves et al., 2024).

Nesse contexto, a criação racional de abelhas sem ferrão, a meliponicultura vem se consolidando como uma estratégia promissora para conciliar a conservação ambiental com a geração de renda. A valorização de produtos como mel e própolis de meliponíneos representa uma alternativa economicamente viável, de alto valor agregado e baixo impacto ambiental (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Quezada-Euán, 2018; da Conceição Lazarino et al., 2021; Rozman et al., 2022). Quando inserida em contextos de assistência técnica, organização social e políticas públicas de apoio à produção apícola, a meliponicultura pode contribuir significativamente para o aumento da renda, a segurança alimentar e a autonomia de produtores(as) em diferentes regiões do Brasil. Esses benefícios são potencializados pela adoção de boas práticas de manejo, estímulo à pesquisa aplicada e valorização do conhecimento tradicional e científico sobre as abelhas nativas (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Koser et al., 2020; Aldasoro et al., 2023).

Entre as abelhas sem ferrão de maior destaque na meliponicultura está o gênero *Tetragonisca*, ao qual pertencem abelhas popularmente conhecidas como Jataí, entre outras denominações. Quatro espécies desse gênero foram descritas: *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Tetragonisca buchwaldi* (Friese, 1925), *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938) e *Tetragonisca weyrauchi* (Schwarz, 1943), sendo *Tetragonisca angustula* e *Tetragonisca fiebrigi* as espécies mais encontradas e

descritas na meliponicultura brasileira (Camargo et al., 2013; Foguel, 2019; Pereira et al., 2017; Cunha et al., 2024).

As abelhas *Tetragonisca* spp, gênero ao qual, pertence a popular abelha Jataí, é um dos grupos de meliponíneos mais conhecidas no Brasil e América do Sul devido à sua ampla distribuição, ocorrência e adaptação a ambientes urbanos, rurais e florestais (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Siniscalchi 2019; de Souza et al., 2021). A *Tetragonisca angustula*, é uma das espécies de meliponíneos mais conhecidas e manejadas no Brasil, devido comportamento dócil, facilidade de manejo e capacidade de adaptação, e a *Tetragonisca fiebrigi*, embora menos conhecida, tem despertado interesse crescente por sua ocorrência em muitas regiões (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Foguel, 2019; Pereira et al., 2017; Camargo et al., 2013; de Souza et al., 2021; Cunha et al., 2024).

O comportamento de coleta e deposição de própolis em colônias de abelhas sem ferrão podem ser influenciados por fatores intrínsecos como genética, morfologia, arquitetura da colmeia, comportamento, e extrínsecos, como disponibilidade de resinas, temperatura, umidade, ventos etc. Portanto, compreender as relações entre produção de própolis, microclima interno da colônia e características zootécnicas é fundamental para o aprimoramento técnico da meliponicultura e para a viabilização comercial desse produto (Embrapa., 2024; Leonhardt et al., 2024; Silva e Assis, 2020)

A produção de própolis em colônias de abelhas sem ferrão resulta da interação complexa entre fatores intrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores intrínsecos destacam-se a genética da colônia, características morfológicas das abelhas, arquitetura do ninho e comportamento específico de forrageamento. Entre os fatores extrínsecos, sobressaem a diversidade e disponibilidade de fontes resinosas na paisagem, a sazonalidade, condições climáticas como temperatura, umidade, além de perturbações ambientais (Campos et al., 2010; Silva e Assis., 2020;

Le Gros et al.,2022). Compreender essas interações é importante para o aprimoramento técnico da meliponicultura, contribuindo não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a padronização, qualificação e rastreabilidade da própolis de abelhas nativas (Cifuentes, 2015).

A produção de própolis por abelhas sem ferrão, especialmente do gênero *Tetragonisca*, ainda carece de estudos quantitativos e experimentais que relacionem variáveis zootécnicas, comportamentais e ambientais ao desempenho produtivo das colônias. Embora a composição química e as propriedades biológicas das própolis de abelhas nativas tenham sido amplamente documentadas, há uma lacuna significativa quanto aos fatores que determinam sua produtividade e às condições de manejo que podem potencializá-la em sistemas de criação racional. Nesse contexto, torna-se necessário compreender os mecanismos que influenciam a produção de própolis e desenvolver protocolos experimentais que permitam padronizar a coleta, mensuração e seleção de colônias.

Dessa forma, o capítulo apresenta uma abordagem experimental voltada à identificação de parâmetros internos e externos associados à variabilidade fenotípica na produção de própolis em colônias de *Tetragonisca* spp.. A integração de métodos de indução luminosa, monitoramento ambiental e sensoriamento das colônias permitiu observar de forma sistemática o comportamento produtivo sob condições padronizadas. Essa abordagem busca não apenas descrever o desempenho das colônias, mas também propor indicadores fenotípicos que possam ser utilizados como ferramentas zootécnicas para o aprimoramento do manejo para a produção e da seleção de abelhas na meliponicultura.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Local e caracterização do ambiente experimental

O trabalho foi conduzido entre abril de 2023 e novembro de 2024, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, localizado nas coordenadas geográficas 21°14'43" latitude Sul e 48°17'59" longitude Oeste, a uma altitude média de 600 metros. As atividades experimentais foram desenvolvidas em um meliponário na área da própria instituição, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 Imagem topográfica vista de satélite do ponto (vermelho) de instalação do meliponário no campus FCAV/UNESP. Fonte: Google mapas, 2025

Figura 1. Imagem topográfica vista de satélite do ponto (vermelho) de instalação do meliponário no campus FCAV/UNESP. Fonte: Google mapas, 2025

A área do estudo abrangeu uma paisagem diversificada, incluindo parques e jardins, áreas de preservação permanente (APP), com e sem corpos d'água, pastagens destinadas à pecuária, culturas agrícolas e instalações rurais e urbanas com diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

Esta região, no Centro-Norte do estado de São Paulo, Brasil, está inserida no bioma de transição entre cerrado e floresta atlântica e caracterizada por vegetação de floresta latifoliada com trechos de cerrado de clima CWA (subtropical de inverno seco e verão quente), com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual na região é de 22 ° Célsius (C) e a precipitação média anual de aproximadamente 1.424,6 milímetros (mm). Os solos predominantes são Latossolo Vermelho-Escuro de fase arenosa e Latossolo Roxo e o relevo apresenta-se em grande extensão como suave-ondulado e ondulado, (Embrapa, 2006; Greggio et al., 2009).

A vegetação circundante ao meliponário experimental é composta por espécies nativas e exóticas cultivadas, as quais oferecem substratos florais e resinosos importantes para o comportamento forragear das abelhas.

2.2.2 Instalação do meliponário e delineamento experimental

Inicialmente, foram alocadas trinta e uma colônias provenientes do plantel do criador e pesquisador Gustavo Alan Siniscalchi. As colmeias utilizadas foram construídas em madeira de pinheiro (*Pinus* spp.), com dimensões internas de 12 cm × 12 cm, paredes de 2 cm de espessura e módulos com altura de 7,5 cm (ninho), 7,5 cm (sobreninho) e 5,5 cm (melgueira), totalizando um volume interno aproximado de 2.950 cm³.

As colônias de abelhas Jataí (*Tetragonisca* spp) utilizadas foram instalados em colmeias padrão do modelo projetado no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), formada por módulos sobrepostos e contendo fundo, ninho, sobreninho, melgueira e tampa (Figura 2). Neste experimento, os módulos foram construídos sem divisórias internas, a fim de facilitar o acesso e a visualização das estruturas da colônia durante os procedimentos de inspeção e controle zootécnico (Alves et al., 2006; Carvalho-Zilse et al., 2005).



Figura 2. Vista frontal e lateral colmeia modelo INPA instalada no meliponário

As estruturas da colmeia INPA são modulares em partes e possuem características que visam melhor controle e manejo das colônias. O fundo, posicionado na base da colmeia e com os pés de apoio, podendo ou não ter furos de ventilação, neste caso, todos fundos em baixo possuíam um furo central de 10 milímetros de diâmetro, fechado com tela metálica de malha fina, impedindo a entrada de inimigos naturais, ao mesmo tempo que permitia ventilação natural conforme as próprias abelhas abrem e fecham (Figura 3).



Figura 3. Vista inferior do fundo da colmeia modelo INPA com tela de ventilação.

O módulo de ninho abriga a rainha, os discos de cria e os potes de alimento (mel e pólen), além dos estoques iniciais de própolis. A entrada principal da colônia foi adaptada com um dispositivo de proteção em formato de cone, confeccionado com garrafa PET reaproveitada, como forma de dificultar o acesso de predadores e minimizar perdas de abelhas campeiras e guardas (Figura 4).



Figura 4. Colônia de *Tetragonisca* spp. (Jataí) com proteção na entrada confeccionada a partir de garrafa PET em formato de cone. Observa-se a estrutura da caixa racional modelo INPA, composta por ninho, sobreninho e melgueira.

O sobreninho, com dimensões iguais às do ninho, é ocupado gradualmente pelas abelhas à medida que a colônia se desenvolve. Nesse módulo foi perfurado um orifício na parte traseira para a passagem de três fios conectados a sensores internos, utilizados para monitoramento ambiental. A melgueira de altura menor que o ninho e sobreninho, é utilizada prioritariamente para o armazenamento de potes de mel, pólen e deposição de própolis.

A tampa foi adaptada para a indução de deposição e coleta de própolis. Foram utilizadas tampas invertidas, sem orifícios, combinadas com a inserção de um plástico translúcido rígido sobre o módulo da melgueira (Figura 5). Essa configuração promoveu a entrada de luz difusa e estimulou o comportamento de vedação por parte das abelhas,

que depositaram própolis na superfície interna do plástico, possibilitando sua posterior coleta.



Figura 5. Sistema experimental de coleta de própolis com tampa invertida (A) e plástico translúcido (B) em colmeias modelo INPA adaptadas.

As colônias foram organizadas sobre suportes individuais, a aproximadamente 1,2 m de altura e espaçadas em 2 metros entre si, visando minimizar a competição territorial e facilitar o manejo das colônias (Carvalho-Zilse et al., 2005; Embrapa, 2024). A instalação foi realizada em área autorizada do campus da FCAV/UNESP, em concordância com o Departamento de Ciências Exatas.

2.2.3 Coleta inicial de própolis e classificação fenotípica das colônias

A primeira etapa experimental consistiu na coleta total da própolis previamente depositada em cada colônia, aderida às paredes internas da colônia e componentes estruturais internos. Essa coleta foi realizada manualmente com uso de ferramentas de inox, seguindo boas práticas de higiene e manejo, visando garantir a coleta completa do material de própolis, classificado e armazenado sob refrigeração de em freezer a -20° Célsius (C).

Todas as amostras foram pesadas em balança e registradas como massa de própolis inicial (tempo zero), fornecendo o primeiro parâmetro de produtividade individual das colônias.

2.2.4 Descrição de proposta técnica do método Indução da produção de própolis e seleção de grupos

A produção de própolis foi estimulada nas colônias durante ambas as etapas do experimento por meio da inserção de uma folha plástica translúcida e semirrígida, com dimensões idênticas às da tampa da colmeia, a qual foi posicionada de forma invertida. Essa configuração permitiu a entrada de luminosidade indireta em dois dos lados superiores da melgueira, através dos sarrafos da tampa, induzindo as abelhas a depositarem própolis sob a superfície plástica. Esse método empírico, ainda não descrito formalmente na literatura científica, tem sido adotado por meliponicultores(as) para estimular a produção de própolis em abelhas nativas com resultados satisfatórios. Assim, o presente estudo empregou uma técnica de manejo já utilizada na prática produtiva, porém sem validação técnico-científica prévia.

Subsequentemente, seguiu-se com três (3) coletas quinzenais de própolis depositada nos coletores plásticos, com a retirada e substituição do coletor contendo própolis aderida de cada colônia por um novo coletor sem própolis, totalizando um período de quarenta e cinco dias e as amostras armazenadas e pesadas individualmente em balança de precisão. Posteriormente, com base na massa total de própolis obtida (coleta T0 e as coletas de 45 dias), as colmeias foram classificadas fenotipicamente em dois grupos de produção para própolis, contendo doze colônias totais e seis em cada grupo selecionadas pela produção de propolis, e identificadas em grupos distintos, um de maior e outro de menor produção de própolis, conforme a primeira etapa experimental, classificação e seleção dos grupos de produção com base nas coletas e pesagens da própolis em T0 e três coletas quinzenais nos coletores.

A partir da produção acumulada (T0 + coletas quinzenais), foram selecionadas 12 colônias com maior e menor desempenho fenotípico para produção de própolis, totalizando dois grupos experimentais (alta e baixa produção, $n = 6$ cada), as colônias foram classificadas fenotipicamente em dois grupos de desempenho produtivo.

A seleção dos grupos considerou a somatória total de própolis por colônia durante o período inicial de avaliação. Essa divisão permitiu a posterior comparação entre os grupos quanto aos parâmetros zootécnicos, comportamentais e ambientais, que serão apresentados nas seções seguintes.

2.2.5 Sensoriamento ambiental e climático

Foi desenvolvido e testado um protótipo de sensoriamento climático das colônias, com os sensores de temperatura e umidade que foram instalados internamente em cinco colônias com enxame/ocupadas e um em uma caixa vazia ou em seis colônias (cinco com abelhas), sendo três do grupo de alta produção (colônias 4, 6 e 31), duas do grupo de baixa produção (colônias 15 e 26) e uma colônia vazia (sem abelhas) como comparação das condições do microclima sem a caixa estar ocupada. Os sensores registraram dados de temperatura e umidade relativas interna em intervalos regulares, permitindo o monitoramento do microclima ao longo do tempo (dados em intervalos regulares entre maio e outubro de 2024).



Figure 6. *Sistema do sensor de temperatura e umidade para monitoramento do microclima interno da colônia. (A) Dispositivo fora da colônia e (B) dispositivo inserido na colônia na região do sobreninho.*

Foram registrados os dados climáticos de temperatura do ar e umidade relativa do ar, o sistema de sensoriamento foi desenvolvido e parcialmente fornecido em colaboração durante o período experimental, pelo Group of Agrometeorological Studies (GAS) coordenado pelo professor Glauco de Souza Rolim do Departamento de Ciências Exatas (FCAV/UNESP).

2.2.6 Avaliações zootécnicas e comportamento higiênico

Inspeções das colmeias para o controle zootécnico foram feitas quinzenalmente e mensalmente. A cada quinze dias foram mensurados e medidos os seguintes parâmetros, o número total de discos de cria, feito por contagem direta visual do ninho das colônias, o diâmetro do primeiro disco de cria completo, utilizando-se um paquímetro digital, também a pesagem/o peso total das colônias, por meio de balança eletrônica, obtendo o peso total de cada colônia (caixa com enxame).

A produção de mel foi amostrada coletando-se volumes de cinco potes de mel amostrais, quantificada e estimada, contando-se o número

de potes de mel observados no módulo de ninho, sobreninho e melgueira, e estimado o volume de produção a partir dessa observação e contagem. Para a produção de pólen, foi contado o número de potes de pólen observados no módulo de ninho, sobreninho e melgueira, e estimado o volume e/ou peso de produção a partir dessa observação e contagem. Também foi registrado a presença de depósitos de própolis, observado e mensurado e a quantidade (número de depósitos de própolis) no módulo de ninho, sobreninho e melgueira em cada colônia.

A presença de rainha e atividade de postura, foi feita por observação direta da rainha e indireta, verificando a presença de postura de crias novas com até três dias de idade nos discos de crias recentes. A presença de uma ou mais realeiras também foi observada e registrado, é comum durante a construção dos discos de crias, na periferia dos discos a construção de uma ou mais realeiras, para originar futura rainha (EPAGRI, 2018).

O comportamento higiênico em abelhas está relacionado à capacidade das abelhas operárias em detectar, remover crias mortas, doentes ou inviáveis do interior das células de cria e também da colônia, desempenhando papel central na defesa sanitária das colmeias e no controle de patógenos e parasitas. O método adaptado e usado para mensurar o comportamento higiênico em *Tetragonisca* spp, têm sido usado para avaliar o comportamento higiênico em abelhas eusociais, também testado em abelhas sem ferrão como Jataí (Al Toufaillia et al., 2016; de Jesus et al., 2017 ; Le Gros et al., 2022).

A metodologia adotada consistiu na coleta de discos de cria de colônias com boa disponibilidade de crias em estágio larval, cuja origem se deu a partir de colônias excedentes ao experimento principal, respeitando-se a uniformidade no estágio de desenvolvimento das crias nos discos coletados.

Os discos de cria foram submetidos ao congelamento a -20 °C por um período de 24 horas, em freezer, para garantir a morte pelo frio das

crias. Após este período, os discos congelados foram medidos e fotografados, e assim reintroduzidos cuidadosamente nas doze colônias experimentais, previamente selecionadas entre os grupos experimentais de alta e baixa produção de própolis, permitindo livre acesso das abelhas operárias.

As avaliações do comportamento higiênico foram realizadas em três momentos consecutivos, ao dia 1, 2 e 3 após a reintrodução do disco em cada colônia (24, 48 e 72 horas), por meio da contagem visual do número de células limpas (removidas) a partir de fotografias digitais em alta resolução obtidas com câmera de smartphone (12 MP). As imagens foram processadas e analisadas visual, aplicando-se o método de contagem parcial, total e extrapolação com base no número estimado de células por disco, de acordo com a estrutura hexagonal regular da espécie. A taxa de comportamento higiênico foi expressa como a porcentagem de remoção acumulada ao final de 72 horas, segundo a equação:

$$\text{CH total (\%)} = \left(\frac{\text{nº de células removidas}}{\text{nº total de células congeladas}} \right) \times 100$$

Para estimar a quantidade de células de cria e a limpeza pelas abelhas, foi utilizada uma abordagem visual baseada em imagens capturadas por um smartphone Android com proporção de 9:16 e resolução de 12 megapixels, o que confere uma foto adequada para diversas aplicações como visualizações, edições, impressão e aprendizado de máquinas, por exemplo. A análise do número de células de cria foi realizada com base na contagem de células ao longo do diâmetro do disco de cria, considerando o padrão circular e hexagonal compacto típico da(s) espécie(s)/abelhas em questão.

As colônias foram manejadas a cada mês (maio a novembro), e os discos de cria adicionados para avaliação do comportamento higiênico foram expostos para registro fotográficos. As imagens dos

discos de cria foram capturadas com o mesmo dispositivo smartphone Android em alta resolução, boa iluminação e foco. Para cada imagem foi registrada a data e a identificação da colônia, ao longo de três dias a cada 24 horas.

O diâmetro dos discos foi medido diretamente com auxílio paquímetro digital. Nos casos de discos irregulares, foram medidas duas diagonais perpendiculares, e a média aritmética entre elas foi utilizada como estimativa do diâmetro total do disco.

A área de cada disco foi estimada assumindo a forma circular, utilizando a fórmula:

A área total do disco foi estimada utilizando a fórmula da área do círculo:

$$A = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Onde:

A: área do disco em cm²;

D: diâmetro médio do disco em cm.

$$\pi \approx 3,1416$$

Foi utilizada uma grade sobreposta digitalmente, composta por quadrados de 1 cm², sem fundo, para amostrar áreas dos discos. Nessas áreas, foram feitas contagens manuais assistidas do número de células visíveis, com ampliação da imagem. A quantidade de células por cm² foi então estimada para cada disco.

Com a área total estimada e a densidade de células, foi realizada a estimativa do total de células de cria por disco, utilizando a fórmula:

$$N = A \cdot D_c$$

Onde:

N: número estimado de células;

A: área do disco em cm^2 ;

Dc: densidade média de células de cria por cm^2 .

Para confirmação foram feitas contagens manuais diretas nas imagens ampliadas para verificação da estimativa, contando e marcando individualmente as células em regiões selecionadas. Em discos com morfologia irregular, a contagem manual direta de células foi realizada em seções ou na totalidade do disco, como forma de ajustar e validar as estimativas baseadas em quantidade por área de células.

2.2.7 Identificação morfológica das espécies

As colônias foram identificadas, além do grupo de produção, pela espécie provável (*Tetragonisca angustula* ou *Tetragonisca fiebrigi*) a partir da análise morfológica feita em lupa por meio de empréstimo do equipamento no Laboratório de Bioquímica de Insetos do Departamento de Entomologia FCAV/UNESP e com base nos trabalhos recentes de diferenciação morfometria em abelhas Jataí (CUNHA et al., 2024).

2.2.8 Comportamento de grau de defesa

O método utilizado (não publicado) para medir e avaliar o grau de defesa durante todo o/nesse experimento foi usando de uma escala de zero a três (0, 1, 2 e 3), para comportamentos das abelhas Jataí durante os manejos quinzenais. Na escala quando zero, é quando no manejo não há/existe nenhum tipo de comportamento ou reatividade das abelhas, um é quando as abelhas reagem de maneira indireta guardando o ninho, alimento, as estruturas, dois é quando as abelhas reagem guardando e defendendo diretamente as estruturas da colônia e a escala três é quando as abelhas reagem de maneira direta guardando e defendendo as estruturas da colônia, podendo inclusive grudar própolis

e morder/mordiscar durante os manejos (Wille, A. 1983; .Noqueira-Neto 1997; Marques et al., 2015).

2.2.9 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise estatística (SAS Institute, 2020), aceitando-se o limite de 5% de probabilidade de erro. As variáveis quantitativas serão estudadas por meio de análise de variância (ANOVA). Quando houver algum efeito significativo nas análises das variáveis estudadas, as médias ajustadas dos fatores serão comparadas aos pares pelo teste de Tukey.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares SAS Institute e ambiente de Python, utilizando as bibliotecas pandas, seaborn, matplotlib e scipy.stats e respectivos comandos para o processamento e análise dos dados. Foram aplicadas análises de correlação para avaliar a relação entre produção de própolis e variáveis biológicas, comportamentais e climáticas. A diferença entre grupos de produção foi testada com gráficos comparativos (boxplots), dispersões com regressão linear, e análise de tendências temporais. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

As variáveis biológicas, comportamentais e climáticas foram testadas quanto à associação com a produção de própolis. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Os resultados foram organizados em tabelas, figuras e estatísticas descritivas conforme normas do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da FCAV/UNESP.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Avaliação do sistema de instalação e ocorrência de abelhas cleptobióticas

O sistema de instalação utilizado para a criação das abelhas Jataí mostrou-se adequado, uma vez que não foram observadas disputas territoriais entre as colônias, o que possibilitou a realização de manejos regulares durante todo o período experimental. Entretanto, foi registrada a visitação de abelhas batedoras do gênero *Lestrimelitta* spp. (conhecidas popularmente como abelhas-Limão ou Iratim). Essas abelhas apresentam comportamento cleptobiótico, caracterizado pelo saque de recursos de ninhos de outras espécies. Diferentemente da maioria das abelhas sem ferrão, elas não coletam néctar, pólen ou resinas diretamente das plantas, mas obtêm esses recursos a partir do espólio de outras colônias (Carvalho-Zilse et al., 2005; Pereira et al., 2010; Grüter et al., 2016; Vázquez et al., 2022; Alves et al., 2024). Apesar da ocorrência de visitas esporádicas dessas abelhas, não foram observados impactos significativos sobre o comportamento ou a produtividade das colônias experimentais.

O meliponário estava inserido em uma área com ampla cobertura vegetal e diversidade de espécies, composta por plantas rasteiras, arbustos, arvoretas, árvores e palmeiras. Dentre as espécies identificadas, destacam-se: Angico (*Anadenanthera* spp.), Abacateiro (*Persea* spp.), Aceroleira (*Malpighia* spp.), Cabeludinha (*Myrciaria* spp.); Cajazeira (*Spondias* spp.), Cereja do mato (*Eugenia* spp.); Cidreira-de-folha (*Lippia* spp.), Koureteria (*Koelreuteria* spp.), Farinha seca (*Albizia* spp.), Jaboticabeira (*Plinia* spp.), Jasmim-manga (*Plumeria* spp.), Jatobazeiro (*Hymenaea* spp.), Jerivá (*Syagrus* spp.), Ipê (*Handroanthus* spp.), Macaúba (*Acrocomia* spp.), Mangueiras (*Mangifera* spp.), Moringa

(*Moringa* spp), Oitizeiro (*Licania* spp.), Pau-brasil (*Paubrasilia* spp.), Sibipiruna (*Caesalpinia*.spp.), entre outras. A diversidade vegetal do entorno contribuiu para a oferta de resinas, néctar, pólen e outros recursos, favorecendo o desenvolvimento das colônias e a expressão fenotípica da produção de própolis, especialmente na segunda etapa experimental.

2.3.2 Avaliação do sistema de instalação e ocorrência de abelhas cleptobióticas

As colmeias estavam localizadas sob as mesmas condições de manejo e ambientais. Avaliamos a produção de própolis por colônias das abelhas sem ferrão *Tetragonisca* spp. mantidas em meliponário no campus na FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP, entre abril de 2023 e novembro de 2024.

As colônias foram alocadas em caixas padrão INPA modificadas com um sistema coletor artificial de própolis, composto por plástico translúcido posicionado abaixo da tampa invertida, simulando perturbação luminosa e estimulando a vedação por própolis. A produção foi mensurada ao longo de quarenta e cinco dias em três coletas quinzenais, além da coleta inicial (T0), totalizando a massa acumulada de própolis por colônia, em gramas (g). A partir dos dados apresentados na Tabela 1, foram definidos dois grupos experimentais com seis colônias cada.

Tabela 1. Produção de própolis (g) por colônia selecionada de *Tetragonisca* spp. em quatro períodos, nas coletas T0 e quinzenais subsequentes.

Colônia	T0	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Total	Grupo
2	17,76	12,46	3,8	4,06	38,08	alta
3	15,73	14,16	4,98	3,15	38,02	alta
4	53,27	22,91	6,75	8,54	91,47	alta
6	29,88	7,31	7,99	6,87	52,04	alta
7	47,94	5,21	2,92	1,7	57,76	baixa
9	31,56	3,41	3,53	3,95	42,45	baixa
10	106,77	12,36	4,29	5,21	128,62	alta
13	27,88	1,83	2,64	3,03	35,38	baixa
15	49,55	1,54	2,45	3,56	57,94	baixa
26	20,26	3,72	2,82	2,26	29,06	baixa
27	34,62	5,24	3,35	2,21	45,43	baixa
31	70,84	15,54	7,22	6,51	100,11	alta

A avaliação inicial da massa de própolis depositada nas trinta e uma colônias de *Tetragonisca* spp. permitiu estimar o desempenho produtivo das colônias no tempo zero (T0), antes da instalação do sistema coletor e após essa coleta, três novas coletas quinzenais foram realizadas por meio do sistema plástico translúcido sobre a melgueira. A partir da produção acumulada de própolis (soma de T0 e coletas 15, 30 e 45 dias), foram selecionadas doze colônias com desempenho contrastante, compondo os dois grupos de maior e menor produção de própolis, classificados em: alta produção (AP) com as colônias 2, 3, 4, 6, 10 e 31 e baixa produção (BP) com as colônias 7, 9, 13, 15, 26 e 27. Posteriormente, foram avaliadas as 12 colônias (n = 6 por grupo), correspondentes às colônias classificadas quanto ao desempenho produtivo total em própolis.

A produção total de própolis variou consideravelmente entre as colônias avaliadas, com base nas quatro coletas realizadas (T0 + 3 quinzenais), observou-se que as colônias 4, 6, 10 e 31 apresentaram os maiores valores acumulados de produção, superiores a 50 gramas, enquanto colônias como 9, 13, 26 e 27 demonstraram baixos volumes,

abaixo de 50 gramas totais. Essa heterogeneidade permitiu a formação de dois grupos fenotípicos, as de alta e baixa produção.

A partir da produção acumulada de própolis ao longo do período de seis meses na segunda etapa experimental, observou-se que o grupo de colônias previamente selecionado como de alta produção apresentou, em média, valores superiores de massa de própolis depositada nos coletores em comparação ao grupo de baixa produção.

A média de produção do grupo de alta produção a cada coleta foi de $14,82 \pm 1,45$ g, enquanto o grupo de baixa produção obteve uma média inferior, de $13,32 \pm 1,61$ g, o que aponta a consistência do critério de seleção inicial baseado na coleta T0 e nas primeiras deposições nos coletores artificiais, embora variações individuais tenham sido observadas esses dados indicam a manutenção do desempenho produtivo entre os grupos ao longo do tempo.

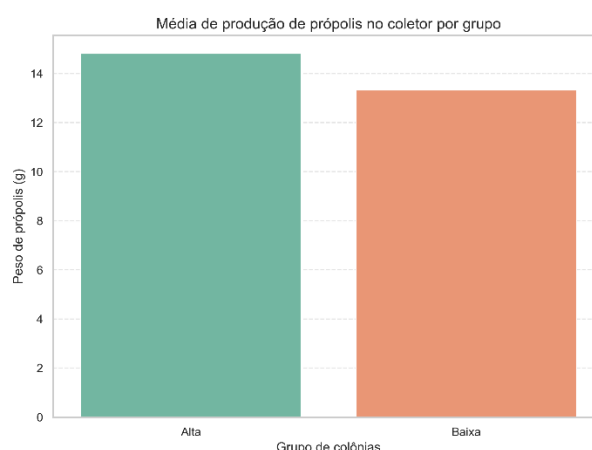


Figura 7. Produção média acumulada de própolis (g) nos coletores artificiais por grupo de colônias de *Tetragonisca* spp., ao longo de seis meses, com coletas quinzenais

A comparação entre os grupos selecionados (Figura 7) apesar de não apresentarem diferença significativa na produção de própolis, revelou que as colônias de alta produção apresentaram, em média, maior número de potes de pólen e de mel, número de discos de cria e grau de defesa. Essas características podem estar associadas a

melhores condições das colônias, refletindo-se em maior capacidade produtiva de própolis.

Os resultados obtidos revelaram uma variação na produção de própolis entre as colônias e os grupos selecionados, refletindo o potencial fenotípico e a plasticidade comportamental de *Tetragonisca* spp. frente aos estímulos ambientais naturais e induzidos.

O método proposto de coleta com uso de um plástico translúcido interno, ainda pouco conhecido e descrito na literatura, mostrou-se eficaz na indução da deposição de própolis pelas abelhas, o que levou ao comportamento esperado, resultando na propolização parcial a total da área da folha plástica, com depósito considerável de própolis no coletor artificial (Figuras 8 e 9). Confirmando a sensibilidade das abelhas a perturbações luminosa e térmica no ambiente interno da colônia como sugerido por Campos et al. (2010) em estudos sobre termorregulação em abelhas sem ferrão.

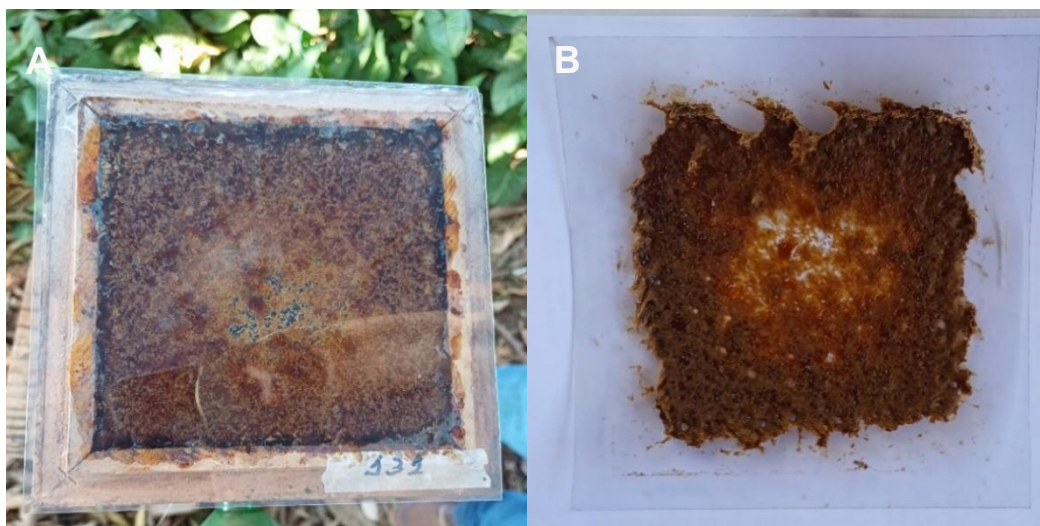


Figura 8. Coletor artificial de própolis da colônia 31, pertencente ao grupo de alta produção: (A) coletor instalado na colônia; (B) coletor removido, evidenciando a área coberta por própolis produzida pelas abelhas.

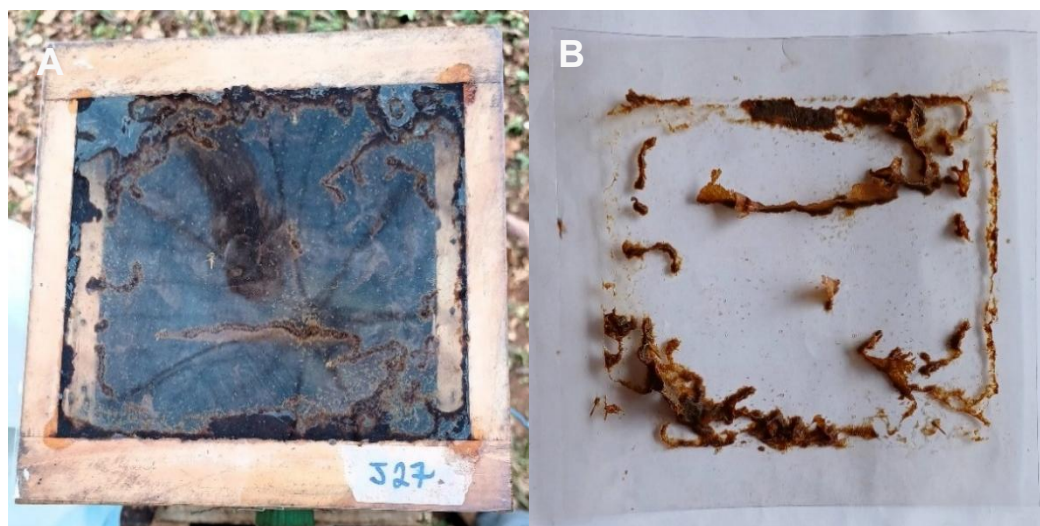


Figura 9. Coletor artificial de própolis da colônia 7, pertencente ao grupo de alta produção: (A) coletor instalado na colônia; (B) coletor removido, evidenciando a área coberta por própolis produzida pelas abelhas.

2.3.3 Relação com variáveis zootécnicas, ambientais e a produção de própolis

Para investigar as relações entre a produção de própolis e os demais fatores comportamentais, ambientais e zootécnicos das colônias de *Tetragonisca* spp., foi conduzida uma análise de correlação de Spearman com significância estatística.

A matriz de correlação entre as variáveis mensuradas das colônias de *Tetragonisca* spp. (Figura 10) revelou associações significativas, tanto positivas quanto negativas, que podem contribuir sobre os fatores que influenciam/associados a produção de própolis e o desempenho/características das colônias de Jataí.

Os valores variam de -1 (correlação negativa perfeita) a +1 (correlação positiva perfeita), conforme indicado pela escala de cores. As áreas em azul representam correlações negativas, enquanto as áreas em vermelho representam correlações positivas. Foram consideradas correlações de magnitude fraca ($|r| < 0,3$), moderada ($0,3 \leq |r| < 0,7$) e forte ($|r| \geq 0,7$), conforme classificação adotada para análise.

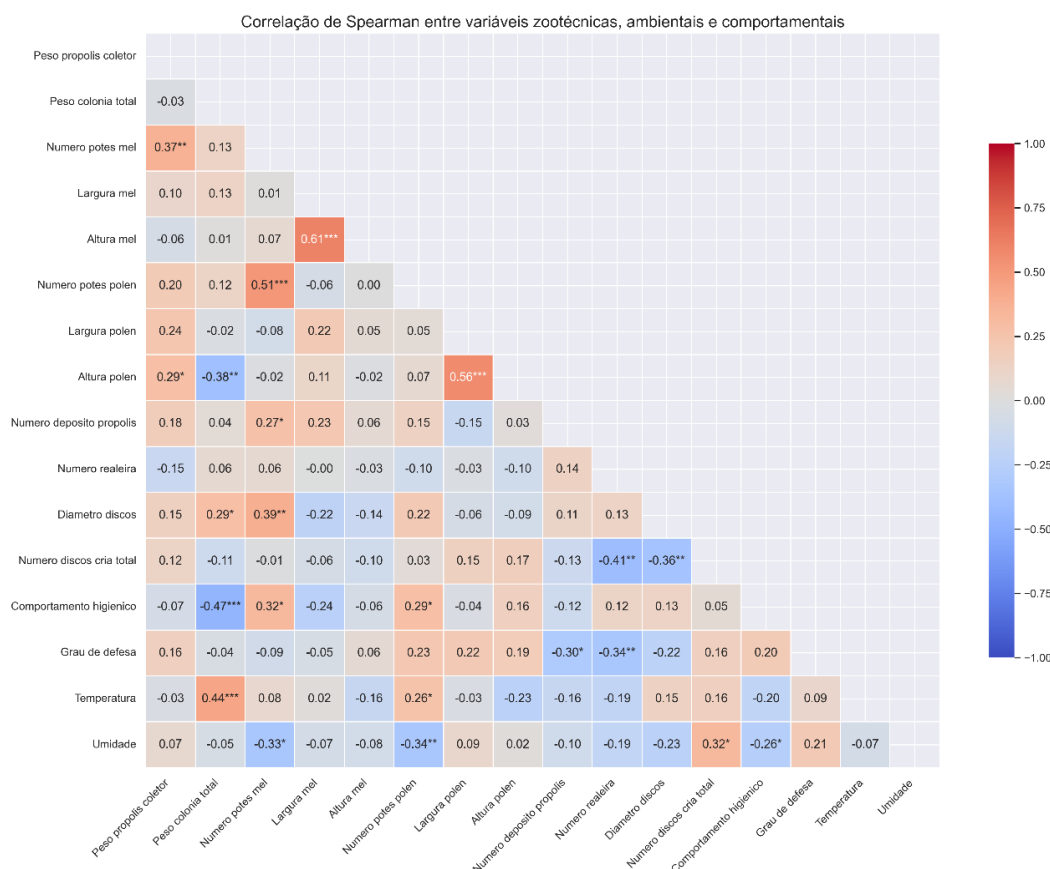


Figura 10. Matriz de correlação de Spearman entre variáveis zootécnicas, ambientais e comportamentais das colônias de *Tetragonisca* spp. O mapa de calor representa a força e direção das correlações.

As correlações foram calculadas com base nos dados coletados a cada quinze dias nas doze colônias selecionadas. A matriz de correlação entre as variáveis foi analisada no período de seis meses, entre maio e outubro de 2023. Os coeficientes indicam valores referentes a variável peso de própolis produzido e depositado nos coletores pelas colônias com relação a demais variáveis observadas.

A partir das variáveis observadas na colônia o peso de própolis no coletor correlacionou-se positivamente o número de potes de mel ($\rho = 0,37$, $p < 0,01$) e com a altura dos potes de pólen ($\rho = 0,29$, $p < 0,05$), sugerindo que colônias mais produtivas em termos de armazenamento também tendem a investir mais na coleta e deposição de própolis.

A variável peso de própolis coletada nos coletores apresentou correlação positiva moderada com o número de potes de mel ($\rho = 0,37$; $p < 0,01$), sugerindo que colônias com maior produção de mel tendem também a produzir mais própolis sob indução luminosa. Essa associação pode refletir um estado geral de vigor da colônia, uma vez que ambas as atividades (armazenamento de alimento e uso de própolis) requerem força de trabalho das operárias operária e disponibilidade de recursos.

A altura dos potes de mel, que teve forte correlação com a largura dos mesmos ($\rho = 0,61$; $p < 0,001$), e com a altura dos potes de pólen ($\rho = 0,56$; $p < 0,01$), indicando que o tamanho estrutural dos potes tende a variar de forma padrão na colônia. O número de potes de pólen também se correlacionou positivamente com o número de potes de mel ($\rho = 0,51$; $p < 0,05$), sugerindo forte associação entre as atividades de coleta e armazenamento de recursos.

O número de depósitos de própolis ($\rho = 0,27$, $p < 0,01$) e número de potes de mel correlacionaram-se positivamente, sugerindo que colônias com maiores estoques de mel tendem a apresentar maior rendimento produtivo na atividade construtiva de depósitos de própolis.

Observou-se correlação negativa entre número de discos de cria total e diâmetro dos discos ($\rho = -0,41$; $p < 0,05$), sugerindo que colônias com maior número de discos tendem a apresentar discos menores, possivelmente refletindo estratégias reprodutivas distintas ou estágios diferentes de desenvolvimento populacional.

O grau de defesa apresentou correlação negativa com o número de realeiras ($\rho = -0,34$), e com o número de depósitos de própolis ($\rho = -0,30$), o que pode refletir em compensação comportamental interna das colônias, priorizando diferentes estratégias de sobrevivência conforme o perfil fenotípico.

A correlação negativa entre o comportamento higiênico e o peso da colônia ($\rho = -0,47$; $p < 0,01$), assim como com o número de potes de mel ($\rho = -0,32$; $p < 0,05$). Esses achados contrariam parte da literatura

sobre *Apis mellifera*, na qual um bom comportamento higiênico tende a estar associado a colônias mais fortes. Para *Tetragonisca* spp., pode-se supor que o investimento comportamental em defesa sanitária pode ocorrer em detrimento da alocação de recursos para produção e armazenamento, ou ainda, refletir padrões distintos de adaptação entre colônias. Por outro lado, não foram observadas correlações significativas com variáveis como, número de realeiras, sugerindo que tais atributos não impactaram diretamente a produtividade de própolis neste estudo.

A associação entre o número de depósitos de própolis e a produção no coletor, mesmo que baixa ($p = 0,18$, $p < 0,05$) sugere que este pode ser um indicador indireto do comportamento de coleta de resinas, com potencial para fins de seleção. Ainda, correlação positiva entre o grau de defesa e a produção de própolis ($p = 0,16$, $p < 0,05$) também pode sugerir que colônias mais defensivas podem ter uma maior propensão a vedar e proteger o ambiente interno, o que implica em maior uso de própolis como barreira física e sanitária.

Embora os valores observados sejam baixos, estas relações abrem possibilidades para investigações complementares visando o aprimoramento de critérios zootécnicos na meliponicultura. Os resultados das correlações entre o peso de própolis coletado e as demais variáveis das colônias reforçam a complexidade do comportamento de propolizar em *Tetragonisca* spp.

A análise mostrou-se apropriada uma vez que os dados possuem diferentes unidades, classificações e outliers, o que é o caso em estudos biológicos, comportamentais e de controle zootécnico. Como visto, se o número de potes de mel tende a acompanhar o aumento da deposição de própolis, mesmo que de forma não proporcional, essa análise, ainda pode detectar essa associação.

Os resultados indicam que o desempenho produtivo em própolis das colônias de *Tetragonisca* spp. pode estar diretamente relacionado a parâmetros zootécnicos mensuráveis, como o número e tamanho de

potes de mel e pólen, a quantidade e tamanho de cria e até mesmo o grau de defesa das abelhas. Assim, as colônias com maior capacidade de coleta e armazenamento de recursos, investem mais na deposição e construção de estruturas internas com própolis, o que pode se refletir também na produção nos coletores artificiais como nesse experimento. Além disso, o comportamento defensivo pode estar associado ao uso da própolis como estratégia de barreira protetora, reforçando sua função ecológica e um produto essencial nas colônias (Barreto et al., 2020; Rozman et al., 2022; Roubik, 2023).

Entre as variáveis ambientais, a temperatura teve correlação positiva com o peso da colônia ($\rho = 0,44$, $p < 0,001$), e a umidade mostrou correlação negativa com o número de potes de mel e comportamento higiênico. Ainda, entre o peso de própolis e variáveis ambientais, a temperatura apresentou correlação positiva significativa com o peso total da colônia ($\rho = 0,44$; $p < 0,001$) e com o número de potes de pólen ($\rho = 0,26$; $p < 0,01$), evidenciando o impacto das condições térmicas sobre a produtividade.

Por outro lado, a umidade relativa correlacionou-se negativamente com o peso total da colônia ($\rho = -0,33$; $p < 0,05$), o que pode indicar que níveis mais altos de umidade não favorecem o acúmulo de recursos ou o desenvolvimento da colônia.

A produção de própolis está relacionada não apenas a condição da colônia, mas também as condições ambientais. A influência do clima sobre o comportamento e condição das abelhas é coerente, com maior temperatura e aumento da umidade associada a maior peso da colônia. A identificação de variáveis zootécnicas e climáticas correlacionadas à deposição de própolis pode oferecer uma oportunidade para aprimorar critérios de seleção fenotípica em programas de melhoramento zootécnico de abelhas sem ferrão. Dessa forma, o manejo técnico dessas colônias pode ser direcionado para o aumento da produção, com

impacto direto na sustentabilidade e na viabilidade econômica da meliponicultura (Prato e Soares, 2015; Embrapa., 2024).

A partir dos resultados, é possível sugerir que a seleção fenotípica de colônias para produção de própolis pode ser uma ferramenta válida para programas de melhoramento zootécnico e para o manejo racional de colônias de *Tetragonisca* spp. Estudos anteriores com abelhas africanizadas e sem ferrão apontam para comportamentos e características da colônia que persistem ao longo do tempo, associadas à genética, adaptação ambiental e estímulos (Nicodemo et al., 2014; Prato e Soares, 2015; Silva e Assis., 2020; Le Gros et al., 2022).

A seleção pode ser usada como um método no melhoramento genético para identificar e selecionar indivíduos ou grupos desses com características desejáveis ou superiores, que serão utilizados para reprodução e geração de descendentes com essas características aprimoradas. Ainda, consiste em escolher os indivíduos com maior potencial genético para características zootécnicas específicas, como maior produção, resistência a doenças etc, para que sejam utilizados na reprodução/multiplicação (Breyer et al., 2016; Pereira, 2025). Durante a escolha das matrizes que irão gerar novas colônias para compor o plantel no meliponário, devemos selecionar aquelas que possuem características que apontem maior produtividade como mel, crias, defesa, comportamento higiênicos, própolis, geoprópolis, entre outras características que o produtor pretende selecionar (Carvalho-Zilse et al., 2022; Alves et al., 2024; Pereira, 2025).

2.3.4 Comportamento higiênico

As avaliações foram realizadas ao longo de cinco meses, sendo adicionado por interpolação de dados, o mês (julho de 2024) que não foi possível a retirada de discos de cria suficientes em estágio adequado para retirada e ser adicionado nas doze colônias experimentais. Essa condição pode ser comum em época de inverno em abelhas sem ferrão,

uma vez que as colônias tem atividade e desenvolvimento reduzido pelas condições climáticas da estação (Campos et al., 2010).

Tabela 2. Percentual de remoção de crias mortas após 72 horas (comportamento higiênico) em colônias de *Tetragonisca* spp., monitorado mensal ao longo de seis meses.

Colônia	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Novembro
2	11%	95%	97%	98%	78%	93%
3	43%	95%	95%	94%	94%	90%
4	14%	39%	32%	20%	59%	57%
6	26%	32%	61%	91%	45%	48%
7	12%	44%	34%	23%	65%	76%
9	20%	91%	90%	89%	62%	89%
10	24%	73%	57%	40%	55%	100%
13	93%	95%	97%	100%	71%	100%
15	70%	36%	68%	100%	39%	100%
26	93%	100%	100%	100%	100%	96%
27	100%	100%	100%	100%	98%	100%
31	86%	100%	98%	95%	100%	100%

O método proposto para mensurar o comportamento higiênico em *Tetragonisca* spp. foi expresso em porcentagem da taxa de remoção de crias das nos discos ou taxa de limpeza (Tabela 2). Os resultados obtidos na avaliação do comportamento higiênico demonstraram variabilidade entre as colônias analisadas. A menor taxa de limpeza na maioria das colônias no primeiro mês pode ser devido a adaptação ao manejo realizado, que posteriormente não foi acentuado e seguiu um padrão na taxa de limpeza das crias nos discos.

As colmeias pertencentes ao grupo de alta produção de própolis apresentaram, em média, maior percentual de remoção de crias mortas até 72 horas, com destaque para a colônia 31, que atingiu valores superiores a 90%. Em contraste, colônia do grupo de baixa produção, como a 7, que apresentou menor capacidade de limpeza de crias mortas, não ultrapassando 50% em alguns casos como observado nas Figuras 11 e 12.

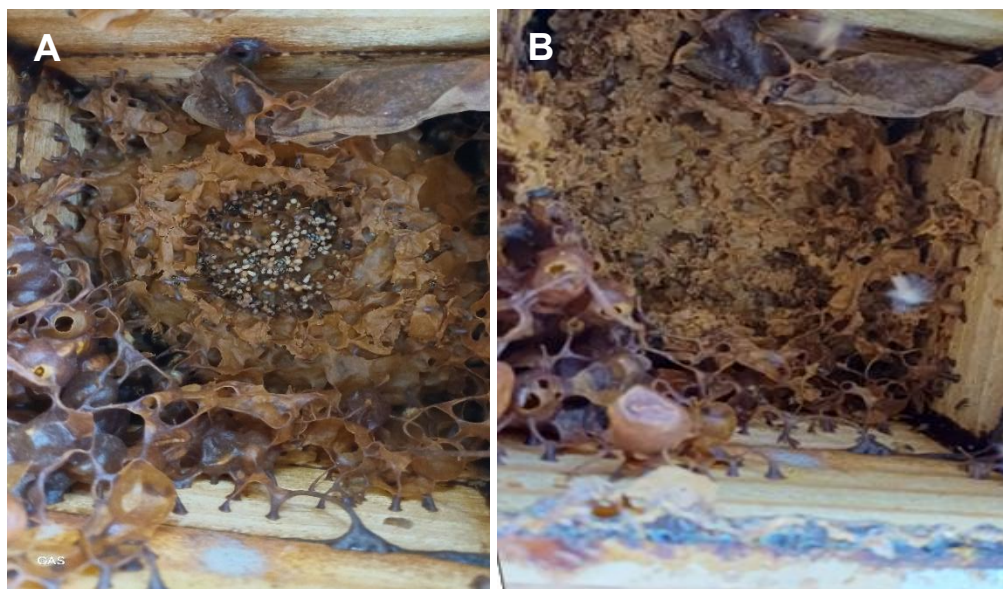


Figura 11. Detalhe do ninho da colônia 31, (A) área central do disco de cria com crias mortas antes do teste e (B) após 72 horas para avaliação do comportamento higiênico.



Figura 12. Detalhe do ninho da colônia 7, (A) área central do disco de cria com crias mortas antes do teste e (B) após 72 horas para avaliação do comportamento higiênico

A menor pontuação média de comportamento higiênico nas colônias foi de alta produção mesmo não apresentando diferenças significativas, reforçando o padrão observado na matriz de correlação. Embora este comportamento seja desejável do ponto de vista sanitário, sua intensidade pode estar associada a alocação de energia que, em algumas colônias, se contrapõe à produção de materiais de vedação e proteção estrutural como a própolis.

O comportamento higiênico das abelhas está relacionado com a capacidade de defesa natural das colônias contra doenças e infestações, os resultados não mostraram associação significativa entre o comportamento higiênico das colônias e o desempenho em produção de própolis, o que não está de acordo com observações de outros autores sobre o papel do comportamento de limpeza na saúde e imunidade das colônias (Nicodemo et al., 2014; de Jesus et al., 2017; Le Gros et al., 2022; Pereira, 2025). Além disso, colônias identificadas morfológicamente como *T. angustula* apresentaram, em geral, maiores taxas de limpeza quando comparadas às de *T. fiebrigi*, o que reforça a necessidade de estudos mais aprofundados sobre diferenças interespecíficas nos comportamentos sociais dessas espécies (Le Gros et al., 2022; Cunha et al., 2024).

Em síntese, os dados obtidos reforçam a importância da avaliação do comportamento higiênico em abelhas como um potencial critério zootécnico na seleção de colônias para características produtivas.

Esse método pode ser reproduzido em campo e com auxílio de ferramentas de softwares de edição de imagem comum. A padronização da captura de imagens é necessária para garantir padronização da escala nas imagens. Ainda, mostrou-se útil para monitoramento não invasivo da dinâmica populacional e o comportamento higiênico das colônias de abelhas sem ferrão como a Jataí.

Comportamentos defensivos, observados a partir da interação com manejos e classificados e escala numérica de zero a três (0,1, 2 e

3), para comportamentos das abelhas Jataí. Durante os manejos quinzenais foram observadas sem comparação, diferentes atividades das abelhas, como mobilidade lenta ou rápida nas estruturas, abelhas voando ao redor, comportamento de morder e de depositar própolis.

O grau de defesa, não apresentou diferenças significativas entre os grupos, sugerindo que a produção de própolis pode estar mais associada a fatores estruturais e nutricionais do que à agressividade ou reatividade defensiva da colônia.

O comportamento de defender e de depositar própolis no coletor, possivelmente como uma resposta adaptativa a estímulos ambientais como a entrada de luz natural no interior da colônia, induzida pelo método proposto, manejos e clima. Esses achados reforçam que a própolis tem papel estratégico na defesa da colônia, tanto físico quanto antimicrobiano, como descrito por Campos et al. (2010), Nicodemo et al. (2014) e Leonhardt et al. (2024).

Adicionalmente, sensores internos instalados em colônias selecionadas registraram temperatura e umidade, revelando diferenças de microclima entre grupos de produção. Com relação ao ambiente interno das colônias monitoradas, colônias do grupo de alta produção apresentaram, em média, maior estabilidade térmica e maior umidade relativa interna ao longo do tempo, indicando possíveis vantagens microclimáticas associadas à produtividade.

A análise dos dados de sensores internos demonstrou que colônias do grupo de alta produção mantiveram médias de temperatura mais elevadas e estáveis ao longo do período experimental ($25,09 \pm 2,17$ °C), com umidade relativa média superior (82,57%) quando comparadas ao grupo de baixa produção ($24,85 \pm 2,38$ °C; umidade: 68,53%). Isso sugere que condições de conforto térmico como temperatura, mas como visto também, a umidade, fazem parte do microclima controlado no interior das colônias e pode estar associado a manutenção da atividade

e ao desempenho produtivo nas abelhas, como também indicam estudos de Campos et al., (2010) e Souza et al. (2021).

Na avaliação do microclima interno das colônias com os sensores, o grupo de alta produção manteve temperaturas médias mais elevadas (25,09 °C) e umidades relativas superiores (82,57%) em comparação ao grupo de baixa produção (24,85 °C e 68,53%, respectivamente) e ao controle (24,09 °C e 41,12%). Tais resultados sugerem que o controle do microclima pode estar associado ao desempenho zootécnico, corroborando dados anteriores sobre termorregulação em abelhas sem ferrão (Campos et al., 2010).

A padronização e o uso de sensores, como os empregados neste estudo, fortalecem as bases para o controle zootécnico de precisão, inovação tecnológica e qualidade de produtos como a própolis, alinhando-se às diretrizes sanitárias e mercadológicas vigentes (BRASIL, 2023; MAPA, 2023; Embrapa., 2024).

O controle da umidade e temperatura pelas abelhas, especialmente em ambientes tropicais e em caixas de madeira do modelo INPA, está associado à eficiência das operárias na termorregulação do ninho. A própolis, nesse contexto, atua não apenas como barreira física, mas também como isolante térmico e sanitário, reduzindo trocas gasosas e perdas de umidade (Barreto et al. 2020; Campos et al. 2010; Regnier et al. 2023;).

Os resultados obtidos evidenciam que a seleção fenotípica inicial das colônias, baseada na produção amostral e precoce de própolis, foi eficaz em identificar grupos com desempenho produtivo distinto ao longo do tempo. A análise da produção acumulada revelou uma tendência de manutenção da produtividade, ainda que com variações individuais, apontando para a possibilidade de uso desse critério como ferramenta de manejo e melhoramento em meliponicultura.

As análises de correlação permitiram identificar padrões relevantes entre a produção de própolis e características zootécnicas

internas das colônias. Spearman (ρ), é um coeficiente não paramétrico apropriado para dados que não seguem distribuição normal e que podem conter valores extremos. Esse método foi escolhido por medir a força e a direção de relações monotônicas entre variáveis, sem exigir linearidade ou homogeneidade de variâncias, o que se mostra adequado ao contexto experimental, dada a natureza biológica dos dados coletados, a presença de variáveis com escalas distintas, e a possibilidade de outliers naturais no desempenho das colônias.

Fatores como o número de potes de mel e a altura dos potes de pólen mostraram-se positivamente correlacionados com a massa de própolis depositada nos coletores artificiais, sugerindo que colônias mais desenvolvidas ou ativas metabolicamente também investem mais energia em atividades relacionadas à coleta e uso de resinas vegetais para a própolis.

Por outro lado, variáveis como comportamento higiênico, temperatura e características da cria não apresentaram associação direta com a produção de própolis, indicando que o desempenho na produção de própolis é um atributo complexo e multifatorial, com expressão dependente tanto do fenótipo quanto das condições ambientais e da interação com o entorno.

Esses resultados reforçam a importância de se considerar múltiplos parâmetros no manejo racional de colônias de abelhas sem ferrão com fins produtivos, em especial na seleção de linhagens e na condução de sistemas de produção voltados à obtenção de própolis de forma sustentável.

A classificação e o acompanhamento de colônias com diferentes níveis de produtividade permitiram identificar características desejáveis para fins de seleção, manejo técnico e padronização zootécnica, reforçando a importância do controle fenotípico e ambiental na criação racional de abelhas sem ferrão e a produção de própolis (Barreto et al., 2020; Regnier et al., 2023).

A técnica desenvolvida neste estudo representa uma inovação prática e replicável para a produção de própolis por abelhas nativas sem ferrão, com potencial para padronização em programas de meliponicultura comercial e sustentável. A adoção de um método de coleta, com estímulo ambiental leve e não invasivo, pode se tornar um marco/produto técnico para meliponicultores que visam aumentar a produtividade sem comprometer o bem-estar animal ou a integridade das colônias.

A técnica experimental de indução luminosa com folha plástica translúcida, aplicada de forma simples, reprodutível e de baixo custo, demonstrou eficácia na estimulação do comportamento de vedação com própolis, sendo uma inovação relevante para a meliponicultura (Alves et al., 2024; Rozman et al., 2022).

As variações sazonais de temperatura e umidade relativa influenciaram negativamente a produção e composição, indicando a sensibilidade das colônias às condições microclimáticas (Campo., 2010; Lavinias et al., 2019). A associação com o monitoramento ambiental contínuo via sensores proporciona uma base para decisões de manejo mais precisas, tanto para fins científicos quanto para aplicações práticas em sistemas produtivos (Alves et al., ver ano; Guilardi-Lopes et al., 2022).

A dinâmica interna das colônias, especialmente a quantidade e distribuição de alimento, pode afetar diretamente a estrutura populacional e as decisões de investimento reprodutivo das abelhas, como a produção de sexuais e a determinação de castas. Estudos experimentais demonstram que variações sutis na alimentação larval são capazes de influenciar a emergência de rainhas, operárias ou formas intermediárias, evidenciando mecanismos fisiológicos e comportamentais altamente sensíveis aos recursos disponíveis (Prato e soares, 2015; Alves, 2017; Diversitas, 2021). Considerando que a produção de própolis está relacionada ao estado funcional da colônia, é

plausível que aspectos como número de potes de pólen, discos de cria e presença de realeiras estejam relacionados com o desempenho produtivo das abelhas *Tetragonisca* spp. (Prato e Soares, 2015; Cifuentes, 2015).

A variabilidade fenotípica observada entre as colônias de *Tetragonisca* spp. em relação à produção de própolis pode estar relacionada não apenas a fatores ambientais e zootécnicos, mas também a traços intrínsecos das espécies, como comportamento forrageiro, estratégias de defesa e arquitetura do ninho etc., as abelhas sem ferrão apresentam notável diversidade ecológica e comportamental, com muitas espécies distribuídas nos trópicos, das quais evoluíram adaptando-se a pressões seletivas específicas, incluindo competição, disponibilidade de recursos e ameaças (Prato e Soares, 2015; Spivak et al., 2019; Roubik, 2023).

Ao incluir a identificação morfológica preliminar das colônias como *Tetragonisca angustula* ou *Tetragonisca fiebrigi*, pôde-se observar diferenças entre essas espécies quanto ao comportamento higiênico e à produção de própolis, o que reforça os achados de Cunha et al. (2024), que apontam diferenças morfométricas e funcionais entre essas duas espécies, incluindo aspectos do exoesqueleto (mesepisterno), formato e coloração, proporções cefálicas e órgão genitais. Acredita-se que essas variações/diferenças podem ter relações com a eficiência de forrageamento e o transporte de resinas, influenciando o volume de própolis produzido (Roubik 2023).

Os resultados reforçam a validade da classificação fenotípica inicial das colônias quanto à produção de própolis e indicam consistência no comportamento de deposição de própolis pelas abelhas Jataí. A manutenção da produtividade em curto prazo é um indicativo promissor para fins de seleção e manejo zootécnico, permitindo a identificação de colônias com maior potencial para a produção comercial de própolis.

A produção racional de própolis por meio da criação das abelhas nativas permite conectar valorização da biodiversidade, geração de renda, e redução de impactos ambientais. O sistema proposto, baseado em sensores e coleta dirigida, pode ser integrado a programas de monitoramento de saúde e educação ambiental, agroecológica e estratégias de bioeconomia. Trata-se de um avanço metodológico com aplicação transversal em áreas de zootecnia, ciências exatas e ambientais, inovação e gestão agropecuária.

2.4 Conclusões

Os resultados demonstram que a produção de própolis em colônias de *Tetragonisca* spp. é influenciada por múltiplos fatores internos e externos ao ninho, destacando-se a relação positiva entre a atividade produtiva das abelhas e o desenvolvimento estrutural das colônias. O método de indução luminosa mostrou-se eficiente para estimular a deposição de própolis e viabilizar avaliações padronizadas de desempenho. A diferenciação fenotípica entre colônias de alta e baixa produção evidencia o potencial de seleção zootécnica para o melhoramento e manejo racional de abelhas sem ferrão voltado à produção de própolis. Esses resultados fortalecem a base técnica da meliponicultura e contribuem para consolidar a própolis como um produto de valor agregado.

2.5 Referências

Aldasoro Maya EM, Rodríguez Robles U, Martínez Gutiérrez ML, Chan Mutul, GA, Avilez López T, Morales H, Mérida Rivas JA. (2023) Stingless bee keeping: Biocultural conservation and agroecological education. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 6, p. 1081400. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.1081400/full>. Acesso: 26 mar. 2025.

Alves RMO, Justina GD, Souza BA, Dias CS, Sodré GS. (2006) Criação de abelhas nativas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae): autossustentabilidade na comunidade de Joia do Rio, município de Camaçari, estado da Bahia. *Magistra* v.18 n. 4: p. 221 - 228. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/221699385_Criacao_de_abelhas_nativas_sem_ferrao_Hymenoptera_Apidae_autosustentabilidade_na_comunidade_de_Joia_do_Rio_municipio_de_Camacari_Estado_da_Bahia. Acesso: 26 mar. 2024.

Alves RMO, Oliveira ALL, Krug C, Carvalho-Zilse GA (2024) Marketing and standards of cerumen, plant resins, geopropolis, and própolis from stingless bees. *Springer Nature Switzerland* v. 2. p. 335 - 349. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-43887-5_18 Acesso em: 14 fev. 2025.

Barreiras DG, Ruiz FM, Gomes JEG, Souza BMS (2020) Eficácia da ação antimicrobiana do extrato de própolis de abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. *Caderno de Ciências Agrárias*. v. 12, p. 1 - 5. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/15939>. Acesso em: 12 jun. 2023.

Barreto ALH, Lopes MTR, Pereira FM, Souza BA (2020) Controle de Qualidade da Própolis. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220624/1/Doc268-Controle-Qualidade-Propolis-AINFO-1.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

Brasil (2023) Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria SDA nº 795, de 10 de maio de 2023. Define as normas higiênico-sanitárias e tecnológicas para os estabelecimentos que elaborem produtos de abelhas e seus derivados. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2023a.

Brasil (2023) 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. Departamento de Saúde Animal. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/SDA, 2023b. 180 p. ISBN: 978-85-7991-205-4.

Breyer HFE, Breyer EDH, Ivanir C (2016). Produção e beneficiamento da própolis. p. 31. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/405/301> ou [ps://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca](https://biblioteca.epagri.sc.gov.br/consulta/busca). Acesso em: 27 jun. 2023.

Campos FS, Gois GC, Carneiro GG (2010) Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão. *Pubvet*. v. 4 (24), p. 1 - 18. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316091357_Termorregulacao

_colonial_em_abelhas_sem_ferrao_Hymenoptera_Apidae_Meliponini.
Acesso em: 19 jun. 2023.

Camargo JMF, Pedro SEM, Melo GAR (2013) Moure's Bee Catalogue. Disponível em: <https://moure.cria.org.br/catalogue/catalogue/catalogue?id=117394&printmode=1>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Carvalho-Zilse, GA; Silva CGN; Zilse N, Vilas Boas HC, Silva AC, Laray JP, Freire DCB, Kerr WE (2005) Criação de abelhas sem ferrão. ProVarzea/IBAMA, INPA. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35987> ou <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/l3d00057.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Carvalho-Zilse GA, Alves RMO, Vilas Boas HC, Oliveira ALL, Krug C, Gomes FB, Fernandes RS, Queiroz AL, Silva CGN (2022) I Congresso Amazonense de Meliponicultura: profissionalização com sustentabilidade. Manaus. Acesso em: 30 ago. 2023.

Cifuentes DJM (2015) Estandarización de protocolo para la división definidos de la especie *Tetragonisca angustula* y evaluación de su adaptación a diferentes diseños de colmenas en La Mesa (Cundinamarca). Universidad de Cundinamarca. Disponível em: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81452/1120216263.2019Tesis%20Miller.pdf.Documento%20final%20-%20Area%20de%20Ciencias.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Cortopassi-Laurino M, Imperatriz-Fonseca VL, Roubik DW, Dollin A, Heard T, Aguilar I, Venturieri GC, Eardley C, Nogueira-Neto P (2006) Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*. v. 37, n. 2, p. 275 - 292. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2006027>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Chiari WC, Attencia, VM, Fritzen ADT, Toledo VA, Terada Y, Ruvolo-Takasusuki MCC, Paiva G. JP (2002) Avaliação de diferentes modelos de colmeias para abelhas jataí (*Tetragonisca angustula* Latreille, 1811). *Acta Scientiarum Animal Science*, 24 (4), 881-887. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/2337/1719>. Acesso em: 30 jun. 2023.

da Conceição Lazarino L, Brito MG, do Carmo IE, de Mello Affonso PRA, de Sá Neto RJ, Waldschmidt AM (2021). Meliponicultura: potencialidades e limitações para a conservação de abelhas nativas e redução da pobreza. *Diversitas Journal*, v. 6 n. 2, p. 2217 - 2236. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1312/1381. Acesso em: 27 jun. 2024.

de Souza NC, Gimenes M (2021). Atividades externas das abelhas do gênero melipona e a influência dos fatores meteorológicos e oferta de recursos florais. Anais dos Seminários de Iniciação Científica, n. 25. Disponível em: <https://ojs3.uefs.br/index.php/semic/article/view/8646>. Acesso em: 15 out. 2024.

de Jesus JN, Chambó ED, da Silva Sodré G, de Oliveira NTE, de Carvalho CAL (2017) Hygienic behavior in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Apidae, Meliponini). Apidologie, v. 48, p. 504 - 512. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-017-0495-5>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (2018). EPAGRI Meliponicultura. Boletim Didático, Florianópolis. n. 141. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/408/304>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2 ed., 306 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/338818/1/sistemabrasileirodeclassificacaodossolos2006.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2024). EMBRAPA Boas práticas para instalação e manejo de colônias de abelhas sem ferrão: primeira semana. [recurso sonoro]. In: Programa Prosa Rural: dezembro. Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna, Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1169674>. Acesso em: 26 dez. 2024.

Greggio TC, Pissarra TCT, Rodrigues FM (2009) Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal-SP. Revista Árvore, v. 33, p. 117 - 124, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/BGtLDpTBWxBc63kZcLqtCWH/?lang=pt>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Grüter C, Von Zuben LG, Segers FHID, Cunningham JP (2016) Warfare in stingless bees. Insectes Sociaux, v. 63, 223 - 236. disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00040-016-0468-0>. Acesso em: 30 abr. 2023

Koser JR, Barbiéri C, Franco TM (2020). Legislation on meliponiculture in Brazil: social and environmental demand. Sustainability in Debate. v. 11, n. 1, p. 164 - 194. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/30319> /. Acesso em: 30 abr. 2023.

Irigoiti Y, Navarro AS, Yamul DK, Libonatti C, Tabera A, Basualdo M (2021) The use of propolis as a functional food ingredient: A review. Trends in Food Science and Technology, v. 115, p. 297 - 306. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421004155>. Acesso em: 26 ago. 2024.

Le Gros A. et al. (2022) Evaluating hygienic behavior in stingless bees: Methodological approaches and implications. Journal of Apicultural Research, v. 61, n. 1, p. 104 - 115. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2029475>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Le Gros KS, Makinson JC, Spooner-Hart RN (2022) Hygienic behaviour in the Australian stingless bees *Tetragonula carbonaria* and *T. hockingsi*. Journal of Apicultural Research. v. 61, n. 5, p. 578 - 590. DOI: 10.1080/00218839.2022.2109915. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2109915>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Leonhardt SD, Chui SX (2024) The Importance of Plant Community Composition and Diversity for Plant Resins Collection and Functioning. Stingless Bee Nest Cerumen and Propolis. Springer International Publishing v. 1. Springer, Cham. p. 187 - 200. Acesso em: 04 mar. 2025.

Foguel I (2019) O Mundo Das Abelhas. Clube de Autores. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=7yZKEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=peso+do+pote+de+p%C3%B3len+de+abelhas+Jata%C3%AD+tetragonisca&ots=FJDkcwTCga&sig=ZpPm_MlpsV7cJ7sq-uQfgAGKXWw#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 17 jun. 2023.

Guilardi-Lopes NP, Zattara EE (2022) Ciência cidadã e polinizadores da América do Sul. ed. v.1. Editora Cubo. Disponível em: <https://www.editoracubo.com.br/978-65-86819-20-5/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

Marques MF, Menezes GB, Deprá MS, Delaqua GCG, Hautequestt AP, de Moraes MCM (2015) Polinizadores na agricultura: ênfase em abelhas. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/344629663/Polinizadores-na-agricultura>. Acesso em: 19 jun. 2023.

Nicodemo D, De Jong D, Couto RHN, Malheiros EB (2013) Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. Genetics and Molecular Research, p. 6931. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/113315>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Nicodemo D, De Jong D, Couto RHN, Malheiros EB (2014) Increased brood viability and longer lifespan of honeybees selected for propolis production. *Apidologie*. v. 45, n. 2, p. 269 - 275. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0249-y>. Acesso em: 30 jun. 2023.

Nogueira DS (2023) Overview of stingless bees in Brazil (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *EntomoBrasilis*, v. 16, p. e1041 - e1041. Disponível em: <https://www.entomobrasilis.org/index.php/ebras/article/view/e1041> Acesso em: 30 jun. 2024.

Nogueira-Neto P (1997) Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Edição Nogueirapis. Disponível em: https://www.academia.edu/114475200/Vida_e_Cria%C3%A7%C3%A3o_de_Abelhas_Ind%C3%ADgenas_sem_Ferr%C3%A3o_livro. Acesso em: 21 maio 2023.

Pereira JAC (2025) Instituto Abelha Nativa; FEMEL-DF. 5º Webinar da Semana Internacional das Abelhas – Palestra com Antonio Carlos Pereira Júnior. [Apresentador: Antonio Carlos Pereira Júnior]. YouTube, 19 maio 2025. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=67Jpi6bk_YE. Acesso em: 19 maio 2025.

Pereira FM, Souza BA, Lopes MTR, Vieira NJM (2012) Manejo de colônias de abelhas-sem-ferrão. <https://core.ac.uk/download/pdf/15447603.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2024

Pereira F de M, Souza B de A, Lopes MT do R (2017) Criação de abelhas-sem-ferrão. Portal Embrapa. Teresina: Embrapa Meio-Norte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1079116/criacao-de-abelhas-sem-ferrao>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Pereira F de M, Souza B de A, Lopes MT do R (2010) Instalação e manejo de meliponário. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-958679/Description>. Acesso em: 21 jun. 2023

Prato M, Soares AEE (2015) Influência da quantidade de alimento sobre a produção de sexuais e a determinação de castas em três espécies de abelhas sem ferrão. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. Disponível em: https://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/23_06_2017__09_47_34__45.pdf. Acesso em: 05 jul. 2024

Quezada-Euán JJG, Nates-Parra G, Maués MM, Roubik DW, Imperatriz-Fonseca VL (2018) The economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of tropical America. *Sociobiology*, v. 65, n. 4, p. 534 - 557.

<https://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/3447>. Acesso em: 05 abr. 2025.

Regnier L, Salatino MLF, Salatino A (2024) Parameters of the gross composition of propolis from Brazilian Meliponini. *Journal of Apicultural Research*. v. 0, n. 5, p. 1 - 9. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2216328>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Rozman AS, Hashim N, Maringgal B, Maringgal AK (2022) A Comprehensive Review of Stingless Bee Products: Phytochemical Composition and Beneficial Properties of Honey, Propolis, and Pollen. *Applied Sciences*. v. 12, n. 13, p. 6370. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/13/6370>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Roubik DW (2023) Stingless bee (Apidae: Apinae: Meliponini) ecology. *Annual Review of Entomology*. v. 68, n. 1. p. 231 - 256. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-ento-120120-103938>. Acesso em: 22 jun. 2023.

Silva, TML, Assis, DCS (2020) Os produtos apícolas: produção e características de identidade e qualidade da própolis. *Cad. técn. Vet. Zoot.*, p. 64 - 75. Disponível em: [https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/FCK/Cadernos%20T%C3%A9cnicos%20-%2096%20-%20para%20internet%20\(1\).pdf](https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/FCK/Cadernos%20T%C3%A9cnicos%20-%2096%20-%20para%20internet%20(1).pdf). Acesso em: 07 jun. 2023.

Teixeira LV, Campos FNM (2005) Início da atividade de voo 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. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-482685>. Acesso em: 29 ago. 2024.

Wille A (1983) Biology of the stingless bees. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.en.28.010183.000353>. Acesso em: 29 ago. 2023.

Witter S, Blochtein B, Santos C (2005) Abelhas sem Ferrão do Rio Grande do Sul: Manejo e Conservação. n. 15. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/11142006-boletim-15.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Park YK, Paredes-Guerrero ML, Aguiar CL, Ikegaki M Estudo da atividade antibacteriana da própolis brasileira e seus extratos. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 12, n. 2, p. 44 - 47, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2002000200007>. Acesso em: 27 jun. 2023.

Salatino A, Regnier L, Pereira L, Luiza M, Salatino M (2019) The emerging market of propolis of stingless bees in tropical countries. *MOJ Food Processing & Technology*. v. 7, p. 27 - 29. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094471131930340X>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Salatino A, Teixeira EW (2005) Composição química da própolis: conhecimento atual e perspectivas. *Química Nova*, v. 28, n. 6. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600017>. Acesso em: 06 jun. 2024

Spivak M, Goblirsch M, Simone-Finstrom M (2019) Social-medication in bees: the line between individual and social regulation. *Current opinion in insect science* v. 33, p. 49 - 55. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574518300853?via%3Dihub>. Acesso em: 06 jun. 2024

Ferreira JM et al., (2017) Physicochemical characteristics and antioxidant activity of propolis from stingless bees (*Meliponinae*) and *Apis* from two Brazilian regions. *PLOS ONE*, v. 12, n. 2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172585>. Acesso em: 23 jun. 2024.

Vázquez M, Muñoz D, Medina R, Paxton RJ, de Oliveira FF, Quezada-Euán JJG (2022) Sympatric cleptobiotic stingless bees have species-specific cuticular profiles that resemble their hosts. *Scientific Reports*. v. 12 ed. 1 p. 2621. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-06683-w>. Acesso em: 23 jun. 2024.