

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

LUCILENE DE MATTOS ALMEIDA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO DE MANEJO PARA MAXIMIZAR A PRODUTIVIDADE
APÍCOLA NA REGIÃO DO PAMPA GAÚCHO**

São Gabriel

2024

LUCILENE DE MATTOS ALMEIDA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO DE MANEJO PARA MAXIMIZAR A PRODUTIVIDADE
APÍCOLA NA REGIÃO DO PAMPA GAÚCHO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Andres Delgado Cañedo

São Gabriel

2024

LUCILENE DE MATTOS ALMEIDA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODO DE MANEJO PARA MAXIMIZAR A PRODUTIVIDADE
APÍCOLA NA REGIÃO DO PAMPA GAÚCHO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Modelos alternativos para produção apícola em abelhas africanizadas.

Dissertação defendida e aprovada em: 13, março de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Andres Delgado Cañedo
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dra. Lidia Maria Ruv Carelli Barreto
UNITAU-SP

Prof. Dra. Kátia Peres Gramacho
UFERSA-RN

Aos meus pais, Angelita Lucilene de Mattos e Adailton Araujo Almeida.

Aos meus amados avós maternos, Maria Verderio de Mattos (*in memorian*) e Ponciano Gonçalves de Mattos (*in memorian*).

Aos meus queridos avós paternos, Arlindo Pedroso de Almeida (*in memorian*) e Maria José de Araujo de Almeida.

Ao meu querido irmão, amigos e familiares, pela motivação em todos os momentos deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Com toda a certeza, estes parágrafos descritos não irão contemplar todas as pessoas que, de alguma maneira, torceram para que esta etapa da minha jornada se concretizasse de forma concisa. Desde já, peço desculpas àquelas pessoas que não estarão aqui descritas, mas que estiveram presentes de alguma forma e em algum momento desta longa e prazerosa caminhada.

Primeiramente, agradeço a Deus, à Nossa Senhora e meus guias por sempre me ampararem e iluminarem meus caminhos, por me conceder saúde, sabedoria, força, determinação, discernimento e paciência para compreender os processos desta caminhada de grande aprendizado, tanto profissional quanto pessoal, e por me fazer entender que tudo tem o seu tempo.

Ao meu orientador, professor Dr. Andres Delgado Cañedo, pela dedicação em todas as fases de análises desta dissertação e orientação ao longo destes anos, pela preocupação para com seus orientados, o que comigo não foi diferente.

Em agradecimento ao meu mestre, refiro-me também ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Biológicas da Universidade Federal do Pampa – Campus São Gabriel (UNIPAMPA – SÃO GABRIEL) pela oportunidade que me foi conferida, bem como ao Apiário São Gabriel, por fornecerem toda a estrutura física, conhecimentos e materiais cedidos, como os apiários para o desenvolvimento das pesquisas, que sem os quais não seria possível a realização deste projeto.

O reconhecimento a todos da minha família, pois sem eles seria impossível batalhar para vencer mais este desafio em minha vida, em especial à minha mãe, Angelita Lucilene de Mattos, por ser a mulher mais incrível e forte que conheço, sendo muito mais do que uma mãe, uma inspiração, e ao seu companheiro, Domingos de Ramos Mantovani, por me fazer sentir em casa. Ao meu pai, Adailton Araujo Almeida, e sua companheira, Valderês Maia, por toda a ajuda e acolhimento sempre. Ao meu irmão, Luciano de Mattos Almeida, por todos os momentos. E à minha grande parceira, confidente e amiga, Ana Cristina Ferreira Viviam, por estar sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando em todos meus sonhos. Muito obrigada por tudo e por tanto.

Ao casal, Aldo Machado dos Santos e Maria de Lourdes Silva Santos, por abrirem as portas de sua casa, me recebendo como uma filha e me deixando fazer parte dessa família, por me prover todo amor, carinho, respeito e ensinamentos possíveis. A vocês serei eternamente grata.

Ao meu eterno orientador que se tornou um pai, Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo, pela sementinha da apicultura plantada no meu coração há 15 anos, com todo os seus ensinamentos e amor pela sua profissão e pelas abelhas, me despertando paixão por essa tão nobre profissão e área.

A todos os meus amigos da vida, que acabaram se tornando uma grade e linda família, e que sempre me apoiaram e acreditaram em mim. Vocês foram extremamente importantes durante essa trajetória. Sou grata à cada um de vocês pelos dias de felicidades e também pelos de muitas lágrimas, cito: Rejane Stubs Parpinelli, Douglas Feriani, Leandro Rissi Feriani, Erica Gomes de Lima, Heber Luiz Pereira, Fernando Antônio Anjo, Kellen Cristina Rocha de Carvalho, Gleison Mattos de Carvalho, Lazaro Davi Machado dos Santos, Nathalia Pizzutti Silveira, Ide Barreira da Silva Garcia, Ieda Barreira Silva Dias, Hilda Terezinha Barreira da Silva, Marta Barreira da Silva, Mailon Barreira da Silva Gomes, Vitoria Larralvi, Giordano da Silva Correa, Giuliano da Silva Correa, Maritcheli Vieira, Emily Tolotti, Vitor Siqueira e Ana Julia da Silva Garcia.

Por fim, e não menos importante, quero agradecer a mim, por não ter desistido no caminho e sim persistido e lutado tanto por esse espaço. Foram anos de muito aprendizado, trocas, experiências e desenvolvimento pessoal e profissional. Sem dúvidas uma grande conquista!

Muito obrigada a todos!

“É exatamente disso que a vida é feita, de momento. Momentos que temos que passar, sendo bons ou ruins, para o nosso próprio aprendizado.

Nunca esquecendo do mais importante: Nada nessa vida é por acaso. Absolutamente nada. Por isso, temos que nos preocupar em fazer a nossa parte da melhor forma possível.

A vida nem sempre segue a nossa vontade, mas ela é perfeita naquilo que tem que ser.”

Chico Xavier

RESUMO

A apicultura é a criação sustentável da abelha *Apis mellifera* para a produção de mel, própolis, cera e outros produtos, ou para a polinização de culturas. Devido aos seus diversos recursos florais, o Brasil é um país promissor para esta atividade, sendo atualmente um dos principais exportadores de mel produzido por abelhas africanizadas. O Rio Grande do Sul é atualmente o maior principal produtor de mel do país, alcançando de 8.000 a 10.000 toneladas anuais. Contudo, o volume de produção de mel não indica alta produtividade. O manejo adequado do apiário é um dos fatores primordiais para que se obtenha quantidade e qualidade significativas do produto final. Portanto, este estudo teve como objetivo aperfeiçoar a técnica de manejo para a produção de mel no município de São Gabriel – RS. Para isso, foram avaliadas e comparadas as técnicas de manejo tradicional e a do apicultor Aldo Machado dos Santos (gestão AM) de São Gabriel, RS, Brasil. O processo incluiu alimentação energética semanal (solução de sacarose 50%), divisão de núcleos órfãos no verão, adições necessárias de estrutura de cera e a introdução do primeiro mel quando a colônia atingiu 8 estruturas de cria. O grupo controle recebeu comida uma vez e todas as molduras de cera de uma só vez. O estudo descobriu que este método de alimentação duplica a produção de mel, reduz o tempo necessário para a introdução da primeira colheita em 1-2 meses, minimiza a perda de colônias e reduz a infestação de varroa nas colmeias. Além disso, o manejo AM permite que os apicultores produzam rendimentos equivalentes de mel em diferentes apiários, mas a ausência de tratamento produz resultados diferentes. Todos os níveis de infestação por varroa foram < 5%, apresentando picos em janeiro e julho. Os resultados mostraram as colônias de abelhas africanizadas nas quais foram utilizadas o manejo AM apresentaram maior produtividade do mel, menor tempo para início da produção e menor ocorrência de varrose. Portanto, é uma abordagem simples, econômica e vantajosa quando comparada ao método tradicional.

Palavras-chave: *Apis mellifera*. Técnicas de Manejo. *Varroa destructor*. Apicultura.

ABSTRACT

Beekeeping is the sustainable breeding of *Apis mellifera* for the production of honey, propolis, wax and other products, or for pollination of crops. Due to its diverse floral resources, Brazil is a promising country for this activity, currently being one of the main exporters of honey produced by Africanized bees. Rio Grande do Sul is currently the largest honey producer in the country, reaching 8,000 to 10,000 tons annually. However, the volume of honey production does not indicate high productivity. Proper management of the apiary is one of the key factors in obtaining significant quantity and quality of the final product. Therefore, this study aimed to improve the management technique for honey production in the municipality of São Gabriel – RS. To this end, traditional management techniques and those of beekeeper Aldo Machado dos Santos (AM management) from São Gabriel, RS, Brazil were evaluated and compared. The process included weekly energy feeding (50% sucrose solution), orphan nucleus division in summer, necessary wax structure additions, and the introduction of the first honey when the colony reached 8 brood structures. The control group received food once and all the wax frames at once. The study found that this feeding method doubles honey production, reduces the time needed to introduce the first honey by 1-2 months, minimizes colony loss and reduces varroa infestation in hives. Furthermore, AM management allows beekeepers to produce equivalent honey yields in different apiaries, but the absence of treatment produces different results. All varroa infestation levels were <5%, peaking in January and July. The results showed that Africanized bee colonies in which AM management was used had higher honey productivity, shorter time to start production and lower occurrence of varrose. Therefore, it is a simple, economical and advantageous approach when compared to the traditional method.

Keywords: *Apis mellifera*. Management Techniques. *Varroa destructor*. Beekeeping.

LISTA DE FIGURAS

- Figure 1: Satellite image from Google Earth displaying the locations of the three apiaries where experiments were conducted. Apiary A: -30,3316731, -54,3643416; Apiary B: -30,3458358, -54,3547566; Apiary C: -30,4189409, -54,3667836. 28
- Figure 2: Estimated time for the first honey super in each management. This histogram does not include a standard deviation bar since we did not see differences between colonies under the same management in each apiary. Throughout the experiment, the Apiary B control colonies did not produce honey. The AM management indicates no discrepancies in the results between the apiaries. 32
- Figure 3: Histogram displaying the honey yield of each experimental beehive under two distinct approaches to management.34
- Figure 4: Infestation level of Varroa destructor through time on distinct management and apiaries. In apiary B, the control group lost three colonies, and the two remaining colonies were quite weakened, making it impossible to determine de varroa infection from July. 36

LISTA DE TABELAS

Table 1: Honey productivity, measured in kilograms (Kg), of each experimental beehive under two different management methods.	33
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Manejo Aldo Machado
kg	Quilogramas
m	Metros
t	Tonelada
%	Percentual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 INTRODUÇÃO DE ABELHAS MELÍFERAS NO BRASIL	15
1.2 APICULTURA NO BRASIL	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 MANUSCRITO	21
ABSTRACT	23
RESUMO	24
INTRODUCTION	25
MATERIALS AND METHODS	27
RESULTS AND DISCUSSION	31
CONCLUSIONS	38
REFERENCES	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O mel é um alimento natural de composição complexa derivado do néctar das flores que constitui o principal subproduto obtido da atividade apícola (Sousa *et al.*, 2016; FAO, 2022). Atualmente, a China é o maior produtor de mel em nível global, alcançando 461.000 toneladas (t) métricas somente em 2022, quase quatro vezes mais do que a quantidade produzida na Turquia, o segundo maior produtor. O Brasil, por sua vez, ocupa a nona posição no *ranking* mundial de produção (Statista, 2024) e o quarto lugar como maior exportador dessa commodity (Trademap, 2022), sendo as regiões Nordeste e Sul as principais detentoras do valor de produção nacional, com 38,67% e 36,75%, respectivamente (IBGE, 2022).

O mel brasileiro é reconhecido internacionalmente pelo seu elevado padrão de qualidade. Por não possuir resíduos de contaminantes, é considerado um mel puro e um produto com Certificação Orgânica. Tais características decorrem das condições adequadas de clima e da grande biodiversidade, aliadas à presença de abelhas africanizadas que resultaram do cruzamento acidental entre abelhas africanizadas e europeias (Marquele-Oliveira *et al.*, 2017). Outros produtos como cera de abelha, pólen, geleia real, própolis e apitoxina também são reaproveitados e comercializados pelos apicultores (Gonçalves *et al.*, 2019). Conseqüentemente, o país tem se expandido dentro do mercado apícola e a demanda em exportações cresce a cada ano (Marquele-Oliveira *et al.*, 2017).

A apicultura constitui uma das poucas práticas que atendem ao chamado tripé da sustentabilidade, promovendo o desenvolvimento econômico, social e ecológico (Jaffé *et al.*, 2015; Wolff; Gomes, 2015). No Brasil, aproximadamente 350 mil apicultores rurais e urbanos têm essa atividade como fonte de renda direta, e mais de 1 milhão de pessoas são indiretamente beneficiadas, representando uma fonte de renda alternativa para muitas famílias em diferentes localidades (IBGE, 2023). Além das contribuições econômicas, colabora no âmbito social, ao reduzir o êxodo rural por meio da criação de oportunidades de ocupação produtiva da mão de obra familiar no campo; e no âmbito ecológico, uma vez que as abelhas desempenham a maior parte da polinização de espécies nativas, garantindo o rendimento das culturas e ajudando a manter a biodiversidade vegetal em ecossistemas naturais (Embrapa, 2024; Frazier *et al.*, 2024).

Tornar a apicultura uma atividade mais lucrativa contribui para atrair novos empreendedores e, assim, aumentar a sua relevância como meio para alcançar o desenvolvimento sustentável e gerar fonte de renda para inúmeras famílias. Isso, no entanto, requer a otimização das práticas de gestão e manejo, com o propósito de aumentar tanto a

produtividade das colmeias quanto a produção final e, conseqüentemente, as receitas das suas vendas. Nesse contexto, esforços importantes têm sido direcionados para capacitar apicultores e padronizar as práticas de manejo adotadas (Castilhos *et al.*, 2013; Frazier *et al.*, 2024).

O manejo adequado do apiário é um dos fatores primordiais para que se obtenha quantidade e qualidade significativas do produto final. Visando chegar na florada desejada sem problemas sanitários e com boa população para que ocorra uma produção satisfatória para o apicultor, é fundamental avaliar e revisar as colmeias a fim de verificar as condições e a ocorrência de anormalidades para sanar as necessidades apresentadas (Castilhos *et al.*, 2021). O tipo de apiário e a quantidade de colmeias contidas são elementos importantes e devem levar em consideração a flora apícola de cada região. A produtividade e rentabilidade dos negócios apícolas também dependem da qualidade e idade da rainha, enxameação das colônias, alimentação suplementar fornecida, condições ecológicas, bem como o momento, a frequência e a eficiência dos tratamentos anti-varroa, quando necessário (SENAR, 2017).

O ácaro ectoparasita *Varroa destructor*, causador da varrose, é uma das principais ameaças às colônias melíferas em todo o planeta. No Brasil, a incidência dessa doença não é considerada um grande problema, pois os níveis de infestação são relativamente baixos (> 5%). Isso decorre dos efeitos positivos das condições climáticas e da hibridização da abelha africanizada, que a torna mais tolerante à infestação por *V. destructor*. No entanto, essa doença merece atenção dos apicultores, uma vez que, quando infectadas, podem ocorrer perdas significativas das colônias e causar sérios prejuízos na produtividade das colmeias e, conseqüentemente, na rentabilidade da atividade apícola. Nesse cenário, o emprego de técnicas de manejo adequadas pode contribuir para reduzir as taxas de infestação das colônias melíferas (Castilhos *et al.*, 2021; 2023).

O Sr. Aldo Machado dos Santos é um experiente apicultor que administra apiários comerciais de grande porte no município de São Gabriel – RS, além de estar diretamente ligado as políticas apícolas estaduais e nacionais, participando como Coordenador da Comissão da Apicultura da Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul (FARSUL), e como Coordenador da Cadeia Apícola da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Seu apiário comercial não apenas desempenha um papel significativo na economia local e regional, mas também representa um exemplo de práticas profissionais e técnicas avançadas de manejo na apicultura. Em contraste com os pequenos produtores, que podem ter operações mais limitadas em escala e recursos, o apiário comercial de Aldo Machado dos Santos opera em uma escala mais ampla, empregando métodos avançados de manejo e tecnologia para maximizar a produção e a eficiência. Sua experiência,

de mais de 40 anos, como apicultor profissional em um ambiente comercial oferece insights valiosos sobre as melhores práticas de manejo, desafios enfrentados e estratégias para otimizar a produtividade e a sustentabilidade da apicultura em larga escala. Portanto, a inclusão do apiário comercial de Aldo Machado dos Santos nesta pesquisa é fundamental para investigar e validar cientificamente as técnicas de manejo utilizadas em operações profissionais e suas implicações na produtividade e saúde das colônias de abelhas africanizadas na região do Rio Grande do Sul.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar cientificamente a técnica de manejo utilizada pelo apicultor Aldo Machado dos Santos para a produção de mel no município de São Gabriel – RS, comparando a mesma com o sistema de manejo no qual não se tem a assistência adequada das colmeias, incluindo a falta de suplementação alimentar. A partir dos resultados obtidos, buscou-se gerar informações referentes a melhor técnica de manejo de abelhas africanizadas que possibilite obter maior produtividade melífera e entender o efeito destes manejos sobre a incidência de varroa nas colmeias. A aplicação dos métodos e dados apresentados contribuirão para trazer melhorias na produtividade apícola da região e poderão ser adaptados para uso nos apiários de outras regiões do Brasil, explorando todo o potencial existente.

1.1 INTRODUÇÃO DE ABELHAS MELÍFERAS NO BRASIL

A espécie de abelha *Apis mellifera* tem uma distribuição natural que varia do norte da Europa até o Cabo da Boa Esperança, e do Leste até o oeste da Ásia, com diversas subespécies reconhecidas ao longo dessa variação geográfica. No Novo Mundo, essas subespécies foram propagadas pelo homem, sendo *Apis mellifera scutellata* (anteriormente classificada como *Apis mellifera adansonii*) a mais difundida e abundante no continente africano, constituindo uma excelente fonte de produção de mel (Michener, 1975; Wiese; Salomé, 2020).

No Brasil, as primeiras colônias de abelhas de raça europeia, *Apis mellifera mellifera* e *Apis mellifera carnica*, foram introduzidas em 1839, pelo Padre Antônio Carneiro, sendo originárias de Portugal (Kerr, 1967; Michener, 1975). Essas colônias foram levadas ao primeiro apiário em território brasileiro, localizado em uma área rural da Praia de Formosa, no estado do Rio de Janeiro. Até então, existiam no país somente espécies de abelhas sem ferrão, nativas da região formada pela tribo Meliponini. Em 1845, *A. m. mellifera* também foi

introduzida nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Wiese; Salomé, 2020). Com o passar dos anos e o avanço da colonização, novas subespécies de abelhas *A. mellifera* foram trazidas ao país, firmando, assim, a atividade apícola nacional (Kerr, 1967; Michener, 1975).

Em meados da década de 1950, o descontentamento com a baixa produção brasileira de mel chamou a atenção de autoridades e pesquisadores locais, pois não era condizente com as características geográficas e climáticas do país, as quais se mostravam altamente favoráveis à níveis de produção elevados (Kerr, 1967). Em 1956, o pesquisador Dr. Warwick Estevan Kerr, objetivando melhorar a produção e a apicultura nacional, introduziu no Brasil as primeiras abelhas *Apis m. scutellata*, a fim de desenvolver uma variante adaptada tropical ou subtropical que melhorasse a produtividade de mel. As rainhas que chegaram ao Brasil eram provenientes do continente africano, principalmente da região de Pretória, capital da África do Sul, localizada a mais de 1500 m de altitude, 26° Sul e, portanto, uma área com invernos frios (Michener, 1975).

Diferente das abelhas já existentes no país, *A. m. scutellata* tinha como características o menor tamanho em relação à *A. m. mellifera*, um ciclo de desenvolvimento mais curto, maior agressividade, maior frequência de enxameação e abandono de ninho, além de suas operárias campeiras trabalharem por mais horas e suas rainhas possuírem maior capacidade de postura de ovos (Camargo *et al.*, 2002). O objetivo inicial de Dr. Kerr era realizar o intercruzamento das colônias europeias e africanas com características desejáveis e, com isso, selecionar os híbridos resultantes. Contudo, em 1957, 26 colônias de *A. m. scutellata* escaparam acidentalmente na região de Rio Claro, São Paulo, e rapidamente acasalaram com outras abelhas de *A. mellifera* já introduzidas no país (*A. m. ligustica*, *A. m. mellifera*, *A. m. carnica* e *A. m. caucasica*), originando uma raça de abelhas poli-híbridas denominadas “abelhas africanizadas” (Michener, 1975).

A termo “abelha africanizada”, foi introduzido por Gonçalves (Gonçalves, 1974), população resultante da hibridização entre abelhas africanas e europeias, que já estavam presentes no Brasil atribuído à variedade de abelhas que se originou no Brasil e, posteriormente, espalhou-se na América do Sul, deu-se em decorrência das suas características predominantemente herdadas das abelhas africanas (*A. m. scutellata*). Por serem extremamente adaptadas a todas as regiões do país e apresentarem maior agressividade em relação às demais subespécies de *A. mellifera*, as abelhas africanizadas praticamente levaram as abelhas europeias ao desaparecimento nas áreas onde se espalharam. Além disso, diferentemente das abelhas até então existentes, as quais não representavam risco de ataque

aos apicultores por seu comportamento dócil, a falta de conhecimento sobre técnicas de manejo adequadas resultou em um grande número de acidentes ocasionados pelas abelhas africanizadas, que atacavam os apicultores, pessoas e animais que estivessem por perto (Michener, 1975; Wiese; Salomé, 2020), marcando uma fase problemática da apicultura brasileira, na qual muitos apicultores abandonaram a atividade (Wiese; Salomé, 2020).

Os apicultores remanescentes passaram a adaptar as técnicas de manejo tradicionais para lidar com a agressividade das abelhas africanizadas, formando associações voltadas ao desenvolvimento de técnicas e materiais que pudessem ser usados com maior segurança e, com isso, manter a atividade produtiva. Um fator que contribuiu significativamente para o aprimoramento da atividade e reestabelecimento da apicultura nacional foi a realização de simpósios e congressos voltados ao intercâmbio de técnicas e experiências entre pesquisadores e produtores. Em 1967, foi fundada a Confederação Brasileira de Apicultura e, três anos depois, em 1970, foi promovido o primeiro Congresso Brasileiro de Apicultura, na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Durante o evento, foram discutidos de forma técnica e profissional todas as técnicas de manejo, equipamentos e abordagens necessárias para produção de mel com abelhas africanizadas (Wiese; Salomé, 2020; ABELHA, 2023).

Esses avanços na cadeia produtiva resultantes do empenho dos apicultores e pesquisadores culminaram em investimentos para o desenvolvimento de novas técnicas, manejos e avaliações em Institutos, Colégios Agrícolas, Empresas de Pesquisa e Extensão Rural e Universidades (Wiese; Salomé, 2020). Desde então a atividade apícola brasileira vem apresentando crescente desenvolvimento e alcançando projeções nacionais e internacionais, possibilitando que o país seja conhecido como produtor e exportador de produtos apícolas de qualidade (IBGE, 2020).

1.2 APICULTURA NO BRASIL

A Apicultura é a “arte de criar abelhas”, tanto em pequenas quanto em grandes escalas (Gonçalves *et al.*, 2019). Essa atividade pode ser introduzida gradativamente, com poucas colmeias, desenvolvendo-se e expandindo-se praticamente livre de investimentos devido ao baixo capital necessário (Reis; Barros 2006). Assim, contribui para estimular a utilização de tecnologias locais coerentes com o ecossistema específico de cada território, e cumpre um papel ambiental desempenhando importantes serviços ecossistêmicos através da polinização e da produção de sementes, o que é um fator potencializador da biodiversidade local e regional.

No Brasil, tais benefícios da atividade apícola ficaram cada vez mais evidentes com o passar das décadas (Wolff; Gomes, 2015).

Desde o início das práticas de apicultura no país em 1839, a introdução da abelha melífera africana no Brasil, em 1956, foi um dos eventos mais significativos na história da apicultura brasileira. Embora tenham sido inicialmente rotuladas como “abelhas assassinas”, em decorrência da sua maior agressividade, e levado apicultores a abandonar seus apiários devido à falta de conhecimento sobre técnicas de manejo adequadas, as abelhas africanizadas são atualmente muito bem vistas em termos de investimento e produtividade. Atualmente, quase todos os apicultores do país preferem trabalhar com essa subespécie, pois aprenderam a controlá-la, compreendem melhor a sua biologia e novas tecnologias e equipamentos de manejo foram desenvolvidos por apicultores e pesquisadores (Gonçalves *et al.*, 2019).

Não há dúvida de que a apicultura nacional vem aumentando a cada ano e o governo está prestando muito mais atenção à esta atividade do que antes. Diversas localidades que até meados da década de 1960 não desempenhavam atividades apícolas passaram a ser grandes produtoras. Um bom exemplo é a região Nordeste; devido aos números das exportações do agronegócio, que só recentemente passou a incluir a apicultura, é atualmente um dos maiores produtores, juntamente à região Sul (IBGE, 2023).

No ano de 2019, a produção de mel brasileira teve um aumento significativo de 8,5% e, com isso, a produção nacional chegou a 46 mil toneladas. No ano de 2021, o aumento foi de 6,4% em relação ao ano anterior, registrando um recorde de produção de 55,8 mil toneladas e um aumento de faturamento de 76% em comparação com 2020 (FPA, 2023). Já em 2022, a produção atingiu mais de 60 mil toneladas de mel, das quais quase 39 mil foram destinadas à exportação (ABELHA, 2024). Portanto, o mercado apícola do Brasil desempenha um importante papel ao gerar fonte de renda, contribuir para o desenvolvimento sustentável e fornecer produtos de qualidade tanto para o mercado interno quanto externo.

Entretanto, apesar do grande potencial apícola nacional e do reconhecimento da elevada qualidade do mel brasileiro no mercado internacional, o país apresenta um potencial de produção que ainda não foi explorado. A produtividade do mel no Brasil é baixa quando comparada a outros países (Trevisol *et al.*, 2022) e diferentes fatores contribuem para tais resultados, como a presença de parasitas (principalmente do ácaro *V. destructor*), agricultura intensiva, agroquímicos, efeitos do aquecimento global e técnicas de manejo inadequadas (Verceli *et al.*, 2021).

As técnicas de manejo apícola, em particular, são cruciais para preservar a saúde das colônias de abelhas e o sucesso da produtividade (Verceli *et al.*, 2021; Kahane *et al.*, 2022). A

adoção de práticas não-convencionais inclui inspecionar as colmeias periodicamente a fim de identificar a presença de doenças e, quando presentes, adotar as medidas necessárias para mitigar seus impactos, e fornecer nutrição suplementar, uma vez que a nutrição das abelhas é importante para sustentar a homeostase e uma dieta balanceada no nível da colônia (Wakgari; Yigezu, 2021). Portanto, a investigação de técnicas de manejo que possibilitem aumentar a produtividade apícola em nível nacional se faz necessária.

Considerando o cenário apícola brasileiro, que dispõe de condições favoráveis para alcançar níveis de produtividade ainda maiores a partir da comercialização do mel e demais produtos derivados da apicultura, bem como os atuais níveis de produtividade, considerados baixos para o potencial da apicultura nacional, fica evidente a necessidade de se validarem metodologias de manejo que possibilitem obter maior produtividade melífera e prevenir a ocorrência de doenças nas colônias, explorando todo seu potencial existente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Validar cientificamente uma técnica de manejo de alta produtividade de mel no município de São Gabriel – RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a produtividade, força e sanidade entre o sistema padrão utilizados pelos apicultores da região e o sistema aplicado em um apiário comercial adotado pelo apicultor Sr. Aldo Machado dos Santos (manejo AM);
- Comparar a produtividade, força e sanidade em diferentes apiários nos diferentes tipos manejo;
- Avaliar o tempo necessário para colocar uma colônia de abelhas africanizadas em produção, a partir do processo de geração de um núcleo órfão, utilizando o sistema de manejo AM ou o sistema padrão;
- Avaliar e comparar a incidência de *Varroa destructor* nos diferentes tipos de manejos.

3 MANUSCRITO

Os resultados obtidos a partir desta pesquisa estão apresentados sob a forma de manuscrito. Este manuscrito está disposto em formato de artigo científico e foi submetido para o periódico “Ciência e Agrotecnologia” (ISSN: 1981-1829), com o seguinte título: “Manejo eficiente e barato de abelhas africanizadas para maximizar a produtividade de mel reduzindo o tempo de início da produção”.

Efficient and cost-effective management of Africanized bees to maximize honey production while lowering the production start time.

Manejo eficiente e barato de abelhas africanizadas para maximizar a produtividade de mel reduzindo o tempo de início da produção.

Lucilene de Mattos Almeida: 0000-0001-5940-5668

Andres Delgado-Cañedo: ORCID: 0000-0002-8377-6204

Universidade Federal do Pampa, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Campus São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT

Beekeeping is the sustainable breeding of *Apis mellifera* to produce honey, propolis, wax, and other products, or for crop pollination. Due to its diverse floral resources, Brazil is a prospective country for this activity. Brazil is a leading honey exporter using Africanized bees. Brazil's main honey producer is Rio Grande do Sul State, which produces 8,000–10,000 tons annually. Importantly, honey production volume does not indicate high productivity. Currently, the state's beehive productivity is approximately 20 kg, which is acceptable globally but low for the region's unique environmental conditions. We evaluated the techniques of beekeeper Aldo Machado dos Santos (AM) from São Gabriel, RS, Brazil, to assess a simple and cost-effective approach to increase beekeeping production. The process included weekly energy feeding (saccharose solution 50%), orphan nuclei splitting in summer, necessary wax frame additions, and introduction of the first honey super when the colony reached eight brood frames. The control group received food once and all wax frames once. The study found that This feeding method doubles honey production, reduces the time required for the introduction of the first honey super by 1-2 months, minimizes colony loss, and reduces varroa infestation in beehives. In addition, AM management allows beekeepers to produce equivalent honey yields in different apiaries; however, the absence of treatment produces different results. All varroa infestation levels were < 5%, peaking in January and July. The results showed that AM management is a simple and cost-effective method for increasing honey productivity in southern Brazil.

Index terms: Beekeeping, beehive management, honey productivity, energetic feeding.

RESUMO

Apicultura é a criação sustentável da abelha *Apis mellifera* para obter produtos apícolas ou polinização de culturas. O Brasil é um país com alto potencial para o desenvolvimento desta atividade, sendo um dos principais exportadores de mel. O Estado do Rio Grande do Sul é, historicamente, o maior produtor de mel, produzindo entre 8.000 e 10.000 toneladas/ano. Contudo, com baixa produtividade (aproximadamente 20 kg/colmeia/ano) quando avaliadas as condições ambientais únicas da região. Neste trabalho, validamos cientificamente um método simples e econômico utilizado pelo apicultor Aldo Machado dos Santos (manejo AM) de São Gabriel, RS, Brasil, visando o aumento da produtividade apícola da região. O processo incluiu: formação de núcleos órfãos, alimentação energética semanal, adição de quadros de cera conforme necessidade, e a introdução da primeira melgueira quando a colônia atinge 8 quadros de cria. As colmeias controle receberam alimentação somente uma vez e todos os quadros de cera fornecidos no início. Os resultados mostram que este manejo simples duplica a produtividade de mel, reduz o tempo necessário para a introdução da primeira melgueira em 1-2 meses, minimiza a perda de colônia, e reduz os índices de varroose. Além disso, o manejo AM permite que os apicultores atinjam produtividade de mel equivalentes em diferentes apiários, o qual não foi observado na ausência de manejo. As taxas de prevalência de varroa foram < 5%, mostrando picos em janeiro e julho. Nossos resultados mostram o manejo AM como um método simples e econômico para aumentar a produtividade de mel na região sul do Brasil.

Termos para indexação: Apicultura; manejo de colmeias; produtividade de mel; alimentação energética.

INTRODUCTION

Beekeeping is an essential component of agriculture that has grown considerably worldwide (Catania and Vallone, 2020). One of the main products of beekeeping is honey, a natural food made from flower nectar (also called Blossom Honey or nectar Honey) or other sweet plant products (called honeydew) (FAO, 2022). China produced the largest amount of honey in the world in 2021, followed by Turkey, Iran, Argentina, and Ukraine, with Brazil ranked eighth in the world for honey production (Statista, 2023) and fourth for honey exports (Trademap, 2022). In 2021, Brazil processed 55.8 million tons of honey, exporting 47.1 million of those (ABELHA, 2022). Rio Grande do Sul has been the leading honey producer at the national level for over a decade, with Paraná (PR) and Piauí (PI) states closely following (IBGE, 2023).

Brazilian apiculture is a lucrative endeavor for around 350,000 beekeepers, serving as the primary source of income for several families (IBGE, 2023). In addition to honey, beehives can provide many other products such as propolis, pollen, royal jelly, bee wax, and apitoxin, which can provide an additional source of finances particularly during the honey intersafra times (Sperandio et al., 2019). Brazilian honey is well acknowledged on a global scale for its exceptional quality, often obtaining organic certification (Marquele-Oliveira et al., 2017), because of its favorable climate, diverse plant life, and rich biodiversity of the country, as well as the presence of the Africanized bees (Paula et al., 2015).

Initially regarded as a problem that caused many beekeepers to abandon the practice, mainly because of its increased defensiveness, advancements in understanding the behavior of Africanized bees, and the development of appropriate management techniques that have

enabled the Brazilian beekeeping industry to thrive and expand significantly (De Jong, 1996; Wiese; Salomé, 2020). Over time, beekeepers have observed that the breeding of Africanized bees is much more advantageous in terms of productivity, as the colonies are built much faster, produce more honey and propolis, and can be kept in severe climates (De Jong, 1996). In addition, they exhibit high tolerance to infestation by the ectoparasitic mite *Varroa destructor*, which is considered one of the main threats to honeybee colonies worldwide (Oddie et al., 2018).

Apicultural management practices are actions implemented to maintain healthy colonies and hence achieve productivity goals. Scientifically-based management recommendations can assist beekeepers in avoiding trial and error approaches to reduce colony mortality. In Europe, for example, the implemented apicultural management practices are based on factors such as chemical control, replacement brood combs and honey combs, queen replacement and supplementary feeding, among others. To manage the apiary, the colony number by apiary and the age and the experience of the beekeeper are directly linked to the survival of the colony, while the supplementary feeding provided, as well as the timing, frequency, and effectiveness of anti-varroa treatments, are highly correlated with the climatic conditions (Sperandio et al., 2019).

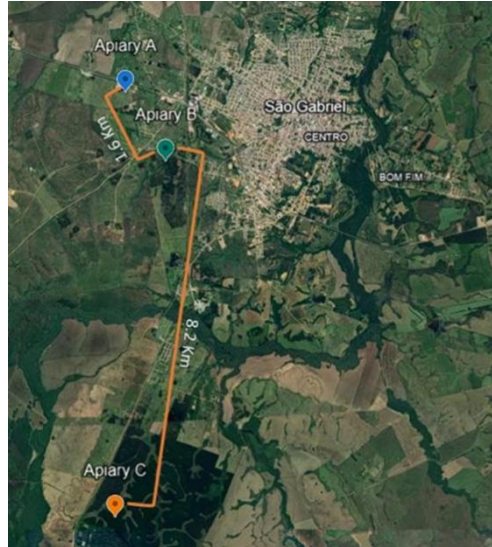
In Brazil, the management techniques for honey production must to be adapted to africanized bees. Therefore, in addition to considering factors considered for european bee razes, the use of protective clothing and equipment is a fundamental requirement to minimize bee defensiveness and ensure the safety of the beekeeper (Correia-Oliveira et al., 2012). These practices are considered one of the many factors attributed to the lower levels of varroa infestation in the africanized colonies (less than 5%) and the brazilian beekeeping productivity (De Jong, 1996; Moreira et al., 2017).

A comprehensive knowledge of the effects of colony management strategies can aid in the creation of more accurate scenarios for evaluating and controlling bee health, resulting in enhanced production results (Sperandio et al., 2019). Thus, in light of the importance of management strategies for raising Africanized bee productivity and their impact on the *V. destructor* infection ratio, the current study compared two Africanized bee management strategies in the municipality of São Gabriel, RS, in order to investigate potential differences in honey productivity, the amount of time needed to start honey production, the impact of applying these strategies in various apiaries, and the incidence of varroa. Enabling the identification of the most effective management technique to enhance beekeeping productivity.

MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in three distinct apiaries located in different regions of the municipality of São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brazil: the experimental apiary of the Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA (Apiary A), on the São Gabriel campus, and two private apiaries owned by members of the Apicultural Cooperative of Pampa Gaúcho - COOAPAMPA (Apiaries B and C) (Figure 1).

Figure 1: Satellite image from Google Earth displaying the locations of the three apiaries where experiments were conducted. Apiary A: -30,3316731, -54,3643416; Apiary B: -30,3458358, -54,3547566; Apiary C: -30,4189409, -54,3667836.



Five experimental and standardized colonies have been established in Langstroth nests at each of the three apiaries. At the end of November, each colony had been split into two nuclei: one for the control group and the other for the managed group. The first group (traditional method) consisted of five colonies managed using a common method of management used by beekeepers in the state of Rio Grande do Sul; the second group (AM management) consisted of five colonies managed using the method adapted by beekeeper Aldo Machado dos Santos. Traditional management is defined in this work as management that does not follow all the suggestions of good management practices, i.e. one in which bee colonies are not regularly aided between the establishment of the nucleus and the addition of the first honey super. To replicate this treatment, after was formed the orphan nucleus, which were composed of five frames (one fully capped frame with breeding bees, one frame with open breeding and capped breeding bees, one frame containing larvae and eggs, one frame containing food reserves, and one empty wax frame) the nest was finished with five frame

wax and fed with energy food only once. In addition to the frames, the nucleus counts the presence of bees of all ages to create the cluster; nevertheless, it lacks the presence of the queen bee, hence it is known as an orphan nucleus. The control colonies was left without any management, but visually assessed until they were strong enough to accept the first honey super. The "Aldo Machado" (AM) management, on the other hand, is a simple management established by the beekeeper, Aldo Machado dos Santos that, after the development of a queen in the orphaned bee nucleus and the initiation of its posture were realized the treatment with energy food supplementation every seven days, as well as the introduction frames with wax foundation based on the colony need for space, until the beehive present the 10 frames containing combs completely constructed.

The energy food supplementation (one liter) was provided by packaging a solution of sucrose in a 1:1 volume ratio of water to sugar. The solution was enclosed in a thin, transparent plastic bag and delivered through a surface feeder.

In the conventional management of the five experimental colonies, no additional energy or protein meal was provided after the initial treatment when the nuclei were established. At the outset of the project, both handles were created by an even distribution of colonies for uniformity purposes. The colonies chosen for honey production served as the basis for producing the nuclei used in the experiment. As a result, the colonies involved in the study were carefully regulated to ensure the uniformity of their offspring.

For the purpose of determining honey yield (in kilograms), only honeycombs that were completely capped were centrifuged, thereby guaranteeing the honey's suitability for collection. Weekly monitoring was performed to determine the duration, measured in days, required for the colonies to begin honey production. We recorded the dates on which the initial honey super was introduced to each colony throughout this monitoring process. A

colony was considered suitable to receive the initial honey super once it contained a minimum of eight breeding frames.

To determine the infestation level of varroa, between 100 and 200 bees were collected from brood frames and immersed for 15 minutes, with short manual shaking, in a wide-mouth bottle containing 100ml of 25% ethanol and 1 ml of neutral detergent. Following the immersion period, the samples were run through a white cloth coater to count the foretic varroas and the count of foretic varroas was then recorded and expressed as a ratio of foretic varroas per 100 bees.

A One-Way Variance Analysis (ANOVA) was used to compare if the means of the honey productivity differed significantly in the different hives and apiaries. The ANOVA model was applied using the R software's "aov()" function (R Core Team, 2022) and included the following variables: Honey harvest (Kg); Management (Control and Machado Aldo - AM); and Apiary (A, B, and C). To capture and treat potential mistakes during analysis, the model was adjusted to the data set using the "try()" function.

For the statistical analysis of the time duration required for the colonies to begin honey production, the Student t test was performed using the R software function "t.test()" and included the following factors: (i) Time (days); and Management (Control and AM).

ANOVA One-Way with three extra interaction factors was used to analyze the data of varroa infection over the months and under distinct management systems. To capture and treat potential mistakes during analysis, the model was adjusted to the data set using the try() method.

The assumed confidence level was 5% ($p \leq 0.05$). The Tukey test was used when there was a significant difference in ANOVA analyzes. R software (R Core Team, 2022) was used for all analyzes.

RESULTS AND DISCUSSION

Despite possessing unique environmental attributes that facilitate the growth of beekeeping and ranking among the top ten exporters of honey over the past decade, Brazil's substantial honey output results from production promotion rather than productivity enhancement. Based on data from the Secretariat of Livestock Agriculture, Sustainable Production and Irrigation of Rio Grande do Sul state (SEAPI, 2023), the leading honey-producing state in Brazil, Rio Grande do Sul yielded 9,210 tons of honey from an estimated 438,000 registered bee colonies. This equates to a productivity of approximately 20.5 kg per bee colony, which has remained relatively constant at 20 kg per colony for over a decade. Although these values are in close proximity to the global average, it is important to note that Mexico produces around 40 kg of honey per beehive using africanized bees and Argentina produces approximately 30 kg per beehive using European lineages (Dolores-Mijangos et al., 2017; FAO, 2023).

Nevertheless, the fact that the average yield per colony is 20 kilograms indicates that some colonies produce more than others. We evaluated a straightforward and economical management system implemented by Aldo Machado dos Santos, a beekeeper residing in the municipality of São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brazil. A beekeeper that exploits transhumance of beehive activity and reports an annual average production of over 40 kg/beehive/year.

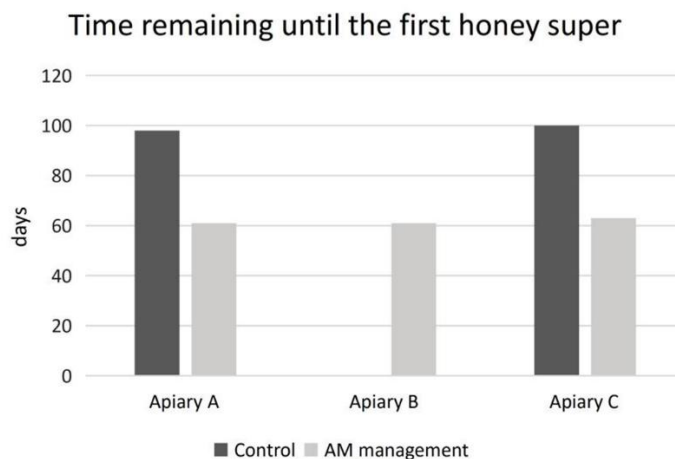
The results show that the colonies subjected to control management in Apiary A took 98 days, whereas those in apiary C took 100 days to reach the first honey super. Three of the five control colonies were lost during the trial in Apiary B, and the remaining two colonies did not reach the required strength to receive the initial honey super. The colonies subjected to AM management required a preparation time of 61 days in Apiaries A and B, and 63 days in

Apiary C. The two-day discrepancy between apiaries A and C resulted in a delay in the assessment of the beehives, primarily due to adverse weather circumstances that prevented simultaneous visits to the apiaries. Consequently, it would be deemed as starting on the same day.

The statistical analysis of these data (Figure 2) revealed a substantial disparity in the duration for the initiation of honey production among Africanized bee colonies under different management conditions ($p = 0.00092$). The implementation of the AM management methodology resulted in colonies exhibiting a more rapid onset of production in comparison to those subjected to conventional handling methods.

When the effect of the apiary site on the AM management was compared, there was no statistically significant difference found ($p = 0.19532$).

Figure 2: Estimated time for the first honey super in each management. This histogram does not include a standard deviation bar since we did not see differences between colonies under the same management in each apiary. Throughout the experiment, the Apiary B control colonies did not produce honey. The AM management indicates no discrepancies in the results between the apiaries.



Regarding the honey productivity, measured in kilograms (Kg), of each experimental beehive under two different management methods, traditional management (Control) and Aldo Machado management (AM), is shown in Table 1 for each apiary (A, B, and C). In the apiary A, the Control management produced approximately 7.45 Kg of honey by colony, while the AM management produced approximately 15.37 Kg of honey by colony. In the apiary B, the Control colonies that were not lost did not produce honey, whereas the AM management colonies produced an average of approximately 17.60 Kg of honey by colony, without lost colonies. In the apiary C, the average honey production by the Control management was approximately 2.95 Kg of honey by colony, while for AM management it was approximately 18.75 Kg.

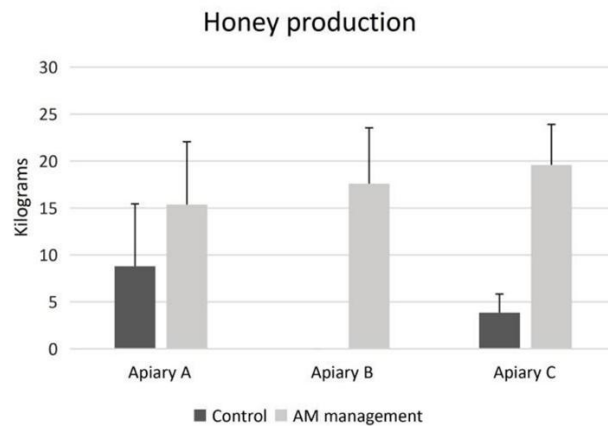
Table 1: Honey productivity, measured in kilograms (Kg), of each experimental beehive under two different management methods.

Beehives	Honey productivity (Kg)		
	Apiary A	Apiary B	Apiary C
Control 1	2.50	–	1.80
Control 2	6.00	–	3.10
Control 3	8.70	–	6.50
Control 4	18.00	–	4.00
Control 5	–	–	–
AM 1	5.90	20.40	15.40
AM 2	21.60	21.60	22.44
AM 3	16.80	10.20	24.10
AM 4	17.20	23.50	16.40
AM 5	–	12.30	15.40

The statistical analysis revealed a significant disparity in honey production among the types of management assessed ($p = 0.00749$). Specifically, the colonies treated with the AM management technique exhibited greater honey productivity compared to those treated using the traditional handling method. However, there was no statistically significant disparity in honey output among apiaries A, B, and C ($p = 0.94946$). This suggests that the average

productivity of the AM handling groups did not vary significantly between the apiary locations; however, different apiaries showed differences in honey production or lost colonies regarding to the Control management. The data are represented in Figure 3.

Figure 3: Histogram displaying the honey yield of each experimental beehive under two distinct approaches to management.



In the management of bees, inadequate nutrition, particularly in winter, has a negative impact on honey production. Insufficient nourishment forces the colony to venture outside its immediate vicinity in search of food, so compromising its overall productivity (Gamez et al., 2004). Nutritional stress in colonies can arise from either a paucity of food resources or the presence of foods with low nutritional content. This stress ultimately leads to a decrease in metabolic activity. Moreover, they result in reductions in the population of active bees in the beehive, the production of queen eggs, and the survival rates of individuals. Additionally, they lead to higher rates of flight or desertion, which significantly impacts the productivity of colonies (Paiva et al. in 2016). Thus, the use of energy food supplementation without the addition of a proteic source or additional nutritional elements was highly significant in the southern region of Brazil, explaining the higher productivity achieved in colonies managed

with AM handling compared to those managed with traditional methods. In this scenario, the shortening of the time required to add the first honey super could be the main contributor.

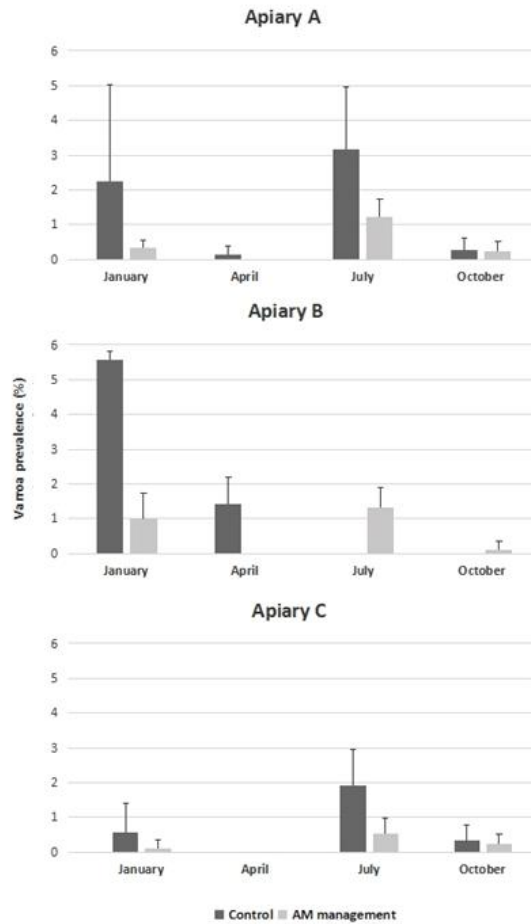
It is important to highlight that the majority of beekeeping research, which focused on enhancing honey production, was conducted using European bee lineages. While these methods can be applied to Africanized bees, they can be modified by optimizing the procedures. This is due to the fact that Africanized bees are more efficient at utilizing the food they consume and are less prone to contracting bee pathogens (Cappelari et al. 2009, Gusman-Novoa, 2020).

However, in Brazil, the infestation level of this mite has been less than 5% for the past 45 years, according to Castilhos et al. (2023), and it is not considered a disease affecting Brazilian apiculture.

The occurrence of *V. destructor* in africanized bees, which were subjected to control or AM management, throughout several months for each apiary, in this work, is represented in the Figure 4. The results showed that the variable "Apiary" did not have statistically significant impact on the varroa percentage in the beehives ($p = 0.137$). However, the variables "Management" and "Month" showed a statistically significant effect on the varroa infestation level in the beehives ($p = 0.000527$ and $p = 2.61e-05$, respectively).

Tukey's test revealed significant disparities in the infestation level of varroa across different levels of the "Month" factor. Specifically, the months of "July" and "January" exhibited a statistically significant association with higher percentages of *V. destructor*, whereas the months of "October" and "April" were associated with lower values.

Figure 4: Infestation level of *Varroa destructor* through time on distinct management and apiaries. In apiary B, the control group lost three colonies, and the two remaining colonies were quite weakened, making it impossible to determine de varroa infection from July.



To the best of our knowledge, this is the initial seasonal investigation conducted in the state of Rio Grande do Sul. Our study found that the colonies handled with the AM management methodology had a reduced infection of varroa compared to those treated with the traditional handling method. Several factors contribute to the prevalence of varroa in honey bee colonies, including the presence of bee larvae (which are necessary for the reproduction of the mites), the development time of worker pupae, hygienic behavior, reproductive capacity, handling techniques, as well as regional aspects such as climatic

conditions and acari genotypes (De Jong, 1996; Pokhrel, 2008; Gramacho and Gonçalves, 2009; Calderón et al., 2010; Moreira et al. 2017).

Nevertheless, Africanized bees possess a notable resilience to diseases, which results in low levels of infection by *V. destructor* and typically does not lead to noticeable harm to beekeeping operations (Moretto, 2002; Calderón et al., 2010). It is considered that this characteristic is the result of an adaptive process in this parasite-host relationship, since its arrival in Brazil, *V. destructor* has demonstrated a considerable reduction in the infestation rate of Africanized bee colonies in several locations of this country. Similar patterns were noted in the states of São Paulo, Santa Catarina (Moretto et al., 1995, Carneiro et al., 2007). It is crucial to emphasize that the state of Rio Grande do Sul contains haplotype K, which is regarded as the most aggressive haplotype for varroa (Octaviano-Salvadé et al 2017).

The handling techniques employed in this study likely played a role in the notable variations observed in the occurrence of varroa mite infestation across the colonies. Giacobino et al. (2014) found that in management techniques, the primary methods for controlling varroa infestations are queen replacement and nutritional supplements. The increased occurrence of the disease may have also impacted their productivity. While Africanized bee colonies are not typically at high risk from varrose, it can still cause a decline in their population and, consequently, honey production (Pokhrel, 2008). However, this study did not statistically evaluate this relationship. Take into account the data discussed above our findings support the conclusions drawn by other researchers regarding the advantages of implementing management practices to decrease varroa populations. Moreover, our data indicate the presence of seasonal fluctuations in our region, which may not be attributable to food availability but rather to an unidentified factor; for instance, in this investigation, we observed higher varroa indices during periods when the colonies were more robust.

CONCLUSIONS

The Aldo Machado handling method proved to be an easy, cheap and beneficial approach for maximizing honey productivity for africanized bees in the southern region of Brazil, reducing the time required to start production, and minimizing the occurrence of varroosis in Africanized bees. The provision of energy food supplementation to colonies plays a crucial role in enhancing productivity and ensuring the overall health of the colonies. Efforts must be focused on adequately teaching beekeepers and establishing standardized management procedures. However, there remains a significant knowledge gap about the necessary techniques for sustaining healthy bee colonies and ensuring consistent honey production in the long run.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptual idea, Data analysis and interpretation and Writing and editing: Almeida L.M. and Delgado-Cañedo A.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank beekeeper Aldo Machado dos Santos for sharing the method he developed over several years of beekeeping and for lending hives from two apiaries to help us develop this work. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001

REFERENCES

- ABELHA. Associação brasileira dos estudos das abelhas. Atlas da Apicultura no Brasil. 2022. Disponível em: <https://abelha.org.br/atlas-da-apicultura-no-brasil/>. Accessed in 15 January 2024.
- CALDERÓN, R. A. et al. Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Experimental and Applied Acarology*, 50: 281-297, 2010.
- CAPPELARI, F.A. et al. Africanized honey bees more efficiently convert protein diets into hemolymph protein than do Carniolan bees (*Apis mellifera carnica*). *Genetics and Molecular Research*, 8(4):1245-1249, 2009.
- CARNEIRO, F.E. et al. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson e Trueman) in africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in southern Brazil. *Neotropical entomology*, 36(6):949–952, 2007.
- CASTILHOS, D. et al. *Varroa destructor* infestation levels in Africanized honey bee colonies in Brazil from 1977 when first detected to 2020. *Apidologie* 54(5):1-16, 2023.
- CATANIA, P.; VALLONE, M. Application of a precision apiculture system to monitor honey daily production. *Sensors*, 20(7), 1-12, 2020.
- CORREIA-OLIVEIRA, M. E. et al. Manejo da Agressividade de Abelhas Africanizadas. Série Produtor Rural n° 13. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca, 2012. 38 p.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. *Bee World*, 77(2), 67-70, 1996.
- DOLORES-MIJANGOS, G. et al. Impact evaluation of apiculture activity in the Tehuantepec Isthmus, Oaxaca, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(2), 187-203, 2017.
- FAO. Food and agricultural organisation. Standard for honey. CXS 12-19811, Amended in 2019, 2022.
- FAO. Food and agricultural organisation. Honey Inf. Available at <http://www.fao.org/statistics/databases/en/> Accessed in: 7 December 2023.
- GAMEZ, S. et al. The Economic Analysis of Beekeeping Enterprise in Sustainable Development: A Case Study of Turkey. *Apiacta*, 38, 342-351, 2004.
- GIACOBINO, A. et al. Environment or beekeeping management: What explains better the prevalence of honey bee colonies with high levels of *Varroa destructor*? *Research in Veterinary Science*, 112,1-6, 2017.
- GRAMACHO, K.P.; GONÇALVES, L.S. Comparative study of the hygienic behavior of Carniolan and Africanized honey bees directed towards grouped versus isolated dead brood cells. *Genetic Molecular Research*. 8(2), 744-750, 2009.

- GUZMAN-NOVOA, E. et al. The Process and Outcome of the Africanization of Honey Bees in Mexico: Lessons and Future Directions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de Mel de abelha. IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>. Access in 15 January 2024.
- MARQUELE-OLIVEIRA, F. et al. Fundamentals of Brazilian Honey Analysis: An Overview. In: TOLEDO, V. A. A. (ed.). *Honey Analysis*. InTech, 2017. 378 p.
- MOREIRA, S. B. L. C. et al. Infestação do ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Semiárido potiguar, Nordeste do Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(1), 143-149, 2017.
- MORETTO, G. Mortality of *Varroa destructor* in broodless Africanized and Carnica honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Interciencia*, 27, 702-704, 2002.
- MORETO, G. et al. Reduction of Varroa Infestations in the State of Santa Catarina. Southern Brazil. *American Bee Journal*, 137(1), 67-68, 1995.
- OCTAVIANO-SALVADÉ, C.E. et al. A scientific note on genetic profile of the mite *Varroa destructor* infesting apiaries in Rio Grande do Sul state, Brazil. *Apidologie*, 48, 621–622, 2017.
- ODDIE, M. et al. Rapid parallel evolution overcomes global honey bee parasite. *Scientific Reports*, 8(1), 7704, 2018.
- PAIVA J.P.L.M. et al. On the Effects of Artificial Feeding on Bee Colony Dynamics: A Mathematical Model. *PLoS ONE* 11(11): e0167054, 2016.
- PAULA, M. F. et al. Dinâmica das exportações de mel natural brasileiro no período de 2000 a 2011. *Floresta e Ambiente*, 22(2), 231-238, 2015.
- POKHREL, S. The ecological problems and possible solutions of beekeeping in hills and terai of Chitwan, Nepal. *Journal of Agriculture and Environment*, 9, 23-33, 2008.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.
- SEAPI, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção sustentável e Irrigação, Radiografia da agropecuária gaúcha 2023. Available at: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202308/30084432-ebook-rag-2023.pdf>. Access in: 15 January 2024.
- SPERANDIO, G. Beekeeping and honey bee colony health: A review and conceptualization of beekeeping management practices implemented in Europe. *Science of The Total Environment*, 696, 133795, 2019.
- SPIVAK, M. et al. Honey production by Africanized and European honey bees in Costa Rica. *Apidologie*, 20(3), 207-220, 1989.

STATISTA. Leading producers of natural honey worldwide in 2021. Statista, Agriculture, Farming, 2023. Available online at: <https://www.statista.com/statistics/812172/global-top-producers-of-honey/#:~:text=In%202021%2C%20mainland%20China%20was,top%20five%20producers%20in%202021>. Access in: 15 January 2024.

TRADEMAP. Trade Statistics for International Business Development. Internacional Trade Center, 2023. Available online at: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1. Access in 15 January 2024.

WIESE, H.; SALOMÉ, J. A. Nova Apicultura. 10. ed. Guaíba: Agrolivros, 2020. 544p.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, buscou-se avaliar cientificamente uma técnica de manejo de alta produtividade de mel no município de São Gabriel – RS. Por meio dos resultados apresentados, concluiu-se que a técnica de manejo Aldo Machado para as colônias de abelhas africanizadas é uma abordagem simples, econômica e vantajosa quando comparada ao método tradicional, contribuindo para maximizar a produtividade do mel, reduzindo o tempo necessário para início da produção e minimizando a ocorrência de varrose nas colônias. Destaca-se que o fornecimento de suplementação alimentar energética empregado na técnica Aldo Machado desempenha um papel crucial no aumento da produtividade e na garantia da saúde geral das colônias.

A adoção de técnicas que possibilitem aumentar a produtividade é um aspecto fundamental no setor apícola brasileiro, considerando que se trata de um mercado em expansão. A apicultura tem um valor econômico, social e ecológico significativo, contribuindo para gerar renda de muitas famílias, oferecendo oportunidades de ocupação produtiva da mão de obra familiar no campo e atuando no equilíbrio e nas interdependências dos ecossistemas.

A padronização ainda não é observada nas pesquisas científicas e na legislação brasileira. Além disso, a baixa quantidade de pesquisas sobre o tema no Brasil reflete no nível tecnológico dos apiários e conseqüentemente no manejo da apicultura. Portanto, é necessária a realização de mais pesquisas e políticas públicas que ajudem na melhoria da apicultura no país. Os esforços devem ser concentrados no ensino adequado dos apicultores e no estabelecimento de procedimentos de gestão padronizados, a fim de superar as lacunas significativas de conhecimento sobre as técnicas necessárias para sustentar colônias de abelhas saudáveis e garantir uma produção consistente de mel a longo prazo.

Para finalizar, é importante salientar que, embora o método de manejo AM tenha se mostrado pelo menos duas vezes mais produtivo que o método padrão, a escolha do local do apiário é de grande importância na apicultura fixa; por exemplo, nos dados aqui apresentados, um apiário fixo numa floresta de eucalipto, usada na apicultura migratória, não ofereceu suporte nutricional suficiente para manter as colmeias, e a alimentação foi obrigatória para não perder as colmeias. Desta forma, destaca-se a importância do uso de mais de um apiário nas pesquisas que visem manejos destinados ao aumento da produtividade apícola.

REFERÊNCIAS

- ABELHA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESTUDOS DAS ABELHAS. **Atlas da Apicultura no Brasil**. A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira dos Estudos das Abelhas, 2023. Disponível em: <https://abelha.org.br/atlas-da-apicultura-no-brasil/>. Acesso em: 25 jan. 2024.
- ABEMEL. Dados estatísticos do Mercado de Mel: Ano de 2023. Associação Brasileira de Exportadores de Mel – ABEMEL, 2024. Disponível em: <https://www.brazilletsbee.com.br/2023.04.24%20-%20ABEMEL%20-%20Dados%20de%20Mercado%20MEL%20Jan-Mar%202023.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2024.
- AULER, J. W. O comércio de cera de abelha no mundo atlântico. **Jamaxi**, v. 4, n. 2, 2021.
- BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Modelo teórico para análise interdisciplinar de atividades humanas: A meliponicultura como atividade promotora da sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. e00202, 2020.
- BRAZIL LET'S BEE. **Relatórios Atuais**. 2023. Disponível em: <https://brazilletsbee.com.br/dados-setoriais.aspx>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Instrução normativa Nº11, de 20 de outubro de 2000. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel**. Brasília, DF, p.16-17, 2000.
- CAMARGO, R. C. R. *et al.* **Sistemas de produção: Produção de mel**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 138 p.
- CASTILHOS, D. *et al.* A survey of honey bee colony losses in Brazil in 2018-2019. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 5017-5041, 2021.
- CASTILHOS, D. *et al.* *Varroa destructor* infestation levels in Africanized honey bee colonies in Brazil from 1977 when first detected to 2020. **Apidologie**, v. 54, n. 1, p. 5, 2023.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Standard for honey CXS 12-19811**: Adopted in 1981. Revised in 1987, 2001. Amended in 2019, 2022. Disponível em: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012e.pdf. Acesso em: 20 fev. 2024.
- EMBRAPA. **Criação de abelhas: apicultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 113 p.
- EMBRAPA. **Integração abelhas com sistemas agrícolas**. Embrapa Informação Tecnológica, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-ambiente/abelhas-nativas/integracao-sistemas-agricolas>. Acesso em: 28 jan. 2024.
- FAO. **Food and agricultural organization**. Standard for honey. CXS 12-19811, Amended in 2019, 2022.

FPA. **Apicultura Brasileira**. Frente Parlamentar Agropecuária (FPA), 2023. Disponível em: <https://fpagropecuaria.org.br/2023/06/20/apicultura-brasileira/#:~:text=O%20Rio%20Grande%20do%20Sul,%2C%20com%20925%2C6%20toneladas>. Acesso em: 20 jan. 2024.

FRAZIER, M. *et al.* Ecology and management of African honey bees (*Apis mellifera* L.). **Annual Review of Entomology**, v. 69, p. 439-453, 2024.

GUEZ, M. A. E. *et al.* Estudo prospectivo de produtos derivados do mel associado ao álcool e tecnologias correlatas sob o enforque em documentos de patentes. **Cadernos de Prospecção**, v. 6, n. 2, p. 115-124, 2013.

GONÇALVES, L. S. *et al.* Beekeeping in Brazil. In: SPIVAK, M. *et al.* **The african Honey Bee**. New York: CRC Press, 2019.

GONÇALVES, L. S. The Introduction of the African Bees (*Apis mellifera adansonii*) into Brazil and Some Comments on their Spread in South America. **American Bee Journal**, v. 114 (11), p. 414-416. 1974.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. ISSN: 0101-4234.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Mel de abelha**. IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>. Acesso em: 18 mar. 2024.

JAFFÉ, R. *et al.* Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. **PloS one**, v. 10, n. 3, p. e0121157, 2015.

KAHANE, F. *et al.* Motivations underpinning honeybee management practices: A Q methodology study with UK beekeepers. **Ambio**, v. 51, n. 10, p. 2155-2168, 2022.

KERR, W. E. The history of the introduction of African bees to Brazil. **South African Bee Journal**, v. 39, p. 3-5, 1967.

MARQUELE-OLIVEIRA, F. *et al.* Fundamentals of Brazilian Honey Analysis: An Overview. In: TOLEDO, V. A. A. (ed.). **Honey Analysis**. InTech, 2017. 378 p.

MICHENER, C. D. The Brazilian bee problem. **Annual Review of Entomology**, v. 20, p. 399-416, 1975. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.20.010175.002151>

PAZIN, W. M. *et al.* Antioxidant activities of three stingless bee propolis and green propolis types. **Journal of Apicultural Research**, v. 56, n. 1, p. 40-49, 2017.

REIS, V. D. A.; BARROS, L. P. **Apicultura e Bovinocultura de Corte: Comparativo Econômico da Implantação Hipotética dessas Atividades no Pantanal**. Corumbá, Brasil: Embrapa Pantanal, 2006.

SENAR. **Manejo e qualificação são fatores primordiais para o sucesso da apicultura**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, 2017.

Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/manejo-e-qualifica%C3%A7%C3%A3o-s%C3%A3o-fatores-primordiais-para-o-sucesso-da-apicultura>. Acesso em: 5 fev. 2024.

SHUBHARANI, R. *et al.* Pollen morphology of selected bee forage plants. **Global Journal of Bio-Science and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 82-90, 2013.

SOUSA, J. M. B. *et al.* Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 645-651, 2016.

SOUZA, P. M.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Apitoxin: use of *Apis mellifera* bee poison. **PubVet**, v. 13, n. 8, a390, p. 1-8, 2019.

STATISTA. **Leading producers of natural honey worldwide in 2022**. Statista, Agriculture, Farming, 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/812172/global-top-producers-of-honey/#:~:text=In%202022%2C%20mainland%20China%20was,top%20five%20producers%20in%202022>. Acesso em: 5 fev. 2024.

TRADEMAP. **Trade Statistics for International Business Development**. Internacional Trade Center, 2023. Disponível em: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=%7c%7c%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c%7c1. Acesso em: 15 jan. 2024.

TREVISOL, G. *et al.* Panorama econômico da produção e exportação de mel de abelha produzidos no Brasil. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 13, n. 3, p. 352-368, 2022.

VERCELLI, M. *et al.* A qualitative analysis of beekeepers' perceptions and farm management adaptations to the impact of climate change on honey bees. **Insects**, v. 12, n. 3, p. 228, 2021.

WAKGARI, M.; YIGEZU, G. Honeybee keeping constraints and future prospects. **Cogent Food & Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 1872192, 2021.

WIESE, H.; SALOMÉ, J. A. **Nova Apicultura**. 10. ed. Guaíba: Agrolivros, 2020.

WOLFF, L. F.; GOMES, J. C. C. Beekeeping and agroecological systems for endogenous sustainable development. **A Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, n. 4, p. 416-435, 2015.