

INTEGRAÇÃO ENTRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS E MELIPONICULTURA COMO ESTRATÉGIA DE RESILIÊNCIA ECOLÓGICA FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Weverton Filgueira Pacheco¹; Thais Valéria Souza Silva Pacheco²; Reysi Jhayne Pegorini³; Gabriela Luz Pereira Moreira⁴; Josilda Cavalcante Amorim Damasceno⁵; Florisval Protásio da Silva Filho⁶; Eduardo de Souza Moreira⁷; Frederico Augusto Abrantes Souza⁸; Taciana de Almeida Silva⁹; Pablo Emanuel Martins Lima¹⁰

RESUMO

A integração de sistemas agroflorestais com a meliponicultura constitui uma estratégia inovadora para fortalecer a resiliência dos agroecossistemas em face das mudanças climáticas. As abelhas sem ferrão desempenham papel essencial na manutenção da biodiversidade e na estabilidade produtiva por meio da polinização, favorecendo diretamente a segurança alimentar e a conservação dos ecossistemas. Paralelamente, os SAFs contribuem para a regulação hídrica, o sequestro de carbono e a criação de microclimas mais estáveis, fatores determinantes para a sobrevivência e produtividade das colônias de abelhas. O presente estudo, conduzido no IFMA – Campus Grajaú, avaliou o desenvolvimento colonial de *Melipona flavolineata* e *Melipona fasciculata* em caixas racionais instaladas em ambiente agroflorestal, em comparação a colônias mantidas em meliponário convencional, além de avaliar os benefícios da integração entre os sistemas de produção, a resiliência ecológica e a produtividade de colmeias alocadas em caixas racionais na agrofloresta. O sucesso do desenvolvimento das colônias depende diretamente do controle da temperatura dentro da colmeia e a consequência disso é o crescimento do enxame, sendo que a utilização de uma caixa em ambiente natural e protegido como um sistema agroflorestal, faz com que as abelhas gastem menos tempo e recursos mantendo a temperatura da colônia. As abelhas apresentaram resiliência em condições de temperatura moderadamente elevada e alta umidade, mas revelou forte declínio fisiológico em cenários de calor extremo e baixa umidade. A intensificação de eventos climáticos extremos representa um risco para a meliponicultura, sendo essencial a integração entre pesquisa científica e práticas sustentáveis de conservação.

Palavras-Chaves: Abelhas nativas; Serviços Ecológicos; Resiliência Climática.

¹Doutor, Professor e Pesquisador do IFTO; E-mail: weverton.pacheco@ifto.edu.br.

²Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal do Tocantins; E-mail: tvaleria_18@hotmail.com.

^{3 a 7}Mestres e Doutores; Professores do Curso de Agropecuária do IFMA; E-mail: reysi.pegorini@ifma.edu.br

^{8 a 10}Estudantes e Técnicos do Curso de Agropecuária do IFMA; E-mail: taciana.almeida@acad.ifma.edu.br

INTRODUÇÃO

A intensificação das mudanças climáticas tem alterado profundamente os ecossistemas naturais e agrícolas, impondo desafios à produção de alimentos e à conservação da biodiversidade. O aumento da frequência de secas, ondas de calor e eventos climáticos extremos repercute diretamente sobre os polinizadores, grupo essencial para a reprodução de aproximadamente 75% das culturas alimentares do mundo (Roubik, 2006).

Entre os polinizadores, as abelhas sem ferrão (Meliponini) se destacam por sua elevada eficiência de polinização, diversidade de espécies e importância cultural em comunidades tradicionais. Contudo, esses insetos sociais apresentam alta sensibilidade às variações climáticas, especialmente em relação à disponibilidade hídrica e à regulação térmica interna das colônias (Maia-Silva et al., 2020; Nacko et al., 2023).

Nesse cenário, os sistemas agroflorestais (SAFs) representam alternativas produtivas que conciliam conservação ambiental e geração de renda. Sua estrutura diversificada de estratos vegetais contribui para a melhoria da infiltração de água, a ciclagem de nutrientes, a proteção contra erosão e a criação de microclimas mais estáveis (Nair et al., 2009). Quando associados à meliponicultura, os SAFs fornecem uma oferta contínua de recursos florais e condições ambientais favoráveis, ampliando a sobrevivência e o desempenho das colônias.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento colonial, a resiliência ecológica e a produtividade de colmeias de abelhas sem ferrão alocadas em caixas de criação racional de abelhas sem ferrão em um SAF implantado no IFMA – Campus Grajaú, relacionando seus resultados às estratégias de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Campus Grajaú, localizado na região centro-sul do estado do Maranhão, utilizando as instalações das unidades produtivas de Produção Animal e Vegetal. O projeto teve início com um treinamento abrangente de toda a equipe sobre o desenvolvimento e funcionamento de um Sistema Agroflorestal e métodos de criação na Meliponicultura. Posteriormente, foi utilizado no Campus um modelo de produção baseado nos princípios do Sistema Agroflorestal. A área destinada à implementação da integração entre o Sistema Agroflorestal e a Meliponicultura era de 30 metros de largura por 35 metros de

comprimento. As plantas disponíveis no herbário, viveiro e sementeira de mudas na implantação do Sistema Agroflorestal foram Ipês, Acácia, Mamoeiro, Mangueira, Limoeiro, Abacateiro, Amoreira, Aceroleira, Pinha ou Ateira, Graviroleira, Cacaueiro, Jussara, Alfaces, Couve, Pimentinhas, Coentro, Cebolinha, Agrião e Rúculas, dentre outras. O experimento conduzido com as abelhas consistiu em transferir colmeias de abelhas sem ferrão da espécie Uruçu Amarela (*Melipona flavolineata*) e Tiúba do Maranhão (*Melipona fasciculata*), alocadas em caixas de criação racional do modelo INPA, para dentro do Sistema Agroflorestal e avaliar o desenvolvimento colonial das espécies de abelhas alocadas nas caixas de criação racional dentro do SAF. Para monitorar o desenvolvimento colonial, as caixas com enxames foram pesadas a cada 15 dias, entre setembro/2024 e março/2025 (6 meses), utilizando uma balança de precisão de 10 kg. Essa metodologia minimamente invasiva permite avaliar a adaptação das abelhas sem ferrão ao ambiente de criação, registrando variações no peso total da colônia (incluindo ninho, potes de pólen, mel e invólucros). Nas colmeias foram adicionados termômetros para medição de temperatura interna e microcopos medidores de 10,0 mL para medição do consumo diário de água dentro da colmeia pelas abelhas. Ao mesmo tempo colônias de Tiúba do Maranhão (*Melipona fasciculata*) foram expostas a três condições de estudo: T1: Colmeia a sombra no laboratório (Controle) com aproximadamente 28 °C de temperatura, 75% de umidade relativa do ar; T2: Colmeia a sombra em condições de campo com média de 32 °C, 70% UR; T3: Colmeia a sol pleno em condições de campo com média de 36 °C, 55% UR. Os parâmetros avaliados durante os 180 dias de estudo foram: Taxa de sobrevivência das operárias (% de abelhas vivas após 72h pós nascimento); Consumo de água (mL/dia por colônia) e Taxa de emergência de crias (% de operárias emergidas em relação ao número de células desfeitas pelas operárias). Dos resultados obtidos foram calculados as médias e desvio padrão por meio de planilhas do software Excel do Office 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de caixas de criação racional utilizados nessa pesquisa foram desenvolvidos para que os espaços ocupados fossem suficientes para o desenvolvimento colonial dos discos de crias para abelhas urucu, que podem variar de acordo com a literatura de 16 a 18 cm de perímetro (Villas-Boas, 2012). O formato escolhido foi o quadrado para que na região central do ninho fossem alocados os invólucros e as células

de cria, e nas regiões periféricas e vértices tivesse disponibilidade para o armazenamento de potes de alimentos.

Em relação aos pesos das colmeias, os resultados mostram que as caixas em que foram alocadas com as abelhas no Sistema Agroflorestal apresentaram maior peso que as caixas que permaneceram no Meliponário. Visivelmente, o desenvolvimento colonial das duas espécies de abelhas (Uruçu amarela e Uruçu cinzenta) foi superior nas caixas alocadas na Agrofloresta quando comparado as caixas que permaneceram no Meliponário, por avaliação do aspecto dos enxames foi possível verificar maior área de crias e maior armazenamento de alimentos nessas caixas do Sistema Agroflorestal.

A caixa que foi para agrofloresta com a colônia de Uruçu Amarela (*Melipona flavolineata*) apresentou um peso médio da região de ninho e melgueira de 2,216 kg, e a caixa que ficou no meliponário com Uruçu amarela teve um peso médio de 1,953 kg. Já no caso de Uruçu cinzenta (*Melipona fasciculata*), a caixa que foi para agrofloresta apresentou um peso médio de 2,430 kg na região de crias e potes de alimento, enquanto a caixa que ficou no meliponário teve um peso médio de 2,182 kg. Essa diferença representa um ganho médio de cerca de 12%, indicador direto de maior resiliência e produtividade das colônias (Tabela 1).

Tabela 1 – Peso médio das colmeias de uruçu amarela e uruçu cinzenta

Espécie de Abelha	Peso Médio das Colmeias	
	Agrofloresta	Meliponário
Uruçu Amarela	2,216 kg	1,953 kg
Uruçu Cinzenta	2,430 kg	2,182 kg

Fonte: próprio autor.

O desenvolvimento colonial é uma característica importante de desenvolvimento para os insetos sociais, nas colmeias de abelhas sem ferrão existem múltiplos indicadores relacionados ao tamanho das colônias, o número de abelhas adultos, quantidade de crias, estoque de alimento, atividade externa, tempo de vida dos animais adultos, entre outros fatores (Roubik, 2006). Em um ambiente natural como o sistema agroflorestal, as abelhas apresentam melhor desenvolvimento que em um ambiente coletivo, como um meliponário, nesses ambientes naturais há uma relação mutualística, por meio da polinização (coleta de néctar e pólen; fertilização cruzada) que beneficia tanto as abelhas quanto as plantas (Da Silva Viana et al., 2021).

Além disso a prática de criação racional de abelhas nativas, enfrenta desafios crescentes devido às ondas de calor e à maior variabilidade climática (Papanikolaou et al., 2017). Como as abelhas sem ferrão são conhecidas por interromper o comportamento de forrageamento e permanecer no ninho durante extremos de calor (Maia-Silva et al., 2020), às propriedades isolantes e o ambiente circundante imediato do local do ninho provavelmente são fatores importantes que afetam sua sobrevivência durante eventos de calor (Nacko et al., 2023). Temperaturas elevadas aumentam a necessidade de termorregulação das áreas de crias, realizada pelas abelhas melíferas por meio de ventilação (uso elevado das reservas de energia) por meio do batimento de asas, reduzindo sua eficiência na coleta de alimento e na polinização (Lindauer, 1954). Esse esforço adicional pode enfraquecer as colônias, diminuir a coleta de recursos, a produção de mel e, em casos extremos, levar à morte das abelhas (Maia-Silva et al., 2020).

Trabalhos com espécies congênicas em ambientes secos documentam estratégias comportamentais e limites na capacidade de enfrentar secas severas (por exemplo, *Melipona subnitida*), e levantamentos regionais recentes mostram perdas importantes de colônias de meliponicultores na América Latina, sugerindo que eventos climáticos extremos e fatores associados podem contribuir para mortalidades e perdas de colônias (REQUIER et al., 2024). Outro ponto relevante é demonstrado no estudo prático conduzido no laboratório e campo, apesar de *Melipona fasciculata* apresenta tolerância intermediária ao estresse hídrico-térmico, sofre declínio significativo em condições extremas (Tabela 2).

Tabela 2 – Respostas fisiológicas de *Melipona fasciculata* em diferentes condições experimentais.

Condição experimental	Temperatura interna (°C)	Sobrevivência de abelhas (%)	Consumo de água (mL/dia)	Emergência de crias (%)
T1: Laboratório	28,0	95,4 ± 2,2	3,1 ± 0,4	92,1 ± 3,4
T2: Campo sombra	31,4	88,3 ± 4,3	4,2 ± 0,5	88,5 ± 2,1
T3: Campo a sol pleno	34,6	60,1 ± 5,1	7,3 ± 0,7	68,3 ± 5,2
Média	31,3	81,2	4,5	82,7

Fonte: próprio autor.

Observa-se que a sobrevivência e a emergência de crias foram significativamente reduzidas em T2 e T3, indicando que temperaturas acima de 31°C associadas à baixa umidade comprometem o desenvolvimento larval e a manutenção da colônia. A plasticidade apresentada em condições intermediárias, contudo, sugere que a *Melipona fasciculata* pode manter desempenho satisfatório em ambientes manejados que ofereçam microclimas mais estáveis.

CONCLUSÕES

O sucesso do desenvolvimento das colônias na região de crias depende diretamente do controle da temperatura dentro da colmeia e a consequência disso é o crescimento do enxame, sendo que a utilização de uma caixa em ambiente natural e protegido como um sistema agroflorestal, faz com que as abelhas gastem menos tempo e recursos mantendo a temperatura da colônia constante e conseqüentemente, seu desenvolvimento colonial pôde ser superior quando comparado as caixas que permaneceram no meliponário, resultado que foi observado nas duas espécies de abelhas.

A *Melipona fasciculata* apresentou resiliência em condições de temperatura moderadamente elevada e alta umidade, mas revelou forte declínio fisiológico em cenários de calor extremo e baixa umidade. Esses resultados reforçam a necessidade de práticas de manejo adaptativo, como sombreamento de colmeias, oferta suplementar de água e escolha de locais estratégicos para instalação dos meliponários. Conclui-se que a intensificação de eventos climáticos extremos representa um risco para a meliponicultura, sendo essencial a integração entre pesquisa científica e práticas sustentáveis de conservação.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a PRPGI do IFMA pelas oportunidades em pesquisas e ao IFMA Campus Grajaú pelo espaço para o desenvolvimento da pesquisa nas unidades produtivas e nos laboratórios do Campus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORTOPASSI-LAURINO, M. et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, v. 37, n.2, p. 275-292, 2006.

DA SILVA VIANA, Ana Paula et al. Meliponiculture in agroforestry systems in Belterra, Pará, Brazil. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 9, 2021.

GIANNINI, T. C.; COSTA, W. F.; BORGES, R. C.; MIRANDA, L.; et al. Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected. **Regional Environmental Change**, v. 20, 2020.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Edusp, 2012.

LINDAUER, Martin. Temperaturregulierung und wasserhaushalt im bienenstaat. **Zeitschrift für vergleichende Physiologie**, v. 36, p. 391-432, 1954. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00345028>. Acesso em 25/04/2025.

MAES et al., 2021. Overwintering Honey Bee Colonies: Effect of Worker Age and Climate on the Hindgut Microbiota. **Insects** 2021, 12(3), 224; <https://doi.org/10.3390/insects12030224>.

MAIA-SILVA, Camila et al. Stingless bees (*Melipona subnitida*) overcome severe drought events in the Brazilian tropical dry forest by opting for high-profit food sources. **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 595-603, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-019-00756-8>. Acesso em: 25/04/2025.

NACKO, Scott et al. Heat stress survival and thermal tolerance of Australian stingless bees. **Journal of Thermal Biology**, v. 117, p. 103671, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456523002127>. Acesso em 25/04/2025.

NAIR, P. K. R. et al. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 172(1), 10-23, 2009.

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: **Nogueirapis**, 1997.

OLIVEIRA, R. C. et al. Foraging and drifting patterns of the highly eusocial neotropical stingless bee *Melipona fasciculata* assessed by radio-frequency identification tags. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 2021.

PAPANIKOLAOU, Alexandra D. et al. Semi-natural habitats mitigate the effects of temperature rise on wild bees. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 2, p. 527-536, 2017.

Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.12763>. Acesso em 25/04/2025.

REQUIER, F. et al. First large-scale study reveals important colony losses of managed honey bees and stingless bees in Latin America. **Scientific Reports**, v. 14, 10079, 2024.

RIBEIRO, M. F. M. et al. **Agroecologia: princípios, técnicas e aplicação**. Embrapa; 2017.

ROUBIK, D. W. Stingless bee nesting biology. **Apidologie**, 37(2), 124-143, 2006.

VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. 2. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 60 p.

VILLAS-BOAS, J. **Manual Tecnológico: Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília, DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012, 96 p. (Série Manual Tecnológico).

VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, R. et al. Honey production and pollination services provided by the stingless bee *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini) in an agricultural landscape in El Salvador. **Journal of Economic Entomology**, 113(1), 347-356, 2020.