



Scientific Electronic Archives

Issue ID: Vol.19 (5), Set/Oct 2026, p. 1-8

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/19520262260>

+ Corresponding author: nadisonbs@gmail.com

Abelhas sociais manejadas e polinização agrícola: importância ecológica, produtiva e desafios para a sanidade das colônias

Managed social bees and agricultural pollination: ecological and productive importance and challenges for colony health

Nadison Barbosa Santana +, Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva, Geni da Silva Sodré, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Resumo. As abelhas sociais manejadas desempenham papel fundamental na polinização, com influência direta sobre a produtividade agrícola e a qualidade de frutos e sementes, além de contribuírem para a sustentabilidade ambiental. Esta revisão analisou a contribuição da apicultura e da meliponicultura para a polinização dirigida e o rendimento de cultivos, discutindo os desafios relacionados à sanidade das colônias. A análise abrange a relevância socioeconômica dessas atividades, os sistemas de manejo e os impactos de fatores bióticos e abióticos na saúde desses insetos. Práticas sustentáveis, controle sanitário e estratégias de conservação são essenciais para a eficiência dos agroecossistemas e a preservação das populações de abelhas.

Palavras-chave: apicultura, agroecossistemas, conservação, meliponicultura, serviços ecossistêmicos.

Abstract. Managed social bees play a fundamental role in pollination, directly influencing agricultural productivity and fruit and seed quality, while also contributing to environmental sustainability. This review analyzed the contribution of beekeeping and meliponiculture to managed pollination and crop yields, while discussing the challenges related to colony health. The analysis covers the socioeconomic relevance of these activities, management systems, and the impacts of biotic and abiotic factors on bee health. Sustainable practices, sanitary management, and conservation strategies are essential for the efficiency of agroecosystems and the preservation of bee populations.

Keywords: apiculture, agroecosystems, conservation, meliponiculture, ecosystem services.

Introdução

As abelhas (Hymenoptera: Apoidea), polinizadoras de extrema relevância ecológica, originaram-se no Cretáceo Inferior (Almeida *et al.*, 2023). São conhecidas mais de 20.000 espécies distribuídas em sete famílias (Ascher; Pickering, 2024). Apresentam distribuição global, com exceção da Antártida, e ocupam tanto ecossistemas naturais quanto agroecossistemas. Sua riqueza de espécies concentra-se particularmente em zonas áridas e temperadas (Orr *et al.*, 2021), configurando-se como o grupo de insetos dependentes de recursos florais mais diversificado (Pinheiro *et al.*, 2014). Utilizam o néctar como fonte de carboidratos e o pólen de proteínas e lipídios, o que as torna visitantes frequentes das flores (Brodschneider; Crailsheim, 2010).

O êxito ecológico decorre de sua diversidade morfológica, comportamental e

anatômica, como as peças bucais adaptadas à coleta de néctar e pólen e os pelos plumosos que favorecem o transporte de pólen (Wang *et al.*, 2021). Além disso, possuem adaptações sensoriais notáveis, como a visão tricromática com sensibilidade ao ultravioleta, a qual possibilita a detecção de padrões florais invisíveis ao olho humano (Hempel de Ibarra; Vorobyev; Menzel, 2014). Essa combinação de características, associada à diversidade de sistemas sociais, desde espécies solitárias até aquelas eussociais, constitui um fator determinante para sua eficiência como polinizadores (Eskov, 2014).

Em virtude dessa estreita associação com os recursos florais, as abelhas são reconhecidas como bioindicadoras da qualidade ambiental. A composição e a estrutura de suas comunidades refletem diretamente a integridade do habitat, uma vez que exibem maior riqueza e equitatividade em

áreas preservadas (Lima et al., 2023). Seu papel relevante, entretanto, é a polinização, um processo ecológico essencial para a reprodução sexuada das angiospermas, que consiste na transferência de grãos de pólen da antera para o estigma (Abrol, 2012).

Sob essa perspectiva, as abelhas estão associadas à melitofilia, considerada a síndrome de polinização por excelência (Pinheiro et al., 2014; Rech; Avila Jr.; Schlindwein, 2014), e figuram entre os principais polinizadores bióticos, responsáveis por benefícios diretos às plantas, como o incremento na produção de frutos e sementes, a ampliação da variabilidade genética e o aumento da viabilidade reprodutiva (Hristov et al., 2020b).

A diversidade de espécies é, portanto, fundamental para assegurar a eficiência e a resiliência desse serviço ecossistêmico, o que reitera sua relevância tanto em sistemas naturais quanto em contextos agrícolas (Vallejo-Marín, 2019; Witter et al., 2014).

Diante disso, objetivou-se, nesta revisão, analisar a contribuição das abelhas sociais manejadas para a polinização agrícola dirigida e para a produtividade dos cultivos, bem como discutir os principais desafios relacionados à sanidade das colônias.

Contextualização e análise

Papel das abelhas nos sistemas agrícolas

A polinização é um processo crucial tanto na agricultura intensiva quanto na extensiva (Khalifa et al., 2021), visto que é determinante para a produção de diversas culturas (Katumo et al., 2022; Porto et al., 2020). No Brasil, as abelhas estão associadas a 132 cultivos (92%), com atuação como polinizadoras confirmadas em 91 e exclusivas em 74 (Wolowski et al., 2019).

Nesse contexto, a eficiência da polinização agrícola depende diretamente da frequência de visitação floral. Segundo Santana et al. (2025), esse serviço mediado por abelhas é indispensável para a produção em escala global, especialmente em cultivos cuja produtividade é limitada pela baixa atratividade de suas flores e pela consequente escassez de polinizadores.

Nesse cenário, culturas de relevância econômica apresentam incrementos na frutificação, no rendimento e na qualidade dos produtos. Esse impacto positivo é observado no café (*Coffea arabica*) (Moreaux et al., 2022), na soja (*Glycine max*) (Gazzoni et al., 2025), na maçã (*Malus domestica*) (Eeraerts et al., 2025), em citros (*Citrus* spp.) (Monasterolo et al., 2024), no girassol (*Helianthus annuus*) (Ferguson et al., 2024), no algodão (*Gossypium hirsutum*) (Muhammad et al., 2020) e na melancia (*Citrullus lanatus*) (Costa et al., 2025), entre outros cultivos beneficiados por esse serviço (Wolowski et al., 2019).

No âmbito da agricultura familiar e de subsistência, esse serviço ecossistêmico contribui para a diversificação produtiva e para o fortalecimento da segurança alimentar (Gemim;

Silva, 2017), com destaque para sistemas hortícolas (Divekar; Mishra; Kumar, 2024). Sua importância estende-se também a sistemas pecuários sustentáveis, como os sistemas silvipastoris com leguminosas forrageiras, nos quais favorece a formação de sementes (Sanchez; Arango; Burkart, 2021).

Em sistemas de produção orgânica que incorporam faixas florais, verifica-se maior disponibilidade e diversidade funcional de recursos, o que beneficia diretamente as abelhas (Sztár et al., 2022). Nesse sentido, o uso de produtos biológicos em sistemas integrados de manejo pode favorecer maior visitação de abelhas às flores da soja, com reflexos positivos na produtividade da cultura (Gazzoni; Ganem, 2025).

Impacto econômico

A polinização biótica contribui com valores estimados entre US\$ 235 e 577 bilhões anuais para a agricultura global (Potts et al., 2016). Na América Latina, a polinização por insetos responde por cerca de US\$ 22,95 bilhões anuais, com as abelhas responsáveis pela maior parcela desse serviço e participação superior a 80% na polinização de culturas agrícolas (Basualdo et al., 2022).

De acordo com Reilly et al. (2020), a polinização realizada por abelhas melíferas representa um serviço ecossistêmico de elevada relevância econômica, movimentando aproximadamente US\$ 6,4 bilhões anuais nos Estados Unidos em sete culturas agrícolas, entre elas maçã (*Malus pumila*), mirtilo (*Vaccinium corymbosum*), cereja doce (*Prunus avium*), cereja azeda (*Prunus cerasus*), amêndoa (*Prunus dulcis*), melancia (*Citrullus lanatus*) e abóbora (*Cucurbita pepo*).

Em razão dessa relevância, o manejo integrado, fundamentado na utilização conjunta de diferentes espécies de abelhas (Freitas; Bezerra, 2024; Witter et al., 2014), pode ampliar a eficiência desse serviço ecossistêmico. Segundo Hünicken et al. (2022), a combinação entre *Apis mellifera* e outras espécies manejadas promove incremento médio de aproximadamente 22% na produtividade das culturas em comparação ao manejo realizado com uma única espécie, o que reforça os benefícios da diversificação funcional.

Abelhas sociais manejadas

As abelhas sociais manejadas compreendem espécies nativas e exóticas criadas racionalmente para diferentes finalidades ecológicas, culturais e produtivas (Nogueira et al., 2023; Silva et al., 2020).

Apicultura

A apicultura, centrada na espécie *Apis mellifera*, posiciona-se como a principal atividade de criação racional de abelhas em escala global. Seu comportamento generalista favorece a interação com uma variedade de plantas cultivadas e silvestres, o que caracteriza *A. mellifera* como a

espécie polinizadora manejada mais utilizada em sistemas agrícolas (Aslan *et al.*, 2016). Entre 1961 e 2017, o número de colônias aumentou quase 85% (Phiri; Fèvre; Hidano, 2022), e atingiu 102 milhões de colmeias em 2022, o que representa um crescimento de 76,3% em relação ao ano 2000 (Popescu *et al.*, 2024).

Segundo Lima Neto (2025), no Brasil, estima-se aproximadamente 101 mil apiários registrados e mais de 2 milhões de colmeias. A Região Sul concentra a maior parte dos apiários, seguida pelo Nordeste, com destaque para os estados do Piauí e da Bahia. A Região Sudeste também apresenta participação relevante, especialmente em Minas Gerais e São Paulo, enquanto Centro-Oeste e Norte apresentam menor presença no setor.

Esse sistema gera uma grande variedade de produtos, como mel, própolis, cera, geleia real e apitoxina, utilizados pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Prodanović *et al.*, 2024), com relevância social, econômica e ambiental no contexto da cadeia apícola. Contudo, persistem lacunas relacionadas à gestão da atividade, à valoração econômica dos serviços ecossistêmicos e à consolidação de mercados, o que reforça a necessidade de estudos que integrem diferentes dimensões científicas, ambientais e produtivas (Sousa Júnior *et al.*, 2024).

Meliponicultura

A meliponicultura, voltada à criação de abelhas sem ferrão, conhecidas como meliponíneos (Meliponini), constitui uma prática tradicional, ecológica e cultural, presente em regiões tropicais e subtropicais, com destaque para a América Latina, o Sudeste Asiático e a África (Venturieri *et al.*, 2012). Praticada por povos indígenas das Américas desde a era pré-colombiana, baseia-se no uso de cortiços, troncos ocos ou caixas racionais adaptadas às particularidades biológicas dessas espécies (Jones, 2013).

O Brasil figura entre os principais centros de diversidade dessas abelhas, com ao menos 251 espécies identificadas, conforme o Catálogo Moure (2022). No que se refere àquelas efetivamente manejadas ou com potencial de criação, o Atlas da Meliponicultura (A.B.E.L.H.A., 2023), que contempla 93 táxons selecionados, apresenta a seguinte distribuição regional: Região Norte (60 registros), Nordeste (49), Centro-Oeste (44), Sudeste (41) e Sul (28). Esses dados, contudo, não refletem diretamente a distribuição da criação, uma vez que não existem levantamentos sistematizados sobre o número de meliponários ou colônias. Essa limitação relaciona-se à diversidade de espécies, técnicas de manejo e contextos regionais que caracterizam a meliponicultura brasileira (Venturieri *et al.*, 2012).

Essa lacuna, entretanto, não impede a identificação de sinais de expansão do setor. Em São Paulo, há aproximadamente 2.978 meliponários autorizados e mais de 55 mil colônias, distribuídas entre cerca de 75 espécies (Agência de Notícias do

Governo do Estado de São Paulo, 2025). No Paraná, iniciativas institucionais, como o programa Poliniza Paraná, contabilizam ao menos 205 unidades implantadas em áreas urbanas e unidades de conservação (Governo do Estado do Paraná, 2025). No Rio Grande do Sul, levantamento realizado por Ambrosini *et al.* (2023) identificou cerca de 16.209 famílias envolvidas com a meliponicultura e mais de 80 mil colônias distribuídas em propriedades rurais.

Esses dados, contudo, representam parte da realidade, uma vez que muitos meliponicultores atuam sem registro formal. De acordo com Santos *et al.* (2021), a ausência de regularização e de dados oficiais limita a avaliação de parâmetros e tendências do setor e compromete a formulação de indicadores e políticas públicas. Nesse contexto, observa-se a consolidação dessa prática como uma atividade em expansão, que abrange múltiplas dimensões científicas, socioambientais e produtivas (Amaral; Carniatto, 2025). Seu caráter ecológico, social, econômico e cultural também evidencia seu potencial para gerar renda, favorecer a conservação das abelhas nativas e contribuir para a sustentabilidade dos agroecossistemas (Lazarino *et al.*, 2021; Rebouças *et al.*, 2022).

Polinização dirigida e sistemas de manejo

Na agricultura moderna, a polinização dirigida consiste na inserção estratégica e no acompanhamento técnico de colônias de abelhas em áreas de cultivo durante a floração, com o objetivo de assegurar uma densidade adequada de polinizadores e favorecer a eficiência da polinização (Wolff *et al.*, 2022).

Essa prática opera pelo modelo fixista, que mantém as abelhas em uma única área para explorar os recursos florais do entorno (Felipe Neto; Amaral; Sousa, 2022), e pelo modelo migratório, que desloca as colmeias ao longo do tempo, acompanhando as floradas (Pavlin; Marinč; Prešern, 2025).

O modelo migratório associa-se diretamente ao aluguel de colmeias, prática consolidada em países de agricultura intensiva. Nos Estados Unidos, por exemplo, essa atividade constitui uma das principais fontes de renda dos apicultores. Em 2024, produtores agrícolas destinaram mais de US\$ 400 milhões à contratação desse serviço, o que cobriu cerca de 690 mil hectares (1,7 milhão de acres) (Yeh; Abadam, 2025). Diante disso, a polinização, além de constituir um serviço ecossistêmico, passa a integrar as cadeias produtivas como um serviço tecnicamente manejado e economicamente remunerado, inclusive em sistemas associados à agricultura de precisão (Evans *et al.*, 2026).

No Brasil, sua adoção é limitada quando comparada a países nos quais essa prática já se encontra consolidada. Segundo Rocha (2022), os principais entraves envolvem a baixa mecanização no transporte de colmeias, a desvalorização econômica do serviço, a ausência de padronização

do manejo e a limitada integração entre produtores rurais e apicultores. Soma-se a isso a permanência de práticas técnicas desatualizadas, que comprometem a eficiência operacional e dificultam a expansão da atividade.

A superação dessas limitações não depende apenas de avanços técnicos, mas também do fortalecimento da integração entre os agentes da cadeia produtiva. O Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG, 2022) tem enfatizado, em suas iniciativas institucionais, a adoção de protocolos de manejo, a melhoria da comunicação entre agricultores e apicultores e o uso de instrumentos orientativos, como manuais de boas práticas, com o objetivo de padronizar as atividades e promover sistemas sustentáveis.

Para além dessas práticas, a alimentação artificial pode ser utilizada como estratégia de suporte nutricional às colônias, sobretudo em períodos de escassez de recursos naturais, como néctar e pólen (Pouche; Silveira, 2024). Em conjunto com o controle sanitário, a proteção contra agentes de risco e o acompanhamento técnico, essas medidas integram o manejo adequado, fator essencial para a manutenção da sanidade (Hristov *et al.*, 2020a).

Sanidade das colônias

O equilíbrio fisiológico, comportamental e populacional das colônias é fundamental para a manutenção da produtividade, do desenvolvimento e da sobrevivência ao longo do tempo. Entretanto, esse equilíbrio pode ser comprometido por uma série de fatores bióticos e abióticos (Lin *et al.*, 2024). Entre os principais agentes bióticos estão os ácaros parasitas (Neves *et al.*, 2022), que enfraquecem as abelhas e facilitam a transmissão de vírus, o que reduz sua longevidade e produtividade (Mello; Carvalho, 2023; Warner *et al.*, 2024). Além disso, bactérias, fungos e outros patógenos afetam tanto as crias quanto os adultos, o que compromete o desenvolvimento e o vigor das colônias (Santos *et al.*, 2024).

No que diz respeito aos fatores abióticos, o uso excessivo de agrotóxicos representa um impasse, pois acarreta não apenas mortes diretas, mas também efeitos subletais, como alterações no comportamento de orientação e comunicação (Tosi *et al.*, 2022). As mudanças climáticas também impactam as colônias e reduzem a disponibilidade de recursos florais, além de comprometerem a sincronia entre abelhas e plantas, o que pode levar a desequilíbrios ecológicos (Ostwald; Silva; Seltsmann, 2024). A interação entre esses estressores resulta em efeitos sinérgicos, o que amplia os danos e dificulta a recuperação populacional das espécies afetadas (Kyle, 2021; Lin *et al.*, 2024).

Considerações finais

As abelhas sociais manejadas exercem papel estratégico na manutenção dos serviços ecossistêmicos e na viabilidade dos sistemas

agrícolas. A apicultura e a meliponicultura representam atividades de relevância ecológica, produtiva, econômica e social, pois contribuem para a produção de alimentos, a conservação da biodiversidade e a valorização de práticas associadas ao uso racional dos recursos naturais.

O manejo direcionado desses insetos constitui uma alternativa promissora para elevar a eficiência de culturas dependentes ou beneficiadas por vetores bióticos. No entanto, sua consolidação exige maior integração entre produtores rurais, criadores, instituições de pesquisa e órgãos de gestão, com ênfase na padronização de protocolos, na qualificação técnica e na valoração econômica dessa atividade.

A sanidade das colônias permanece como um dos principais desafios para o setor. Fatores bióticos, como ácaros, vírus, bactérias e fungos, somam-se a elementos abióticos, a exemplo de agrotóxicos, mudanças climáticas e perda de pasto apícola, o que impacta diretamente o equilíbrio, a produtividade e a sobrevivência dos enxames. Dessa forma, a conservação de habitats, o controle sanitário e o uso responsável de insumos agrícolas são essenciais para garantir a saúde das populações e a continuidade da polinização nos agroecossistemas.

A continuidade das pesquisas mostra-se necessária ao aprimoramento do manejo, da conservação e da valoração dos serviços ecossistêmicos. Devem ser priorizados estudos sobre os fatores que afetam a sanidade das colônias e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processos nº 305950/2021-5 e 308632/2025-7).

Referências

ABROL, D. P. Pollination–Basic concepts. In: ABROL, D. P. (ed.). Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production. Dordrecht: Springer, 2012. p. 37–54. DOI: 10.1007/978-94-007-1942-2_3.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Abelhas sem ferrão ganham protagonismo em SP com regulamentação de meliponários e ração inovadora. São Paulo, 5 jun. 2025. Disponível em: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/abelhas-sem-ferrao-ganham-protagonismo-em-sp-com-regulamentacao-de-meliponarios-e-racao-inovadora/>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ALMEIDA, E. A. B. et al. The evolutionary history of bees in time and space. Current Biology, v. 33, n. 16, p. 3409-3422, 2023. DOI: 10.1016/j.cub.2023.07.005.

- AMARAL, T.; CARNIATTO, I. Ciência e meliponicultura: estudo bibliométrico sobre as abelhas nativas sem ferrão. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 42, n. 3, p. 201-222, 2025. DOI: 10.63595/remea.v42i3.18271.
- AMBROSINI, L. B. et al. Diagnóstico da meliponicultura no Rio Grande do Sul. *Extensão Rural*, v. 30, e71394, p. 1-38, 2023. DOI: 10.5902/2318179671394.
- ASCHER, J. S.; PICKERING, J. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Draft 57, 2024. Disponível em: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species. Acesso em: 19 ago. 2025.
- ASLAN, C. E. et al. The Role of Honey Bees as Pollinators in Natural Areas. *Natural Areas Journal*, v. 36, n. 4, p. 478-488, 2016. DOI: 10.3375/043.036.0413.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DAS ABELHAS (A.B.E.L.H.A.). Atlas da Meliponicultura no Brasil. v. 1.0, 2023. Disponível em: <https://abelha.org.br/atlas-da-meliponicultura-no-brasil/>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- BASUALDO, M. et al. Current status and economic value of insect-pollinated dependent crops in Latin America. *Ecological Economics*, v. 196, p. 107395, 2022. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2022.107395.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, v. 41, n. 3, p. 278-294, 2010. DOI: 10.1051/apido/2010012.
- CATÁLOGO MOURE. Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Organizado por G. A. R. MELO; J. S. MOURE; D. URBAN. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Campinas: Centro de Referência em Informação Ambiental, 2022. Disponível em: <https://moure.cria.org.br/>. Acesso em: 9 abr. 2026.
- COSTA, M. M. da et al. Melancia: o papel das abelhas na polinização. In: *Agropecuária e Meio Ambiente: uma visão integrada*. Editora Científica Digital, 2025. v. 2, cap. 9, p. 159-174. DOI: 10.37885/250819869.
- DIVEKAR, P. A.; MISHRA, A.; KUMAR, R. Bee pollination in vegetables: current status, challenges and prospects. *Circular Agricultural Systems*, v. 4, e016, 2024. DOI: 10.48130/cas-0024-0015.
- EERAERTS, M. et al. Global synthesis of apple pollination research highlights general pollen limitation and positive contributions of wild bees compared to honeybees. *Journal of Applied Ecology*, v. 62, n. 10, p. 2487-2501, 2025. DOI: 10.1111/1365-2664.70155.
- ESKOV, E. K. Development of sociality in the bee superfamily (Hymenoptera, Apoidea). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, v. 50, n. 5, p. 363-382, 2014. DOI: 10.1134/S0022093014050019.
- EVANS, S. K. et al. Effect of Honey Bee Colony Strength on Foraging Productivity and Its Application to Precision Pollination. *Insects*, v. 17, n. 2, p. 163, 2026. DOI: 10.3390/insects17020163.
- FELIPE NETO, C. A. L.; AMARAL, X. S. A.; SOUSA, F. A. S. Sustentabilidade Apícola em Ambiente Semiárido do Brasil: Determinação de Pontos Críticos. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 11, n. 4, p. 29-47, 2022. DOI: 10.21664/2238-8869.2022v11i4.p29-47.
- FERGUSON, B. et al. Honey bee (*Apis mellifera* L.) foraging rewards in sunflowers: effect of floral traits on visitation and variation in pollen quality over two consecutive years. *Journal of Apicultural Research*, v. 63, n. 4, p. 622-630, 2024. DOI: 10.1080/00218839.2024.2364948.
- FREITAS, B. M.; BEZERRA, A. D. M. Criação, multiplicação e manejo de abelhas nativas para a polinização agrícola no Brasil. 1. ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2024. ISBN 978-65-00-93197-6.
- GAZZONI, D. L.; GANEM, J. V. Bioinsumos favorecem a polinização da soja por abelhas. *Cultivar Grandes Culturas, Pelotas*, v. 26, n. 307, p. 42, 2025.
- GAZZONI, D. L. et al. Pollination as an ecosystem service in soybean production for climate change mitigation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 60, e04108, 2025. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2025.v60.04108.
- GEMIM, B. S.; SILVA, F. A. M. Meliponicultura em sistemas agroflorestais: alternativa de renda, diversificação agrícola e serviços ecossistêmicos. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 11, n. 4, p. 361-372, 2017. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4156.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Polinização animal contribui para 12,6% da produção agrícola do Paraná, aponta IBGE. Curitiba, 23 jul. 2025. Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Polinizacao-animal-contribui-para-126-da-producao-agricola-do-Parana-aponta-IBGE>. Acesso em: 15 abr. 2026.
- HEMPEL DE IBARRA, N.; VOROBIEV, M.; MENZEL, R. Mechanisms, functions and ecology of colour vision in the honeybee. *Journal of Comparative Physiology A*, v. 200, n. 6, p. 411-433, 2014. DOI: 10.1007/s00359-014-0915-1.

- HRISTOV, P. et al. Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A mini-review. *Veterinary Sciences*, v. 7, n. 4, p. 166, 2020a. DOI: 10.3390/vetsci7040166.
- HRISTOV, P. et al. Significance of Apoidea as Main Pollinators: Ecological and Economic Impact and Implications for Human Nutrition. *Diversity*, Basel, v. 12, n. 7, p. 280, 2020b. DOI: 10.3390/d12070280.
- HÜNICKEN, P. L. et al. Evaluation of interactions between honeybees and alternative managed pollinators: a meta-analysis of their effect on crop productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 340, p. 108156, 2022. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108156.
- JONES, R. Stingless bees: a historical perspective. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (ed.). *Pot-honey: a legacy of stingless bees*. New York: Springer, 2013. p. 219-227. DOI: 10.1007/978-1-4614-4960-7_14.
- KATUMO, D. M. et al. Pollinator diversity benefits natural and agricultural ecosystems, environmental health, and human welfare. *Plant Diversity*, v. 44, p. 429-435, 2022. DOI: 10.1016/j.pld.2022.01.005.
- KHALIFA, S. A. M. et al. Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. *Insects*, v. 12, n. 8, p. 688, 2021. DOI: 10.3390/insects12080688.
- KYLE, B. Honey Bee Parasites and Pests. In: KANE, T. R.; FAUX, C. M. (ed.). *Honey bee medicine for the veterinary practitioner*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2021. p. 307-320. DOI: 10.1002/9781119583417.ch24.
- LAZARINO, L. C. et al. Meliponicultura: potencialidades e limitações para a conservação de abelhas nativas e redução da pobreza. *Diversitas Journal*, v. 6, n. 2, p. 2217-2236, 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i2-1312.
- LIMA, N. O. et al. Fauna de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) como bioindicador de qualidade ambiental na região dos fragmentos florestais naturais "Ipucas". *DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2023. DOI: 10.20873/DEZ_23_13.
- LIMA NETO, I. A. de. Apiários do Brasil – um levantamento bibliográfico sobre apiários brasileiros através do atlas da apicultura brasileira. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2025. DOI: 10.47456/bjpe.v11i2.47557.
- LIN, Z. et al. Biotic and abiotic stresses on honeybee health. *Integrative Zoology*, v. 19, n. 3, p. 442-457, 2024. DOI: 10.1111/1749-4877.12752.
- MELLO, I. C. S.; CARVALHO, C. A. L. de. Avanços na avaliação do impacto da coexistência "vírus-varroa" na saúde das abelhas. *Boletim Técnico-Científico Insecta*, v. 3, n. 3, p. 1-11, 2023.
- MONASTEROLO, M. et al. Animal pollination contributes to more than half of citrus production. *Scientific Reports*, v. 14, p. 22309, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-73591-6.
- MOREAUX, C. et al. The value of biotic pollination and dense forest for fruit set of Arabica coffee: a global assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 323, p. 107680, 2022. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107680.
- MUHAMMAD, W.; AHMAD, M.; AHMAD, I. Pollination behavior of cotton crop and its management. In: *Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*. Singapore: Springer Singapore, 2020. p. 163-175. DOI: 10.1007/978-981-15-1472-2_10.
- NEVES, V. S. L. D. et al. 30 anos de pesquisa sobre o ácaro *Leptus* Latreille, 1796: revisão integrativa. In: *Open Science Research VII*. 1. ed. Editora Científica Digital, 2022. v. 7, p. 26-45. DOI: 10.37885/221010701.
- NOGUEIRA, D. S. et al. As abelhas "sem-ferrão" dos biomas brasileiros: O Brasil possui a maior biodiversidade de abelhas "sem-ferrão" do planeta, essenciais para o funcionamento dos ecossistemas e com grande potencial econômico. *Ciência e Cultura*, v. 75, n. 4, p. 1-7, 2023. DOI: 10.5935/2317-6660.20230053.
- ORR, M. C. et al. Global patterns and drivers of bee distribution. *Current Biology*, v. 31, n. 3, p. 451-458, 2021. DOI: 10.1016/j.cub.2020.10.053.
- OSTWALD, M. M.; DA SILVA, C. R.; SELTMANN, K. C. How does climate change impact social bees and bee sociality? *Journal of Animal Ecology*, v. 93, n. 11, p. 1610-1621, 2024. DOI: 10.1111/1365-2656.14160.
- PAVLIN, A.; MARINČ, A.; PREŠERN, J. Go with the flow: a case study of migratory beekeeping and its associated costs. *Journal of Economic Entomology*, v. 118, n. 4, p. 1485-1494, 2025. DOI: 10.1093/jee/toaf119.
- PHIRI, B. J.; FÈVRE, D.; HIDANO, A. Uptrend in global managed honey bee colonies and production based on a six-decade viewpoint, 1961–2017. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 21298, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-25290-3.
- PINHEIRO, M. et al. Polinização por abelhas. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). *Biologia da polinização*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014. p. 205-234. ISBN 978-85-68126-01-1.

- POPESCU, A. et al. Beehives and honey production - a brief statistics in the world and European Union 2000-2022 and honey bees between interlinked crisis of biodiversity, pollution and climate change. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, v. 24, n. 3, p. 655-673, 2024. E-ISSN 2285-3952.
- PORTO, R. G. et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, v. 12, n. 6, p. 1425-1442, 2020. DOI: 10.1007/s12571-020-01043-w.
- POTTS, S. G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, v. 540, p. 220-229, 2016. DOI: 10.1038/nature20588.
- POUCHE, J. J.; SILVEIRA, R. K. Alimentação artificial com uso de açúcar na dieta de abelhas *Apis mellifera*. *Scientific Electronic Archives*, v. 17, n. 3, p. 1-3, 2024. DOI: 10.36560/17320241821.
- PRODANOVIĆ, R. et al. Beekeeping as a tool for sustainable rural development. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, Novi Sad, v. 7, n. 2, p. 1054–1066, 2024. DOI: 10.55817/IXVM2800.
- REBOUÇAS, J. S. et al. Abelhas sociais (Meliponini) e sua participação na promoção da agroecologia. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. (org.). *Pesquisas agrárias e ambientais: volume XII*. Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. p. 41–57. DOI: 10.46420/9786581460556cap4.
- RECH, A. R.; AVILA JR., R. S.; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (org.). *Biologia da Polinização*. 1. ed. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 171-182. ISBN 978-85-68126-01-1.
- REILLY, J. R. et al. Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 287, n. 1931, p. 20200922, 2020. DOI: 10.1098/rspb.2020.0922.
- ROCHA, L. R. Potencialidades e desafios para adoção da polinização dirigida em cultivos agrícolas no Brasil. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/238270>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- SANCHEZ, M. E. N.; ARANGO, J. A. C.; BURKART, S. Promoting forage legume–pollinator interactions: integrating crop pollination management, native beekeeping and silvopastoral systems in tropical Latin America. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, p. 725981, 2021. DOI: 10.3389/fsufs.2021.725981.
- SANTANA, N. B. et al. Compostos atrativos em culturas agrícolas: uma revisão dos efeitos na polinização por abelhas e no rendimento produtivo. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 8, e8314849440, p. 1-11, 2025. DOI: 10.33448/rsd-v14i8.49440.
- SANTOS, C. F. dos et al. Diversidade de abelhas-sem-ferrão e seu uso como recurso natural no Brasil: permissões e restrições legais consorciadas a políticas públicas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 9, n. 2, p. 2-22, 2021. DOI: 10.66205/rvbm.v9i2.701.
- SANTOS, V. L. et al. Doenças que afetam a saúde de crias de abelhas: uma revisão integrativa. In: *Ciência Animal e Veterinária: tópicos atuais em pesquisa*. 1. ed. Editora Científica Digital, 2024. v. 4, p. 134-151. DOI: 10.37885/231215262.
- SILVA, M. S. da et al. Abelhas sociais: alternativa zootécnica. In: BAGALDO, A. R.; RIBEIRO, O. L.; PERINOTTO, W. M. de S. (org.). *Ciência animal em debate*. Cruz das Almas, BA: EDUFRB, 2020. p. 199–221.
- SINDIVEG – Sindicato Nacional da Indústria de Produtos Para Defesa Vegetal. *Manual de Boas Práticas: práticas e dicas para uma relação mais produtiva entre a Agricultura e a Apicultura*. v. 2. São Paulo: SINDIVEG, 2022. 43 p. ISBN 978-65-992494-1-9.
- SOUSA JÚNIOR, J. C. et al. Produção científica sobre apicultura numa perspectiva multidisciplinar: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 27, n. 2, p. 133-149, 2024. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2024.v27i2.2087.
- SZITÁR, K. et al. Combination of organic farming and flower strips in agricultural landscapes: a feasible method to maximise functional diversity of plant traits related to pollination. *Global Ecology and Conservation*, v. 38, p. e02229, 2022. DOI: 10.1016/j.gecco.2022.e02229.
- TOSI, S. et al. Lethal, sublethal, and combined effects of pesticides on bees: A meta-analysis and new risk assessment tools. *Science of The Total Environment*, v. 844, p. 156857, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156857.
- VALLEJO-MARÍN, M. Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers. *New Phytologist*, v. 224, n. 3, p. 1068-1074, 2019. DOI: 10.1111/nph.15666.
- VENTURIERI, G. C. et al. Meliponicultura no Brasil: Situação Atual e Perspectivas Futuras para o Uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.;

SARAIVA, A. M. (org.). Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP, 2012. v. 1, p. 213-236.

WANG, H. et al. Nectar feeding by a honey bee's hairy tongue: morphology, dynamics, and energy-saving strategies. *Insects*, v. 12, n. 9, p. 762, 2021. DOI: 10.3390/insects12090762.

WARNER, S. et al. A scoping review on the effects of Varroa mite (*Varroa destructor*) on global honey bee decline. *Science of The Total Environment*, v. 906, p. 167492, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167492.

WITTER, S. et al. As abelhas e a agricultura. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. 143 p. ISBN 978-85-397-0658-7.

WOLFF, L. F. et al. Polinização dirigida de cultivos com apicultura. In: WOLFF, L. F.; EICHOLZ, E. D. (ed.). Alternativas para diversificação da agricultura familiar de base ecológica – 2022. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022. p. 55-56. (Documentos, 527).

WOLOWSKI, M. et al. (org.). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. 1. ed. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. 184 p. DOI: 10.4322/978-85-60064-83-0.

YEH, D. A.; ABADAM, V. Pollination services valued at \$400 million across 1.7 million acres. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Economic Research Service, 2025. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/charts-of-note/chart-detail?chartId=112782>. Acesso em: 10 abr. 2026.