



**GABRIEL STERZECK VITTORI**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APIDAE)  
EM UMA ÁREA DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE  
FRUTAL/MG E ESTUDO EXPERIMENTAL DE *Euglossa  
cordata* EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA**

**LAVRAS – MG  
2025**

**GABRIEL STERZECK VITTORI**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APIDAE)  
EM UMA ÁREA DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE FRUTAL/MG E  
ESTUDO EXPERIMENTAL DE *Euglossa cordata* EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA**

Dissertação de Mestrado apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de Pós-  
Graduação em Entomologia, para a  
obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2025**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo(a) autor(a) através do Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA.**

Sterzeck Vittori, Gabriel.

Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) em uma área de cerrado no município de Frutal/MG e estudo experimental de *Euglossa cordata* em área de Mata Atlântica / Gabriel Sterzeck Vittori. 2025.

58 p. : il.

Orientador: Stephan Malfitano Carvalho

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025. Bibliografia.

1. Polinização. 2. Abelhas. 3. Bioindicadores. 4. Multiplicação. 5. Parassocial. I. Malfitano Carvalho, Stephan. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**GABRIEL STERZECK VITTORI**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APIDAE)  
EM UMA ÁREA DE CERRADO NO MUNICÍPIO DE FRUTAL/MG E  
ESTUDO EXPERIMENTAL DE *Euglossa cordata* EM ÁREA DE MATA  
ATLÂNTICA**

**DIVERSITY OF BEES (HYMENOPTERA: APIDAE) IN A CERRADO AREA IN  
THE MUNICIPALITY OF FRUTAL/MG AND EXPERIMENTAL STUDY OF  
*Euglossa cordata* IN AN ATLANTIC FOREST AREA**

Dissertação de Mestrado apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como  
parte das exigências do Curso de Pós-  
Graduação em Entomologia, para a  
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2025.

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho, UFLA  
Prof. Dra. Eliana Aparecida Panarelli, UEMG unidade Frutal  
Prof. Dra. Ana Isabel Sobreiro, UEMS

---

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho  
(Orientador)

**LAVRAS – MG  
2025**

*Aos meus pais, Rafael e Andrea, pelo amor incondicional, pelo apoio e por acreditarem em mim em todos os momentos desta caminhada acadêmica.*

*À minha noiva, Luany, por ser meu porto seguro, minha inspiração diária e por caminhar ao meu lado com tanto amor e parceria.*

*Ao meu irmão, Caio, pela amizade, apoio e pelos momentos de aprendizado compartilhados.*

*Às minhas avós, Cecilia e Maria pelo amor, carinho e por ensinarem o valor da família e da dedicação.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e aos bons companheiros espirituais, pela iluminação, inspiração, e suporte diante das dúvidas e incertezas, sendo presença constante na minha vida.

A meus pais Andréa e Rafael, por serem pais excepcionais, pelo exemplo e apoio constantes, a minha noiva Luany por amor e apoio emocional, ao meu irmão Caio pelo companheirismo e convivência durante esses dois anos.

As minhas avós Cecília e Maria por serem exemplos de superação, força e apoio, e por sempre estarem presentes apesar da distância.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Entomologia, pela infraestrutura e apoio no desenvolvimento das atividades.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia pela oportunidade de desenvolver este trabalho e ao corpo docente, dos Programas de Pós-graduação em Entomologia e Engenharia Florestal, sempre atualizado e competente, responsável pela minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao professor Stephan M. Carvalho, orientador e amigo que através de inúmeras formas me preparou para os desafios da vida acadêmica. Agradeço a oportunidade de ser seu orientado e poder trabalhar com as abelhas.

Ao corpo técnico administrativo, a doutora Favízia de Freitas pela amizade e contribuição e aos colaboradores Eliana e Elizangela da UEMG pela parceria no projeto.

Ao professor Prof. Luís Cláudio Paterno Silveira do Laboratório de Controle Biológico Conservativo/DEN/UFLA por auxiliar e elaborar as estatísticas do presente trabalho.

Aos graduandos e pós-graduandos, que me auxiliaram em diversas etapas deste trabalho, em especial aos amigos do departamento, Regis, Aurélio e Felipe pelos valorosos momentos de apoio e amizade.

Ao Núcleo de Estudos em Abelhas (NEBee), pelos muitos anos de ricas discussões e oportunidades de crescimento, bem como a felicidade de encontrar bons amigos e companheiros de trabalho nos anos em que estive presente.

Por fim, agradeço a todos os amigos e colegas que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão desta etapa.

A Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro ao projeto (APQ-00420-21) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processo nº 88887.804836/2023-00) pelo apoio financeiro da bolsa de estudo.

## RESUMO

A polinização realizada por abelhas é um serviço ecossistêmico essencial para a manutenção da biodiversidade vegetal, garantindo a reprodução das plantas, a variabilidade genética e a resiliência dos ecossistemas. No Cerrado, bioma reconhecido por sua alta diversidade biológica e vulnerabilidade às pressões antrópicas, as abelhas exercem papel crucial como polinizadoras e bioindicadoras de qualidade ambiental. A fragmentação do habitat, expansão urbana e o uso intensivo de agroquímicos impactam negativamente a diversidade e a abundância desses insetos, comprometendo a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais. Este trabalho analisou a fauna de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) em áreas de Cerrado, buscando compreender como fatores como a fragmentação florestal e a perda de habitats naturais afetam a composição e a estrutura das comunidades. Além disso, destacou-se a importância das abelhas como bioindicadores sensíveis às mudanças ambientais, o que possibilita sua utilização no monitoramento de impactos antrópicos e na avaliação da qualidade ambiental. A diversidade de espécies e sua distribuição são diretamente influenciadas pelas condições locais, como a disponibilidade de recursos florais e locais de nidificação, sendo maiores em áreas naturais preservadas e restauradas. Os resultados esperados contribuirão para o entendimento da relação entre as mudanças no uso da terra e a dinâmica das comunidades de abelhas, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas à conservação do Cerrado e à promoção de práticas sustentáveis. A preservação da fauna de abelhas é fundamental não apenas para a manutenção da biodiversidade do bioma, mas também para garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos que sustentam a produção agrícola e a saúde ambiental. Paralelamente, foi realizado um estudo com a espécie *Euglossa cordata*, visando ao desenvolvimento de um protocolo para o manejo e a multiplicação artificial de seus ninhos, de forma a viabilizar a criação racional dessa espécie e possibilitar sua aplicação como agente polinizador em culturas agrícolas, como *Vanilla sp.*

**Palavras-chave:** Polinização; abelhas; cerrado; bioindicadores.

## ABSTRACT

Bee pollination is an essential ecosystem service for the maintenance of plant biodiversity, ensuring plant reproduction, genetic variability, and ecosystem resilience. In the Cerrado, a biome recognized for its high biological diversity and vulnerability to anthropogenic pressures, bees play a crucial role as pollinators and bioindicators of environmental quality. Habitat fragmentation, urban expansion, and the intensive use of agrochemicals negatively impact the diversity and abundance of these insects, thereby compromising the provision of essential ecosystem services. This study analyzed the bee fauna (Hymenoptera: Anthophila) in Cerrado areas, aiming to understand how factors such as forest fragmentation and the loss of natural habitats affect the composition and structure of bee communities. Additionally, the study highlighted the importance of bees as sensitive bioindicators of environmental changes, which enables their use in monitoring anthropogenic impacts and assessing environmental quality. Species diversity and distribution are directly influenced by local conditions, such as the availability of floral resources and nesting sites, being higher in preserved and restored natural areas. The expected results will contribute to understanding the relationship between land-use changes and bee community dynamics, providing support for the development of public policies aimed at the conservation of the Cerrado and the promotion of sustainable practices. The preservation of bee fauna is fundamental not only for maintaining the biome's biodiversity but also for ensuring the continuity of ecosystem services that sustain agricultural production and environmental health. In parallel, a study was conducted with the species *Euglossa cordata*, aiming to develop a protocol for the management and artificial multiplication of its nests, in order to enable the rational rearing of this species and to promote its use as a pollination agent in agricultural crops such as *Vanilla spp.*

**Keywords:** Pollination; bees; cerrado; bioindicators.

## INDICADORES DE IMPACTO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apidae) em uma área de Cerrado no município de Frutal, Minas Gerais, e realizar um estudo experimental com a espécie *Euglossa cordata* em área de Mata Atlântica, visando ao desenvolvimento de protocolos de manejo para a multiplicação artificial de ninhos. A pesquisa demonstrou que as abelhas exercem papel fundamental como polinizadoras e bioindicadoras da qualidade ambiental no Cerrado, um bioma reconhecido por sua alta biodiversidade e atualmente sob forte pressão antrópica. Os resultados evidenciaram que áreas de floresta ripária e pastagens apresentaram maior diversidade de abelhas quando comparadas às áreas de cultivo de cana-de-açúcar, onde a homogeneização do ambiente reduziu a riqueza de espécies. Espécies como *Eulaema nigrita*, *Augochoropsis* sp1 e *Apis mellifera* destacaram-se como as mais abundantes, com distribuição variável entre os habitats, indicando a influência do uso do solo sobre as comunidades de polinizadores. A criação de ninhos artificiais para *Euglossa cordata* revelou-se promissora, estabelecendo um protocolo inicial para a conservação ex situ e para seu uso como agente polinizador em culturas agrícolas, como a baunilha (*Vanilla* spp.). Os impactos concretos deste trabalho abrangem a geração de conhecimento aplicável na formulação de políticas públicas de conservação do Cerrado e na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 (fome zero e agricultura sustentável), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação contra a mudança global do clima) e 15 (vida terrestre). A atuação extensionista do estudo é evidenciada pelo envolvimento direto de técnicos, docentes e estudantes da Universidade Federal de Lavras e da Universidade Estadual de Minas Gerais (unidade Frutal), totalizando uma equipe multidisciplinar dedicada à conservação da biodiversidade e à mitigação dos impactos ambientais em territórios rurais do Cerrado mineiro e da Mata Atlântica. Os grupos populacionais impactados em potencial são os agricultores locais, que poderão se beneficiar do uso racional de polinizadores manejados, e as comunidades rurais que dependem da manutenção dos serviços ecossistêmicos para garantir a sustentabilidade de suas atividades produtivas. Os impactos deste trabalho podem ser classificados nas áreas temáticas de meio ambiente, tecnologia e produção, educação e trabalho, da Política Nacional de Extensão, por contribuírem tanto para a preservação

ambiental como para o fortalecimento de práticas agroecológicas e manejo sustentável em regiões vulneráveis à degradação.

## IMPACT INDICATORS

The present study aimed to evaluate the diversity of bees (Hymenoptera: Apidae) in a Cerrado area in the municipality of Frutal, Minas Gerais, and to conduct an experimental study with the species *Euglossa cordata* in an Atlantic Forest area, with the objective of developing management protocols for the artificial multiplication of nests. The research demonstrated that bees play a fundamental role as pollinators and bioindicators of environmental quality in the Cerrado, a biome recognized for its high biodiversity and currently under strong anthropogenic pressure. The results showed that riparian forest areas and pastures exhibited greater bee diversity compared to sugarcane cultivation areas, where environmental homogenization reduced species richness. Species such as *Eulaema nigrita*, *Augochoropsis* sp1, and *Apis mellifera* stood out as the most abundant, with variable distribution across habitats, indicating the influence of land use on pollinator communities. The creation of artificial nests for *Euglossa cordata* proved promising, establishing an initial protocol for ex situ conservation and its use as a pollination agent in agricultural crops such as vanilla (*Vanilla* spp.). The concrete impacts of this work include the generation of applicable knowledge for the formulation of public policies aimed at Cerrado conservation and the promotion of more sustainable agricultural practices, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) 2 (zero hunger and sustainable agriculture), 12 (responsible consumption and production), 13 (climate action), and 15 (life on land). The extensionist dimension of the study is evidenced by the direct involvement of technicians, professors, and students from the Federal University of Lavras and the State University of Minas Gerais (Frutal unit), totaling a multidisciplinary team dedicated to biodiversity conservation and the mitigation of environmental impacts in rural territories of the Minas Gerais Cerrado and the Atlantic Forest. The potentially impacted population groups include local farmers, who could benefit from the rational use of managed pollinators, and rural communities that depend on the maintenance of ecosystem services to ensure the sustainability of their productive activities. The impacts of this work can be classified into the thematic areas of environment, technology and production, education, and labor, as defined by the National Extension Policy, as they contribute both to environmental preservation and to

strengthening agroecological practices and sustainable management in regions vulnerable to degradation.

## SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE .....	13
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
<b>2.1 Interação inseto – planta: importância das abelhas para o ecossistema</b> .....	16
<b>2.2 Abelhas como bioindicadores da qualidade ambiental</b> .....	17
<b>2.3 Ecologia do Cerrado: características e impactos ambientais</b> .....	18
<b>2.4 Diversidade e distribuição de abelhas no Cerrado</b> .....	20
<b>2.5 Serviços ecossistêmicos proporcionados pelas abelhas</b> .....	21
<b>2.6 Impactos das mudanças ambientais sobre as comunidades de abelhas</b> .....	23
<b>2.7 Políticas de conservação para abelhas e habitats no Cerrado</b> .....	24
REFERÊNCIAS .....	26
SEGUNDA PARTE - ARTIGO .....	29
ARTIGO 1 - FAUNA DE ABELHAS (HYMENOPTERA: ANTHOPHILA) .....	29
COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA DE CERRADO .....	29
ARTIGO 2 - NIDIFICAÇÃO DE ABELHA DAS ORQUIDEAS ( <i>EUGLOSSA CORDATA</i> , LINNAEUS 1758) EM NINHO ARTIFICIAL .....	50

## PRIMEIRA PARTE

### 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A polinização realizada por insetos é um serviço ecossistêmico essencial para a conservação da biodiversidade vegetal, aumentando a taxa de fertilização das flores e melhorando a qualidade e quantidade de sementes e frutos. Esse processo é particularmente importante para as plantas nativas das regiões tropicais, que dependem significativamente das abelhas sem ferrão como polinizadores. A eficiência da polinização é crucial para a reprodução, manutenção da diversidade genética das plantas e resiliência dos ecossistemas, destacando a importância da preservação de habitats florestais (Toledo-Hernandez et al., 2022).

A fragmentação do habitat e as atividades antrópicas, como a intensificação agrícola e a expansão urbana, são consideradas as principais causas da perda da biodiversidade de abelhas nas últimas décadas. A destruição e a fragmentação de seus habitats naturais levam a um aumento da dominância de habitats fortemente perturbados pelo homem, o que afeta negativamente a diversidade e a abundância de abelhas (Turrisi et al., 2021).

É possível a utilização de diferentes grupos de insetos como bioindicadores, como besouros, borboletas, formigas, abelhas, libélulas e térmitas, onde cada grupo pode ser usado para monitorizar diferentes tipos de poluição e mudanças ambientais. Os insetos desempenham um papel crucial como bioindicadores em diferentes ecossistemas, ajudando a detectar e monitorar mudanças ambientais, incluindo poluição, alterações climáticas e perda de biodiversidade (Chowdhury et al., 2023).

A urbanização é considerada uma séria ameaça à biodiversidade, resultando na perda de habitats e na diminuição do número de polinizadores. No entanto, a existência de fragmentos de vegetação natural em áreas urbanas pode atenuar esses impactos. Áreas altamente urbanizadas tendem a abrigar espécies indicadoras de ambientes degradados, enquanto fragmentos de vegetação na matriz urbana funcionam como refúgios para a fauna de abelhas (Bulhoes et al., 2021).

Para a seleção de bioindicadores é necessário levar em consideração alguns critérios, sendo eles a distribuição geográfica, a especialização de habitat e a capacidade de fornecer alertas precoces de mudança. Os insetos são classificados como bioindicadores ambientais, ecológicos e de biodiversidade, e são usados para detectar mudanças em parâmetros ambientais.

A diversidade de espécies de insetos é um sinal de estabilidade ecológica e pode ser afetada pela fragmentação florestal (Chowdhury et al., 2023).

A composição e a abundância das comunidades de abelhas estão diretamente relacionadas à cobertura florestal e inversamente à distância de fragmentos florestais. Em regiões tropicais, mesmo os menores fragmentos abrigam uma proporção significativa da apifauna local, enquanto áreas desmatadas sofrem reduções na riqueza e na abundância de abelhas sem ferrão, especialmente em espécies de menor porte. Esses fatores ressaltam o impacto negativo do desmatamento sobre a diversidade e a estrutura das comunidades de meliponíneos (Toledo-Hernandez et al., 2022).

As abelhas são consideradas excelentes bioindicadores devido às suas características morfológicas, ecológicas e comportamentais. As abelhas podem sinalizar a presença de moléculas tóxicas e resíduos de poluentes em seus corpos e nos produtos da colmeia, sendo assim uma importante ferramenta para a avaliação do impacto antrópico e para a implementação de estratégias de manejo ambientalmente corretas e amigáveis aos polinizadores (Celli; Maccagnani, 2003).

A diversidade de abelhas varia significativamente entre as áreas de monocultura, policultura e áreas restauradas. Áreas naturais preservadas e áreas restauradas costumam apresentar maior diversidade de espécies de abelhas. A variação na diversidade de abelhas entre as diferentes ocupações de áreas pode ser atribuída à diversidade vegetal e às características do ambiente. Onde uma área de vegetação nativa preservada oferece uma variedade de espécies vegetais maiores que áreas antropizadas, onde provavelmente fornecem uma gama maior de recursos florais e locais de nidificação para as abelhas (Torres et al., 2023).

As perturbações antrópicas têm efeitos drásticos na biodiversidade, comprometendo os serviços ecossistêmicos. As abelhas, essenciais para a polinização em ecossistemas naturais e agrícolas, enfrentam ameaças crescentes devido à expansão urbana e às práticas inadequadas de uso da terra, sendo a destruição do habitat um fator determinante que altera a composição e a diversidade das abelhas. A expansão urbana e o uso inadequado da terra resultam na perda de áreas naturais, incluindo locais de nidificação e fontes de alimento, como pólen e néctar (Mariano et al., 2024).

O desmatamento exerce impactos significativos sobre a diversidade e abundância das abelhas sem ferrão. A perda de habitat, resultante da conversão de áreas florestais em terras agrícolas intensivas, figura como um dos principais fatores responsáveis pelo declínio da entomofauna. A fragmentação do habitat e a distância entre os remanescentes florestais afetam

negativamente tanto a ocorrência de ninhos quanto a diversidade de espécies de abelhas (Toledo-Hernandez, E. et al., 2022).

A vegetação ao longo das margens dos rios desempenha um papel essencial na manutenção das populações de abelhas nativas, fornecendo locais adequados para nidificação e forrageio, além de atuar como "estepe" de habitat, facilitando o deslocamento das abelhas. Essas áreas ribeirinhas, frequentemente caracterizadas por maior diversidade de plantas florescentes e níveis elevados de umidade, funcionam como refúgios importantes para as abelhas, mesmo frente às perturbações antrópicas (Mariano et al., 2024).

A fragmentação do habitat pode isolar as populações de abelhas, dificultando a dispersão e a reprodução. Esse isolamento pode resultar em uma redução da diversidade genética e aumentar a vulnerabilidade a eventos estocásticos, como doenças ou mudanças climáticas (Hipólito et al., 2023).

Diante da importância das abelhas como polinizadoras e bioindicadoras, destaca-se a relevância de investigar a fauna de abelhas em áreas de Cerrado para avaliar a qualidade ambiental. A fragmentação de habitats, a perda de vegetação nativa e as atividades antrópicas têm impactos significativos na diversidade e abundância desses insetos, comprometendo os serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção da biodiversidade. Assim, o uso das abelhas como bioindicadores permite identificar alterações ambientais e direcionar estratégias de manejo e conservação.

Este estudo propõe a utilização da fauna de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) como bioindicadora da qualidade ambiental no Cerrado, um bioma de excepcional riqueza biológica, porém sob intensa pressão antrópica. Através da comparação de três tipos de uso do solo - pastagens, fragmentos florestais e áreas de cultivo de cana-de-açúcar - buscamos compreender como as comunidades de abelhas respondem às diferentes formas de modificação da paisagem. Em complemento a esta abordagem ecológica, desenvolvemos paralelamente um estudo pioneiro de multiplicação artificial da abelha das orquídeas (*Euglossa cordata* Linnaeus, 1758), espécie de hábito parassocial de relevante importância ecológica como polinizadora especializada. Este segundo eixo de pesquisa teve como objetivos: (1) estabelecer protocolos para a conservação *ex situ* da espécie e (2) elaborar um guia de manejo adaptado às suas particularidades biológicas, visando subsidiar estratégias de preservação para este polinizador-chave em ecossistemas tropicais. Os resultados integrados de ambas as linhas de pesquisa serão fundamentais para subsidiar políticas públicas que visem conciliar o desenvolvimento agrícola com a conservação da biodiversidade neste importante ecossistema tropical.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Interação inseto – planta: importância das abelhas para o ecossistema**

As abelhas dependem fortemente dos recursos florais disponíveis em seu habitat, e a quantidade dessas fontes de alimento afeta diretamente suas estratégias de forrageamento. Em ambientes onde há abundância de recursos florais, as abelhas tendem a ser mais constantes na visitação das flores, pois a probabilidade de encontrar recompensas é maior. A diversidade de tipos de fontes de alimento disponíveis no ambiente também exerce influência sobre a estratégia de forrageamento. Em habitats com múltiplos tipos de recursos florais, a constância floral pode ser menos vantajosa, uma vez que limita as opções de forrageamento das abelhas. Além disso, a distância entre as fontes de alimento afeta a probabilidade de recrutamento e a estratégia de forrageamento. Distâncias maiores podem reduzir a probabilidade de uma abelha tornar-se uma influenciadora, impactando assim a disseminação de informações sobre as fontes de alimento (Kuenemank et al., 2023).

A deflorestação na Amazônia apresenta implicações significativas para a conservação das abelhas Euglossini (abelhas das orquídeas). Essas abelhas são importantes polinizadores e dependem fortemente dos recursos florestais, como néctar e pólen. A perda de habitat devido ao desmatamento pode levar a uma redução no número de plantas hospedeiras e, conseqüentemente, a uma diminuição na disponibilidade de recursos alimentares para as abelhas (Hipólito et al., 2023).

De forma semelhante, a transformação da paisagem por meio da urbanização também pode impactar a biodiversidade das abelhas. Estudos indicam que áreas com diferentes graus de urbanização apresentam variações significativas na riqueza de espécies, sendo que locais mais urbanizados tendem a abrigar uma menor diversidade de abelhas. Nessas áreas, espécies bioindicadoras de ambientes degradados são mais frequentes, sugerindo que algumas espécies podem ser mais resilientes às condições urbanas (Bulhoes et al., 2021).

As atividades antrópicas, como a remoção mecânica de plantas herbáceas e o uso de biocidas, podem ter um impacto direto na abundância e na composição das espécies de abelhas. Por exemplo, a prática de remover plantas com flores durante a primavera e o início do verão pode reduzir drasticamente os recursos de forragem disponíveis para as abelhas, afetando assim sua atividade de forrageamento e nidificação (Turrissi et al., 2021).

Para a conservação das abelhas, é essencial preservar áreas contínuas de floresta e minimizar a fragmentação. Além disso, a manutenção de corredores ecológicos pode ajudar a conectar áreas isoladas, permitindo que as abelhas se movam entre fragmentos de habitat e mantenham populações saudáveis (Hipólito et al., 2023).

As abelhas neotropicais possuem uma relação intrínseca com a floresta, especialmente no contexto de suas microbiotas intestinais, que são fortemente influenciadas pelo ambiente florestal. A diversidade microbiana dessas abelhas varia significativamente entre as estações (chuvosa e seca), refletindo mudanças na disponibilidade de recursos florais e nas interações ecológicas ao longo do ano. Além disso, características ecofisiológicas, como o comprimento da língua e o comportamento de forrageamento, influenciam não apenas os padrões de visitação das flores, mas também a composição microbiana intestinal das abelhas. Essa relação sugere que fatores ambientais, como a estrutura e a sazonalidade da vegetação, desempenham um papel essencial na manutenção da diversidade microbiana, afetando a saúde das abelhas e sua eficiência na polinização. Assim, as dinâmicas florestais sazonais moldam tanto as interações das abelhas com as plantas quanto à estabilidade de suas microbiotas intestinais, destacando a complexa relação entre a fisiologia desses insetos e o ecossistema em que estão inseridos (Kueneman et al., 2023).

## **2.2 Abelhas como bioindicadores da qualidade ambiental**

Os bioindicadores consistem em espécies ou grupos de espécies que refletem o estado abiótico ou biótico de um ambiente, demonstrando de que forma alterações ambientais impactam um habitat, comunidade ou ecossistema. Esses organismos são essenciais para avaliar se tais mudanças possuem efeitos benéficos ou prejudiciais. Utilizados no monitoramento da saúde dos ecossistemas, os bioindicadores também podem representar a diversidade de outros grupos taxonômicos presentes em um determinado habitat. Sua sensibilidade às variações ambientais os torna ferramentas indispensáveis para a detecção de poluentes e para a análise da qualidade do solo, da água e do ar (Chowdhury et al., 2023).

Os insetos são úteis para avaliar o impacto das atividades humanas nos ecossistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos, podendo ser utilizados para avaliar contaminantes e monitorizar a poluição ambiental, uma vez que são sensíveis a mudanças ambientais mínimas e podem ser usados para rastrear diferentes toxinas ambientais (Chowdhury et al., 2023).

Neste sentido, Hipólito et al., (2023) sugerem que as abelhas Euglossini podem ser boas bioindicadoras da qualidade do ambiente, respondendo a fatores estressantes como a fragmentação florestal. Portanto, a deflorestação pode afetar a composição e a riqueza de espécies de abelhas, refletindo a degradação do ambiente.

Sua alta sensibilidade a variações ambientais, como poluição e alterações climáticas, permite a detecção precoce de processos de degradação ambiental. Insetos como abelhas, borboletas e besouros, por exemplo, são amplamente utilizados na avaliação da qualidade do solo, da água e do ar, devido à sua rápida resposta a modificações nas condições ambientais (Chowdhury et al., 2023).

As abelhas são consideradas bioindicadores eficientes de poluição ambiental devido à sua capacidade de explorar amplas áreas durante a coleta de recursos como néctar, pólen e água, acumulando contaminantes ambientais, incluindo metais pesados. Essas características permitem que elas atuem como sensores móveis, refletindo alterações no ambiente. Esse reflexo pode ser evidenciado tanto de forma direta, por meio de sua mortalidade, quanto de forma indireta, por meio da análise de produtos da colmeia, como própolis, pólen e cera. Embora os produtos da colmeia sejam amplamente utilizados no monitoramento ambiental, em algumas situações, as próprias abelhas apresentam maior eficiência como bioindicadores. Fatores como a localização das colônias e a disponibilidade de fontes florais influenciam a composição química das abelhas e de seus produtos, destacando sua sensibilidade às condições ambientais (Farias et al., 2023).

Portanto a escolha de bioindicadores deve ser baseada em critérios específicos, como a amplitude de sua distribuição geográfica, o grau de especialização em relação às condições do habitat e sua capacidade de fornecer sinais precoces de alterações ambientais.

### **2.3 Ecologia do Cerrado: características e impactos ambientais**

O Cerrado é reconhecido como um bioma de relevância global para a conservação da biodiversidade, sendo classificado como um dos 25 hotspots mundiais devido à sua elevada diversidade biológica e à intensa pressão antrópica que enfrenta. No Brasil, estima-se que apenas 20% de sua cobertura original permaneça preservada, enquanto apenas 2,2% estão protegidos por áreas de conservação. A situação no estado de São Paulo é ainda mais crítica, com menos de 7% da vegetação original remanescente e apenas 0,5% sob proteção em unidades de conservação (Pinheiro; Durigan., 2009).

A expansão desordenada de atividades humanas, como agricultura e pecuária, tem gerado impactos severos, incluindo a fragmentação de habitats, perda de biodiversidade e proliferação de espécies invasoras. Além disso, a ocupação inadequada tem provocado problemas ambientais, como erosão do solo, poluição de aquíferos, alterações no regime de queimadas e no ciclo do carbono, contribuindo para mudanças climáticas regionais. Por outro lado, a redução de pressões como pastoreio e incêndios tem promovido mudanças estruturais nas formações vegetais do Cerrado, resultando no aumento da biomassa e no desenvolvimento de uma vegetação mais densa (Pinheiro; Durigan, 2009).

O trabalho de Scariot et al. (2005) destacou que as atividades antrópicas, como o desmatamento e a conversão do Cerrado em monoculturas agrícolas, como soja, algodão e pastagens, têm gerado impactos profundos sobre o bioma, afetando tanto sua biodiversidade quanto os serviços ecossistêmicos essenciais, como a ciclagem de nutrientes, a recarga de aquíferos e o fluxo hídrico. A facilidade de remoção da vegetação nativa, associada à ausência de um planejamento adequado para o uso da terra e dos recursos naturais, agrava os efeitos negativos, provocando alterações no ciclo hidrológico e comprometendo a sustentabilidade das atividades econômicas e sociais. Ademais, a ocupação desordenada e a conversão de habitats naturais em áreas agrícolas intensificam os riscos de perda de espécies endêmicas e a degradação ambiental em larga escala, evidenciando a fragilidade do Cerrado frente às pressões humanas.

De acordo com Callisto et al. (2019), o Cerrado, reconhecido por sua elevada biodiversidade e expressivo endemismo, está submetido a crescentes pressões antrópicas que ameaçam sua integridade ecológica. Fatores como o desmatamento e a conversão de áreas naturais em monoculturas agrícolas, a exemplo da soja e da cana-de-açúcar, resultam na fragmentação de habitats, na redução da biodiversidade e na degradação de serviços ecossistêmicos essenciais, como a ciclagem de nutrientes e a regulação hídrica. Além disso, a urbanização agrava esse cenário ao deteriorar a qualidade das águas em bacias hidrográficas e afetar comunidades de organismos aquáticos bioindicadores, associando-se diretamente à poluição orgânica e à perda de integridade ecológica dos ecossistemas fluviais. Nesse contexto, estratégias eficazes de conservação e manejo sustentável tornam-se indispensáveis para mitigar os impactos ambientais e preservar a biodiversidade do bioma, em consonância com as observações de Pinheiro e Durigan (2009) e Scariot et al. (2005).

## 2.4 Diversidade e distribuição de abelhas no Cerrado

O Cerrado apresenta uma diversidade de espécies de abelhas Euglossini inferior à de outros biomas brasileiros, como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica; contudo, espécies como *Eulaema nigrita* (Lepelletier, 1841) e *Euglossa melanotricha* (Moure, 1967) destacam-se como predominantes em áreas de Cerrado *sensu stricto* no Triângulo Mineiro, evidenciando ampla distribuição e adaptabilidade a ambientes abertos, em contraste com outras abelhas Euglossini, tipicamente associadas a matas tropicais úmidas. Essas espécies apresentam adaptações locais, como a preferência por compostos específicos, como cineol, eugenol e vanilina, os quais podem ser empregados como iscas para atrair machos em estudos de biodiversidade. As variações na composição de espécies entre diferentes áreas do Cerrado podem ser explicadas pelas diferenças fitofisionômicas, ressaltando a importância dos remanescentes florestais para a manutenção da diversidade local (Alvarenga et al., 2007).

A região de transição entre o Cerrado e a Amazônia apresenta a maior abundância de abelhas concentrada na família Apidae, com uma diversidade de espécies adaptadas aos diferentes ambientes. As adaptações dessas abelhas, tanto morfológicas quanto comportamentais, são essenciais para sua eficiência como polinizadoras, destacando-se as peças bucais especializadas para coleta de néctar e pólen, além de um comportamento social que facilita a comunicação sobre fontes alimentares. A diversidade de abelhas é influenciada por fatores ecológicos, como a disponibilidade de flores e as condições climáticas, o que reflete um padrão comum nas regiões neotropicais, onde muitas espécies são raras e algumas dominam numericamente. Tais adaptações são fundamentais para garantir a continuidade da polinização em ecossistemas sujeitos a mudanças constantes, especialmente em áreas sob pressão ambiental (Santos et al., 2004).

As abelhas destacam-se como os principais agentes polinizadores no cerrado sentido restrito, sendo responsáveis pela polinização de pelo menos 85% das espécies vegetais em cada fragmento estudado. Sua predominância é evidente em todos os estratos verticais da vegetação nativa, alcançando 100% das espécies herbáceas e lianas em determinados fragmentos florestais. Entre as principais espécies de abelhas registradas nas áreas de cerrado sentido restrito do Triângulo Mineiro estão representantes das tribos Euglossini, Tapinotaspidini e Centridini, como *E. nigrita* e *Euglossa imperialis* (Cockerell, 1922), além de abelhas do gênero *Xylocopa*. As famílias botânicas frequentemente associadas à polinização por abelhas incluem Fabaceae, Asteraceae, Malpighiaceae e Myrtaceae, com destaque para espécies como

*Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip e *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil.. Tais interações reforçam o papel crucial das abelhas na manutenção da biodiversidade do cerrado (Silva et al., 2012).

Alvarenga et al. (2007) registraram a ocorrência de nove espécies da tribo Euglossini em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, com destaque para *E. nigrita*, *E. melanotricha* e *Euglossa imperialis* como as mais abundantes. Apesar de a tribo Euglossini ser comumente associada a florestas tropicais úmidas, algumas espécies foram encontradas em fitofisionomias savânicas do cerrado. A diversidade de abelhas neste bioma varia conforme as características das diferentes fitofisionomias presentes. Embora a riqueza de Euglossini no cerrado seja inferior à observada em biomas como a Amazônia e a Mata Atlântica, o bioma ainda apresenta uma diversidade relevante, justificando esforços adicionais de pesquisa para compreender a distribuição das espécies e os fatores que sustentam a manutenção dessas populações.

No cerrado paulista, foram registradas 103 espécies de abelhas distribuídas em cinco famílias, sendo a família Apidae a mais representativa, com 68 espécies. Esses dados reforçam a relevância das abelhas como polinizadoras fundamentais nos ecossistemas de cerrado, onde aproximadamente 75% das espécies vegetais dependem delas para a reprodução. Comparativamente a um levantamento realizado há 16 anos, foram observadas mudanças na composição da fauna apícola, atribuídas à urbanização e à conversão de áreas naturais em monoculturas de cana-de-açúcar e pastagens. Tais alterações enfatizam a importância do monitoramento contínuo das populações de abelhas, considerando o papel essencial que desempenham na preservação da biodiversidade e na manutenção da funcionalidade dos ecossistemas locais (Andena, S. R. et al., 2005).

## **2.5 Serviços ecossistêmicos proporcionados pelas abelhas**

As abelhas desempenham um papel crucial como principais agentes de polinização, um serviço ecossistêmico indispensável tanto para sistemas naturais quanto agrícolas. Este processo ecológico não apenas garante a disseminação de plantas e a variabilidade genética essencial para a sobrevivência das espécies, mas também contribui para a produção de frutos de maior qualidade e para a manutenção de biomas equilibrados. Além disso, a polinização realizada por abelhas está diretamente ligada à segurança alimentar, representando aproximadamente 10% do PIB agrícola mundial, com valor superior a 200 bilhões de dólares

anuais. Entretanto, fatores como desmatamento, uso de agrotóxicos e mudanças climáticas têm provocado o declínio dessas populações, colocando em risco a integridade ambiental e a produção agrícola global (Barbosa et al., 2017).

As abelhas, além de sua função ecológica essencial, apresentam uma importância econômica significativa, especialmente em áreas tropicais, onde até 90% das árvores dependem de animais polinizadores para sua reprodução. Estima-se que 33% da alimentação humana global dependa de plantas cultivadas polinizadas, frequentemente por abelhas, o que demonstra o papel central desses insetos para a segurança alimentar. No Brasil, por exemplo, culturas como café e canola têm sua produtividade aumentada em até 50% e 53%, respectivamente, quando há presença de polinizadores em paisagens amigáveis. Esse aumento na produção ressalta a relevância de práticas que promovam a conservação ambiental, garantindo habitats adequados para esses agentes essenciais e contribuindo para um equilíbrio entre agricultura e sustentabilidade (Imperatriz-Fonseca & Nunes-Silva, 2010).

As abelhas desempenham um papel crucial na polinização, sendo responsáveis por cerca de 75% da polinização animal em zonas tropicais. Este serviço ecossistêmico é fundamental não apenas para a reprodução de diversas espécies vegetais, mas também para a produtividade agrícola, uma vez que um terço da produção agrícola global depende da polinização animal. A contribuição das abelhas é, portanto, vital para a conservação da diversidade genética da flora e para a sustentabilidade dos ecossistemas" (Vieira et al., 2021).

Um exemplo da importância econômica da polinização natural é a realizada por abelhas mamangavas (*Xylocopa* spp.) onde apresenta um valor econômico direto e significativo na produção agrícola. No cultivo do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*, Sims), essas abelhas são essenciais para a fecundação das flores, garantindo a formação de frutos. A ausência desse serviço ecossistêmico exigiria a realização de polinização manual, elevando os custos de produção. Estudos realizados em propriedades de Minas Gerais demonstraram que o serviço de polinização das mamangavas pode gerar uma economia de aproximadamente 33 mil reais em três anos, ao evitar gastos com mão de obra. Esses dados evidenciam não apenas a relevância econômica desse serviço, mas também a necessidade de práticas de conservação que assegurem habitats adequados para a sobrevivência dessas abelhas, reforçando sua importância para a sustentabilidade agrícola (Vieira et al., 2010).

O serviço ecossistêmico de polinização realizado por abelhas é vital tanto para a economia quanto para a manutenção da biodiversidade. Cerca de 80% das plantas utilizadas para alimentação humana dependem desse serviço, sendo que, no Brasil, 141 espécies

cultivadas para alimentação, produção animal e biodiesel são polinizadas majoritariamente por abelhas. No entanto, práticas insustentáveis, como o uso de agrotóxicos neonicotinóides, têm contribuído para o declínio significativo das populações de abelhas, afetando sua sobrevivência, comportamento e capacidade de polinização. Essa redução populacional impacta negativamente a produção agrícola e compromete a resiliência dos agroecossistemas. A adoção de estratégias sustentáveis, como a agroecologia, surge como alternativa para mitigar esses impactos, promovendo a conservação dos habitats das abelhas e a diversificação de sistemas produtivos (Ferreira et al., 2022).

## **2.6 Impactos das mudanças ambientais sobre as comunidades de abelhas**

A fragmentação de habitats, mudanças climáticas, uso de agrotóxicos e perda de flora estão entre os principais fatores que impactam negativamente a diversidade e funcionalidade das comunidades de abelhas. A intensificação da agricultura, associada à urbanização, reduz áreas naturais ricas em recursos florais e sítios de nidificação, enquanto o aumento da temperatura global e a introdução de patógenos agravam a vulnerabilidade desses insetos. No Brasil, as práticas insustentáveis têm levado a um declínio populacional marcante, com consequências para a polinização e a biodiversidade vegetal. As projeções indicam que essas pressões podem resultar na extinção de diversas espécies selvagens até 2080, especialmente em biomas como o Cerrado e a Mata Atlântica, onde os efeitos são mais acentuados (Pinto et al., 2023).

As pressões antrópicas não apenas comprometem a sobrevivência das abelhas sem ferrão, mas também afetam diretamente os serviços ecossistêmicos essenciais que elas oferecem, como a polinização de culturas agrícolas. A expansão da agricultura e o uso de defensivos químicos têm reduzido os recursos florais disponíveis e os locais de nidificação, enquanto o aumento das temperaturas globais altera os padrões de comportamento e sobrevivência desses polinizadores. Diante desse cenário, medidas como a restauração de habitats, redução do uso de pesticidas e manejo sustentável são fundamentais para garantir a conservação das abelhas nativas e, conseqüentemente, a manutenção da biodiversidade e da segurança alimentar (Caetano et al., 2024).

O avanço da agricultura convencional, caracterizado pelo uso intensivo de agrotóxicos e pela monocultura, tem provocado desequilíbrios ecológicos que afetam diretamente as populações de abelhas. A contaminação ambiental resultante da aplicação indiscriminada de

pesticidas prejudica não apenas a sobrevivência desses insetos, mas também a qualidade do solo e dos recursos hídricos. Além disso, a fragmentação de habitats causada pelo desmatamento e pela expansão agrícola reduz significativamente as áreas disponíveis para a alimentação e a nidificação dessas abelhas. Para enfrentar esses desafios, práticas agroecológicas, como a implementação de Sistemas Agroflorestais (SAFs), têm demonstrado potencial para promover a conservação ambiental, aliando produtividade agrícola à preservação da biodiversidade. Essa abordagem é crucial para mitigar os impactos negativos das atividades humanas sobre os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas abelhas (Shimizu; Mourão, 2022).

## **2.7 Políticas de conservação para abelhas e habitats no Cerrado**

As políticas de conservação no Cerrado devem priorizar estratégias que integrem a recuperação de habitats e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. A diversificação vegetal em áreas agrícolas, como a policultura e as áreas de restauração, desempenha um papel crucial para aumentar a diversidade e a abundância das comunidades de abelhas. Estudos mostram que a policultura proporciona maior riqueza de espécies, enquanto áreas de monocultura apresentam menor diversidade devido à simplificação dos habitats e ao uso intensivo de agroquímicos. Além disso, as áreas restauradas, que utilizam técnicas como plantio de espécies nativas e semeadura direta, são fundamentais para a nidificação e alimentação das abelhas, favorecendo o equilíbrio dos ecossistemas e o sucesso de projetos de restauração. Essas abordagens destacam a importância de integrar políticas públicas que conciliem conservação ambiental com produtividade agrícola sustentável no Cerrado (Torres et al., 2023).

A conservação de abelhas e seus habitats no Cerrado exige a implementação de políticas que priorizem a restauração de áreas degradadas e a proteção de fragmentos florestais, integrando práticas sustentáveis e legislações ambientais. Projetos como os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) são essenciais para reverter os impactos do desmatamento, utilizando espécies vegetais nativas que oferecem recursos essenciais para os polinizadores. Além disso, iniciativas de educação ambiental têm demonstrado ser eficazes para sensibilizar as comunidades locais sobre a importância ecológica e econômica das abelhas, especialmente em biomas altamente ameaçados, como o Cerrado. A adoção de metodologias como a Valoração Econômica de Recursos Ambientais (VERA) pode ser uma estratégia inovadora para estimar o valor dos serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas, incentivando investimentos em conservação e manejos sustentáveis (Silva et al., 2021).

As estratégias de conservação externas para as abelhas no bioma Cerrado devem priorizar a restauração de habitats naturais e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis que minimizem os impactos negativos do uso de agrotóxicos. A meliponicultura desponta como uma abordagem promissora para a preservação das espécies nativas. Além disso, programas de educação ambiental direcionados às comunidades rurais são essenciais para mitigar os efeitos adversos de atividades como desmatamentos e queimadas. Essas medidas são indispensáveis, não apenas para a manutenção da biodiversidade regional, mas também para garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos fundamentais prestados por esses polinizadores, particularmente a polinização, que é um elemento chave para a sustentabilidade da produção agrícola no Cerrado (Da Silva et. al., 2023).

As políticas de conservação externas para as abelhas e seus habitats no Cerrado têm enfatizado a importância de práticas sustentáveis, como a meliponicultura, não apenas como estratégia de preservação, mas também como instrumento para promover a educação ambiental e a sustentabilidade. Iniciativas como a Resolução CONAMA n.º 496/2020 e a Resolução SIMA n.º 11/2021 destacam a relevância das abelhas nativas sem ferrão (ASF) para a polinização, a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento. Estudos sustentáveis apontam que a criação de meliponários e o manejo sustentável dessas abelhas são direcionados diretamente para a redução do desmatamento e do uso de agrotóxicos, além de promoverem a inclusão de temas ambientais em projetos educacionais, destacando o papel do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como mediadoras entre a conservação ambiental e o progresso econômico (De Andrade et al., 2024).

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Paulo Emílio Ferreira; FREITAS, Rafael Fosca; AUGUSTO, Solange Cristina. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 1, p. 30-37, 2007.
- ANDENA, Sergio Ricardo; BEGO, Luci Rolandi; MECCHI, Maria Rita. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 7, n. 1, 2005.
- BARBOSA, Deise Barbosa et al. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 3, n. 4, p. 694-703, 2017.
- BULHOES, Felina Kelly Marques et al. Checklist of bee species (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in the urban areas of Cerrado in Barreiras, Bahia, Brazil. *EntomoBrasilis*, v. 14, p. e978-e978, 2021.
- CAETANO, Talita Spadim Gervasio et al. A importância das abelhas sem ferrão na polinização das culturas agrícolas no Brasil. *REVISTA DELOS*, v. 17, n. 61, 2024.
- CALLISTO, Marcos; MORENO, Pablo; MACEDO, Diego Rodrigues. Biomonitoramento e pressões da urbanização: Uma abordagem integrada entre Ecologia e Geografia na bacia do rio das Velhas. *Revista Espinhaço*, 2019.
- CELLI, Giorgio; MACCAGNANI, Bettina. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, v. 56, n. 1, p. 137-139, 2003.
- CHOWDHURY, Sanhita et al. Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, v. 11, 2023.
- DA SILVA, Ana Luiza et al. Abelha Arapuá no Pajeú pernambucano: os desafios das práticas agrícolas convencionais e sua sobrevivência The Arapuá bee in the Pajeú region of pernambuco: the challenges of conventional agricultural practices and its survival. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais*, v.16, n.7, p. 5998-6015, 2023
- DE ANDRADE, Nayara Lanca et al. ABELHAS SEM FERRÃO: conhecimento atual e conscientização ambiental. *Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal*, v. 4, n. 1, p. e4107-e4107, 2024.
- FARIAS, Renata Almeida; NUNES, Chalder Nogueira; QUINÁIA, Sueli Pércio. Bees reflect better on their ecosystem health than their products. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 33, p. 79617-79626, 2023.
- FERREIRA, Paloma Estefane Santana; LOPES, Rafaela Dembiski; MURATA, Afonso Takao. Efeitos provocados por neonicotinóides sobre abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Cadernos de Agroecologia*, v. 17, n. 3, 2022.
- HIPÓLITO, Juliana; MAGNUSSON, William E.; BACCARO, Fabricio. Optimizing survey effort for Euglossine bees in tropical forests. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 21, n. 3, p. 253-262, 2023.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; NUNES-SILVA, Patrícia. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropica*, v. 10, p. 59-62, 2010.

KUENEMAN, Jordan G. et al. Neotropical bee microbiomes point to a fragmented social core and strong species-level effects. *Microbiome*, v. 11, n. 1, p. 150, 2023.

MARIANO, Aline Mariza Costa et al. Where the risk is more intense: riparian forests keep the euglossine bees community most affected by anthropic disturbance in the Caatinga dry forest. *Urban Ecosystems*, p. 1-14, 2024.

PINHEIRO, Eduardo Da Silva; DURIGAN, Giselda. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 32, p. 441-454, 2009.

PINTO, Zeneida Teixeira et al. Análise do declínio populacional de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) no Brasil e seus efeitos ambientais e econômicos. *Journal of Education Science and Health*, v. 3, n. 3, p. 01-12, 2023.

SANTOS, Florisvaldo Mesquita dos; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de; SILVA, Rejane Ferreira. Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de transição Cerrado-Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 34, p. 319-328, 2004.

SHIMIZU, Marian Yuka; MOURÃO, Marco Antônio Nogueira. Gestão ambiental como ferramenta mitigadora de impactos ambientais provocados por pesticidas que afetam populações da espécie de abelha sem ferrão *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae). *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 4, p. 1731-1749, 2022.

SILVA, Cleber Vinicius Akita Vitorio; DE ALMEIDA, Josimar Ribeiro. MONITORAMENTO DA COMUNIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APIDAE) NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA VIA EXPRESSA TRANSOLÍMPICA. *Revista Internacional de Ciências*, v. 11, n. 1, p. 97-116, 2021.

SILVA, Cláudia Inês da; ARAÚJO, Glein; OLIVEIRA, Paulo Eugênio Alves Macedo de. Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, p. 748-760, 2012.

SCARIOT, Aldicir; FELFILI, Jeanine M.; SILVA, José Carlos Sousa. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005.

TOLEDO-HERNÁNDEZ, Erubiel et al. The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie*, v. 53, n. 1, p. 8, 2022.

TORRES, Adrielly Maia; SOBREIRO, Ana Isabel; JUNIOR, Valter Vieira Alves. Diversidade de abelhas em ambiente rural em área de transição entre os biomas de Mata Atlântica e Cerrado. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, v. 21, n. 10, p. 17327-17343, 2023.

TURRISI, G. F. et al. Bee diversity in fragmented areas of Volcano Etna (Sicily, Italy) at different degrees of anthropic disturbance (Hymenoptera: Apoidea, Anthophila). *Journal of Entomological and Acarological Research*, v. 53, n. 1, 2021.

VIEIRA, Fernanda Rodrigues; ANDRADE, Daniel Caixeta; RIBEIRO, Francis Lee. A polinização por abelhas sob a perspectiva da Abordagem de Serviços Ecosistêmicos (ASE). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 4, p. 544-560, 2021.

VIEIRA, Patrícia Fernanda da Silva Pereira et al. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. *Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 15, p. 0043-53, 2010.

## SEGUNDA PARTE - ARTIGO

### ARTIGO 1 - FAUNA DE ABELHAS (HYMENOPTERA: ANTHOPHILA) COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA DE CERRADO Bee fauna (Hymenoptera: Anthophila) as a bioindicator of environmental quality in a Cerrado area

#### ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA FLORESTA & AMBIENTE

##### Resumo

O estudo aborda a importância do Cerrado, um dos biomas mais biodiversos do Brasil, destacando sua relevância ecológica e os serviços ecossistêmicos que oferece, como a polinização. No entanto, o Cerrado enfrenta ameaças significativas, como o desmatamento e a conversão de áreas naturais em monoculturas, que impactam diretamente a biodiversidade, especialmente as espécies de abelhas, principais polinizadoras. A fragmentação do habitat e a expansão urbana reduzem a conectividade entre populações de abelhas, aumentando o risco de extinções locais e comprometendo a diversidade genética. A pesquisa foi conduzida em fragmentos florestais de Cerrado na região de Serrinha, no município de Frutal, Minas Gerais, onde foram analisadas comunidades de abelhas em três tipos de habitats: pastagem, cana-de-açúcar e floresta ripária. Para a coleta de abelhas, foram utilizadas armadilhas do tipo pan-trap e armadilhas aromáticas, com foco nas espécies das famílias Apidae e Euglossini. A análise dos dados empregou índice de diversidade o de Shannon-Wiener, para avaliar a diversidade, o índice de Similaridade de Jaccard, para comparar a composição das comunidades entre os habitats e o índice de Equitabilidade (J'). Os resultados revelaram que a floresta ripária e a pastagem apresentaram maior diversidade de abelhas, enquanto a cana-de-açúcar exibiu menor diversidade, provavelmente devido à homogeneização do ambiente. Espécies como *Eulaema nigrita*, *Augochoropsis* sp1 e *Apis mellifera* foram as mais abundantes, com distribuições variadas entre os habitats. As armadilhas pan-trap de cores amarela e azul destacaram-se como as mais eficientes na captura de abelhas. O estudo conclui que as abelhas são bioindicadores eficientes da qualidade ambiental no Cerrado, e sua diversidade varia significativamente entre os tipos de vegetação. A conservação de habitats diversificados, como florestas ripárias, é essencial para manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Estratégias de manejo que promovam a conectividade entre habitats e a disponibilidade de recursos florais são fundamentais para a sustentabilidade dos ecossistemas do Cerrado.

**Palavras-chave:** Cerrado; abelhas; biodiversidade; serviços ecossistêmicos.

##### Abstract

The importance of Cerrado region, one of the most biodiverse biomes in Brazil, emphasizing its ecological relevance and the ecosystem services it provides, such as pollination. However, the Cerrado faces significant threats, including deforestation and the conversion of natural areas into monocultures, which directly impact biodiversity, particularly bee species, the primary pollinators. Habitat fragmentation and urban expansion reduce connectivity among bee populations, increasing the risk of local extinctions and compromising genetic diversity. The research was conducted in Cerrado forest fragments in the Serrinha region, municipality of Frutal, Minas Gerais, where bee communities were analyzed in three habitat types: pastures, sugarcane fields, and riparian forests. For bee collection, pan-traps and aromatic traps were used, focusing on species from the Apidae and Euglossini families. Data analysis employed indices such as Shannon-Wiener to assess diversity and Jaccard Similarity to compare community composition across habitats. The results revealed that riparian forests and pastures exhibited higher bee diversity, while sugarcane fields showed lower diversity, likely due to environmental homogenization. Species such as *Eulaema nigrita*, *Augochoropsis* sp.1, and *Apis mellifera* were the most abundant, with varied distributions across habitats. Yellow and blue pan-traps were the most efficient in capturing bees. The study concludes that bees are effective bioindicators of environmental quality in the Cerrado, and their diversity varies significantly among vegetation types. The conservation of diverse habitats, such as riparian forests, is essential to maintain biodiversity and ecosystem services. Management strategies that promote habitat connectivity and the availability of floral resources are crucial for the sustainability of Cerrado ecosystems.

**Keywords:** Cerrado; bees; biodiversity; ecosystem services.

## INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos biomas mais ricos em biodiversidade e desempenha um papel crucial na oferta de serviços ecossistêmicos essenciais para a manutenção dos ecossistemas e do bem-estar humano. Sua flora possui um alto potencial para a provisão de recursos naturais, incluindo plantas medicinais e espécies indispensáveis à conservação da fauna nativa. No entanto, a fragmentação dos habitats e a conversão do Cerrado em áreas agrícolas de monoculturas ameaçam diretamente tanto a vegetação quanto os polinizadores, comprometendo a sustentabilidade desse ecossistema. Diante desse cenário, a implementação de medidas de conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais são fundamentais para garantir a preservação da biodiversidade e a continuidade dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo bioma (Da Silva Vargem et al., 2024).

A conservação do Cerrado brasileiro é essencial devido à sua relevância ecológica e aos serviços ecossistêmicos que oferece. De acordo com Francisco et al. (2024), o Cerrado, como o segundo maior bioma do Brasil, abriga uma biodiversidade expressiva, com muitas espécies

endêmicas e ameaçadas de extinção. Entretanto, cerca de 55% de sua área original já foi desmatada, e apenas 8,21% do que resta está protegido por Unidades de Conservação (UC). Essas áreas desempenham um papel crucial na proteção da biodiversidade e dos recursos naturais, garantindo a manutenção de habitats adequados e populações saudáveis, além de assegurar serviços ecossistêmicos essenciais, como o controle biológico e a polinização, realizados por organismos como as vespas sociais. Nesse contexto, a preservação do Cerrado é indispensável para proteger sua biodiversidade e garantir a continuidade das funções ecológicas que beneficiam o meio ambiente e a sociedade.

A polinização é um serviço ecossistêmico essencial para a manutenção da biodiversidade e para a produtividade agrícola, sendo as abelhas os principais agentes desse processo. No contexto do Cerrado, onde a manipulação ambiental tem reduzido significativamente os habitats naturais, a dependência de polinizadores nativos para a produção de diversas culturas reforça a necessidade de estratégias de conservação (Yamamoto et al., 2010).

A fragmentação do habitat é amplamente reconhecida como uma das principais ameaças às comunidades de abelhas, criando barreiras físicas que limitam a dispersão e a conectividade entre populações. Essa fragmentação reduz o tamanho efetivo das populações, aumentando o risco de extinções locais e comprometendo a diversidade genética. Além disso, a expansão urbana e a redução de áreas naturais, incluindo agroecossistemas como os citrícolas, resultam na perda de recursos essenciais, como fontes de forragem e locais adequados para nidificação. Nesse contexto, Turrisi et al. (2021) destacam que a conservação dessas comunidades depende da preservação de áreas marginais com alta diversidade floral e condições propícias para a nidificação, particularmente em ambientes urbanos e agrícolas.

A bioindicação tem se destacado como uma ferramenta eficaz no monitoramento ambiental, permitindo a avaliação dos impactos antrópicos sobre os ecossistemas. Insetos da ordem Hymenoptera, como as abelhas, possuem características que os tornam excelentes bioindicadores, pois apresentam sensibilidade às mudanças ambientais e resposta rapidamente às perturbações ecológicas para a formulação de políticas públicas voltadas à preservação do Cerrado, permitindo a identificação precoce de impactos ambientais e auxiliando na mitigação dos efeitos da fragmentação e da contaminação dos ecossistemas (De Oliveira Santos et al., 2021).

Os bioindicadores desempenham um papel fundamental no monitoramento de alterações ambientais, fornecendo informações sobre a saúde dos ecossistemas e a presença de

poluentes. Trata-se de espécies ou grupos de espécies que refletem as condições abióticas e bióticas de um ambiente, evidenciando os impactos das mudanças ambientais sobre habitats, comunidades ou ecossistemas, sejam eles positivos ou negativos (Chowdhury et al., 2023).

A utilização de insetos como bioindicadores tem se mostrado uma ferramenta eficaz para o monitoramento ambiental, especialmente em ecossistemas impactados por atividades antrópicas. Insetos das ordens Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera destacam-se por sua sensibilidade a mudanças ambientais, desempenhando papéis ecológicos essenciais, como ciclagem de nutrientes, decomposição de material orgânico animal/vegetal, polinização e regulação de populações (Oliveira et al., 2014). A ordem Coleoptera, por exemplo, é amplamente utilizada em estudos de bioindicadores devido à sua diversidade e abundância em diferentes ecossistemas, sendo sensível a alterações na estrutura do habitat. Já os Hymenoptera, representados por formigas e abelhas, são frequentemente empregados para avaliar a qualidade ambiental em áreas degradadas, urbanas ou agrícolas, devido à sua rápida resposta a estressores ecológicos. A padronização de métodos de coleta e análise é fundamental para garantir a comparabilidade dos resultados e a eficácia do uso desses organismos em programas de monitoramento ambiental.

A otimização do esforço de amostragem é fundamental para a conservação da biodiversidade, especialmente no caso das abelhas Euglossini, que desempenham um papel crucial como bioindicadores. Segundo Hipólito et al. (2023), a distribuição de armadilhas em áreas extensas é mais eficiente do que sua concentração em pequenas regiões, permitindo uma avaliação mais representativa do ambiente. Essas abelhas são altamente sensíveis a alterações ambientais e possuem um papel ecológico significativo, fornecendo informações valiosas sobre a saúde dos ecossistemas tropicais. Sua utilização como bioindicadores destaca sua importância para o manejo e a conservação ambiental, além de evidenciar sua relevância na manutenção da qualidade ambiental.

A perturbação antrópica afeta negativamente a comunidade de abelhas e outros polinizadores, especialmente em áreas próximas a cursos de água. Estudos de Mariano et al. (2024) evidenciam que a abundância, riqueza de espécies e diversidade das abelhas diminuem significativamente com a proximidade dos rios, sendo essas condições agravadas em locais com maior intensidade de interferência humana, conforme demonstrado pelo Índice de Transformação Antrópica (ATI). Além de impactar as abelhas, a perturbação antrópica também prejudica outros grupos de insetos polinizadores, como borboletas, moscas e formigas, destacando a importância dos habitats naturais na preservação da biodiversidade. Esses

resultados reforçam a necessidade de mitigar as atividades humanas que comprometem a integridade ecológica, especialmente em ecossistemas sensíveis.

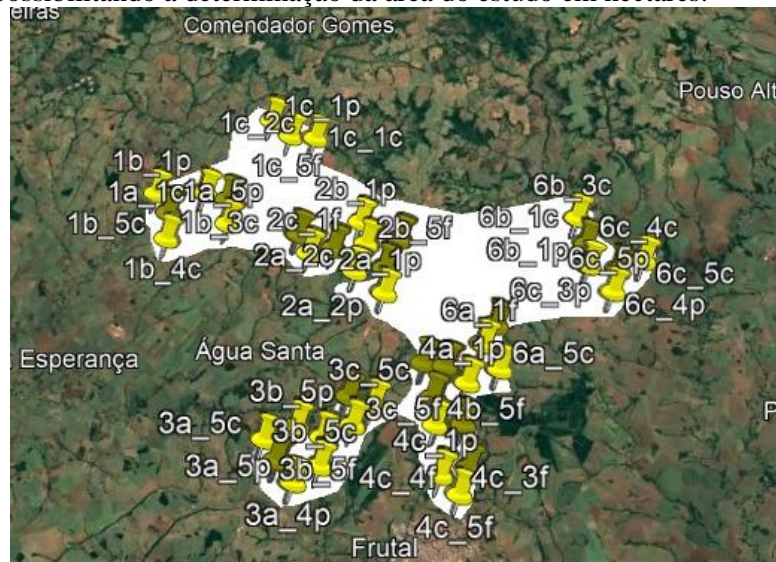
Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar e comparar a riqueza e a diversidade de abelhas em três diferentes tipos de uso da terra (floresta, lavoura e pastagem) localizados no entorno de nascentes no Cerrado mineiro, por meio de amostragens realizadas com armadilhas aromáticas e armadilhas do tipo Pan-Trap.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área do estudo

O estudo foi realizado na região da Serrinha, uma área de Cerrado que abrange fragmentos florestais, plantações de cana-de-açúcar e pastagens. A área estudada está localizada entre as coordenadas 19°46'52"–20°01'28" S e 48°49'29"–49°08'53" O. Situada no município de Frutal, Minas Gerais, a região da Serrinha é um importante repositório de fauna e flora, além de desempenhar um papel essencial no abastecimento de água para uso humano e animal. A área específica amostrada no estudo foi estimada em 37 hectares.

**Imagem 1-** O polígono em branco delimita a área onde os dados foram coletados, possibilitando a determinação da área do estudo em hectares.



Fonte: Eduarda Goulart, 2024.

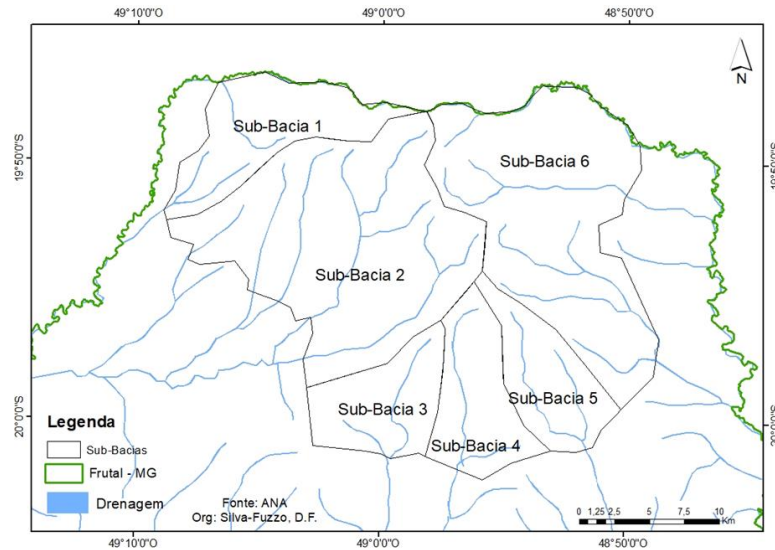
O clima da região é definido como Aw segundo a classificação Köppen-Geiger, tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão apresenta a estação com maiores

índices pluviométricos (Alvares et al., 2014), apresentando temperatura e precipitação média anual de 23,8°C e 1626,9 mm, respectivamente.

### **Amostragem**

Para a realizar a amostragem a área total foi subdividida levando em consideração as sub-bacias presentes. Dessa maneira a área ficou subdividida em seis sub-bacias (Imagem 2).

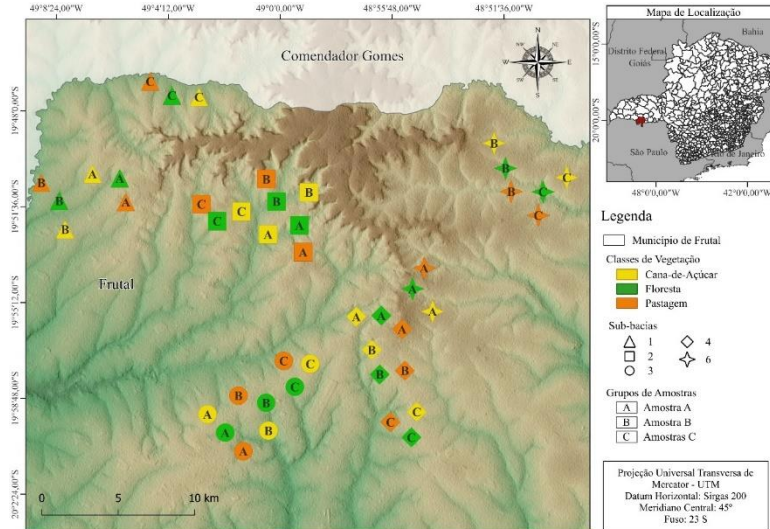
**Imagem 2-** Localização da área de estudo inserida nas sub-bacias dos principais rios no município de Frutal: 1 - Ribeirão São Mateus; 2 - Ribeirão Marimbondo; 3 – Córrego Bebedouro; 4 - Ribeirão Frutal; 5 - Córrego São Bento da Ressaca; 6 - São Francisco.



Fonte: Proposta Chamada FAPEMIG 01/2021, Área de proteção ambiental da serrinha - invertebrados terrestres e aquáticos como indicadores em nascentes do cerrado.

Dentro de cada sub-bacia foram selecionados três principais sistemas de uso da terra, sendo os principais sistemas de uso da terra da região: pastagem, cana-de-açúcar e floresta ripária (Imagem 3). Enfatiza-se que o ponto referente a sub-bacia de número 5 foi perdido durante a amostragem. Em cada área de uso de terra foi instalado um ponto amostral, o que corresponderia a 18 áreas amostrais, mas por ter sido perdido uma das sub-bacias totalizaram 15 áreas amostrais. Para a realização de uma amostragem mais eficiente e com menor riscos de erros amostrais foi garantido que cada ponto amostral estivesse no mínimo a uma distância de 2 Km do outro ponto.

**Imagem 3** – Mapa de identificação dos pontos de coletas e tipos de vegetações.



Fonte: Eduarda Goulart, 2024.

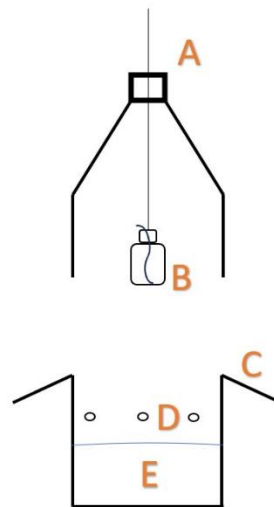
Para a realização das coletas de abelhas foram utilizados dois tipos de amostragem: armadilhas do tipo pan-trap e armadilhas aromáticas confeccionadas com garrafas PET.

As armadilhas pan-traps, foram montadas contendo solução salina + gotas de detergente (para a quebra da tensão superficial), estas foram utilizadas na captura passiva de espécies da família Apidae. As coletas foram realizadas nos picos das estações chuvosa e seca, por quatro dias consecutivos (96 horas), sendo elas fevereiro e outubro de 2023 respectivamente. Em cada uma das áreas, foram utilizados três suportes metálicos contendo as armadilhas pan-traps de quatro cores: branca, azul, amarela e vermelha (dimensões dos recipientes: 13 cm de altura, 8 cm diâmetro da base e 12 cm diâmetro da boca superior). Cada conjunto deste foi mantido distante um do outro por 15 metros.

Para a coleta de abelhas Euglossini, foram mantidos os mesmos sítios da amostragem das pan-traps. Em cada sítio, foi utilizada três armadilhas aromática contendo uma essência específica em cada armadilha (eugenol, salicilato de metila ou vanilina), totalizando 54 armadilhas (6 sub-bacias  $\times$  3 sítios  $\times$  3 essências). As coletas ocorreram nos períodos de pico das estações chuvosa e seca, por quatro dias consecutivos, totalizando 96 horas (4 dias  $\times$  24 horas), essas coletas ocorreram no mês de outubro de 2023 e fevereiro de 2024.

As armadilhas aromáticas foram confeccionadas com garrafas PET de 2 L (Imagem 4), seguindo o protocolo descrito por Sobreiro et al. (2019). Em cada garrafa, foram realizadas duas aberturas laterais que serviram como área de pouso e entrada para as abelhas. As essências atrativas foram acondicionadas em frascos de vidro de 30 ml posicionados na parte central da garrafa, entre as aberturas. Cada frasco possuía uma pequena abertura na tampa, pela qual passava um barbante que funcionava como pavio para dispersar a essência.

**Imagem 4-** Modelo de armadilha para abelhas Euglossina. (A) Tampa com fio metálico que serve como suporte para deixar a armadilha suspensa. (B) Frasco de vidro pequeno com essência atrativa e o barbante que serviu como pavio para a dispersão do aroma. (C) Aberturas laterais que serviram como “área de pouso” para os insetos. (D) Seis aberturas circulares para permitir o escoamento do excesso de água das chuvas e impedir que o material biológico fosse perdido. (E) Solução. Modelo proposto por Campos et al. (1989) com modificações feitas por Sobreiro et al. (2019).



Fonte: Do autor (2025).

Na parte inferior das armadilhas, foi adicionada uma solução composta por água (200 ml), álcool a 92% (100 ml), cloreto de sódio (5 g) e detergente neutro (1 ml). Após cada amostragem, as armadilhas foram retiradas para higienização das garrafas PET e reposição das essências. Os pontos de fixação de cada armadilha foram marcados com fita zebra vermelha para garantir sua reinstalação nos mesmos locais.

Os insetos coletados tanto nas armadilhas pan-traps como nas armadilhas aromáticas foram levados para o Laboratório de Estudos em Abelhas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras/UFLA, Lavras, MG, onde foram triados e posteriormente, montados e etiquetados. Após essa etapa os insetos foram redirecionados para o Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS) no Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, onde sob a supervisão da Profa. Dra. Favízia Freitas de Oliveira foram identificados e devolvidos para a Universidade Federal de Lavras, os quais

permaneceram depositados no Centro de Coleção Entomológica da Universidade Federal de Lavras.

### **Análise dos dados**

Para avaliar a diversidade das comunidades de abelhas nos diferentes habitats, com auxílio do Prof. Luís Cláudio Paterno Silveira do Laboratório de Controle Biológico Conservativo/DEN/UFLA, foram empregadas técnicas para cálculo do Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), uma métrica amplamente empregada em estudos ecológicos para quantificar a diversidade de espécies em um determinado ambiente. Esse índice considera tanto a riqueza de espécies quanto a equitabilidade (uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies), fornecendo uma medida robusta da diversidade. No presente estudo, o Índice de Shannon-Wiener foi aplicado para comparar a diversidade de abelhas entre a floresta, o pasto e a cana, permitindo identificar quais habitats suportam comunidades mais diversas e equilibradas.

Também foi calculado o Índice de Equitabilidade ( $J'$ ), que complementa a análise do Índice de Shannon-Wiener ao avaliar a distribuição uniforme dos indivíduos entre as espécies. Esse índice varia de 0 a 1, onde valores próximos a 1 indicam uma distribuição mais equilibrada.

Por fim, para avaliar a similaridade na composição de espécies entre os habitats, foi utilizado o Índice de Similaridade de Jaccard, que compara a presença e ausência de espécies em diferentes locais. Esse índice varia de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (composição idêntica), permitindo identificar padrões de compartilhamento de espécies entre os habitats.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram coletados um total de 546 indivíduos de abelhas, distribuídos em 66 espécies (tabela 1), destacando-se *Eulaema nigrita* (79 indivíduos), *Augochoropsis spl* (59 indivíduos) e *Apis mellifera* (52 indivíduos) como as espécies mais abundantes. A distribuição dos indivíduos por tipo de vegetação revelou que o pasto foi o habitat com maior abundância (199 indivíduos), seguido pela floresta (198 indivíduos) e pela cana (149 indivíduos) como apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Relação de espécies coletadas em cada tipo de vegetação amostrada.

<b>Espécie/Vegetação</b>	<b>Floresta</b>	<b>Pasto</b>	<b>Cana-de-açúcar</b>	<b>Total por espécie</b>
<i>Acamptopoeum prinii</i>	0	0	1	1
<i>Alepidosceles imitatrix</i>	0	1	1	2
<i>Apis mellifera</i>	11	15	26	52
<i>Augochlora</i> sp. 1	5	2	1	8
<i>Augochlora</i> sp. 2	3	2	3	8
<i>Augochlora</i> sp. 3	3	0	0	3
<i>Augochlora</i> sp. 4	4	0	0	4
<i>Augochlora</i> sp. 5	1	0	0	1
<i>Augochlora</i> sp. 6	1	0	0	1
<i>Augochlora</i> sp. 7	1	0	0	1
<i>Augochlora aurinasis</i>	2	2	1	5
<i>Augochlorella</i> sp. 1	5	8	14	27
<i>Augochlorella</i> sp. 2	0	0	1	1
<i>Augochlorella</i> sp. 3	0	1	0	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	1	31	27	59
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	3	1	1	5
<i>Augochloropsis</i> sp. 3	1	0	1	2
<i>Augochloropsis</i> sp. 4	2	0	1	3
<i>Augochloropsis</i> sp. 5	1	0	0	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 6	2	0	0	2
<i>Centris nitens</i>	0	0	1	1
<i>Centris obsoleta</i>	1	2	0	3
<i>Ceratina diligens</i>	4	1	0	5
<i>Ceratina duplocarinata</i>	6	1	0	7
<i>Ceratina gossypii</i>	24	3	7	34
<i>Dialictus opacus</i>	1	6	2	9
<i>Dialictus</i> sp. 1	4	2	1	7
<i>Dialictus</i> sp. 2	0	1	0	1
<i>Dialictus</i> sp. 3	1	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp. 4	7	1	2	10
<i>Epicharis bicolor</i>	0	1	0	1
<i>Euglossa gaianii</i>	1	3	2	6
<i>Euglossa</i> sp. 1	1	0	1	2
<i>Eulaema cingulata</i>	12	2	2	16
<i>Eulaema nigrata</i>	29	34	16	79
<i>Exaerete smaragdina</i>	11	1	1	13
<i>Exomalopsis analis</i>	8	4	2	14
<i>Exomalopsis auropilosa</i>	1	13	2	16
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	4	9	8	21
<i>Exomalopsis</i> sp. 1	0	2	1	3
<i>Exomalopsis</i> sp. 2	0	1	0	1
<i>Florilegus fulvipes</i>	0	1	1	2
<i>Isepeolus</i> sp. 1	1	0	0	1
<i>Lithurgus huberi</i>	1	0	0	1
<i>Megachile</i> sp. 1	0	1	2	3

<i>Megalopta amoena</i>	6	11	1	18
<i>Megalopta guimaraesi</i>	1	1	0	2
<i>Megalopta sodalis</i>	1	0	0	1
<i>Melitoma segmentaria</i>	3	0	0	3
<i>Mesonychium</i> sp. 1	1	1	0	2
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	0	2	1	3
<i>Oxaea flavescens</i>	0	4	4	8
<i>Oxytrigona banana</i>	0	1	0	1
<i>Paratrigona lineata</i>	3	7	6	16
<i>Peponapis fervens</i>	0	1	0	1
<i>Pereirapis semiaurata</i>	1	0	0	1
<i>Pseudaugochlora pandora</i>	0	1	0	1
<i>Ptiloglossa</i> sp. 1	3	7	0	10
<i>Rhophitulus</i> sp. 1	3	0	1	4
<i>Tetragonisca angustula</i>	0	1	0	1
<i>Thectochlora alaris</i>	2	1	0	3
<i>Thygater analis</i>	3	2	0	5
<i>Trigona hyalinata</i>	2	4	2	8
<i>Trigona spinipes</i>	5	3	5	13
<i>Xylocopa nogueirai</i>	1	0	0	1
<b>Total por vegetação</b>	198	199	149	546

Em relação às espécies mais frequentes, *E. nigrita* foi predominantemente coletada no pasto (34 indivíduos), enquanto *Augochoropsis* sp.1 mostrou maior ocorrência no pasto (31 indivíduos) e na cana (27 indivíduos), e *A. mellifera* foi mais abundante na cana-de-açúcar (26 indivíduos).

A análise da eficiência das armadilhas Pan Trap indicou que as cores amarela (146 abelhas) e azul (121 abelhas) foram as mais atrativas, seguidas pela branca (79 abelhas) e vermelha (19 abelhas) como apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Relação de espécies coletadas em cada cor de Pan-Trap utilizada.

<b>Espécie/Cor</b>	<b>Amarelo</b>	<b>Azul</b>	<b>Branco</b>	<b>Vermelho</b>	<b>Total por espécie</b>
<i>Acamptopoeum prinii</i>	0	0	1	0	1
<i>Alepidosceles imitatrix</i>	2	0	0	0	2
<i>Apis mellifera</i>	10	9	25	0	44
<i>Augochlora</i> sp. 1	2	0	1	2	5
<i>Augochlora</i> sp. 2	5	2	0	1	8
<i>Augochlora</i> sp. 3	2	0	0	1	3
<i>Augochlora</i> sp. 4	2	2	0	0	4
<i>Augochlora</i> sp. 5	0	0	0	1	1
<i>Augochlora</i> sp. 6	1	0	0	0	1
<i>Augochlora</i> sp. 7	1	0	0	0	1
<i>Augochlora aurinasis</i>	4	0	1	0	5
<i>Augochlorella</i> sp. 1	20	5	1	0	26
<i>Augochlorella</i> sp. 2	1	0	0	0	1
<i>Augochlorella</i> sp. 3	0	0	0	1	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	45	8	5	0	58
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	1	1	2	0	4
<i>Augochloropsis</i> sp. 3	1	0	0	1	2
<i>Augochloropsis</i> sp. 4	2	0	1	0	3
<i>Augochloropsis</i> sp. 5	0	0	0	1	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 6	0	0	0	2	2
<i>Centris nitens</i>	0	0	1	0	1
<i>Centris obsoleta</i>	1	2	0	0	3
<i>Ceratina diligens</i>	2	2	0	0	4
<i>Ceratina duplocarinata</i>	1	5	0	1	7
<i>Ceratina gossypii</i>	7	19	8	0	34
<i>Dialictus opacus</i>	0	6	2	0	8
<i>Dialictus</i> sp. 1	4	2	1	0	7
<i>Dialictus</i> sp. 2	0	1	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp. 3	0	1	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp. 4	2	4	3	0	9
<i>Epicharis bicolor</i>	0	1	0	0	1
<i>Euglossa gaianii</i>	1	5	0	0	6
<i>Euglossa</i> sp. 1	0	2	0	0	2
<i>Eulaema nigrita</i>	0	3	0	0	3
<i>Exomalopsis analis</i>	3	5	1	0	9
<i>Exomalopsis auropilosa</i>	10	4	2	0	16
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	3	11	7	0	21
<i>Exomalopsis</i> sp. 1	1	0	2	0	3
<i>Exomalopsis</i> sp. 2	1	0	0	0	1
<i>Florilegus fulvipes</i>	0	1	1	0	2
<i>Isepeolus</i> sp. 1	0	1	0	0	1
<i>Lithurgus huberi</i>	0	1	0	0	1
<i>Megachile</i> sp. 1	0	3	0	0	3
<i>Megalopta amoena</i>	0	0	1	0	1
<i>Megalopta sodalis</i>	0	0	1	0	1

<i>Melitoma segmentaria</i>	0	3	0	0	3
<i>Mesonychium</i> sp. 1	0	2	0	0	2
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	1	0	0	1	2
<i>Oxaea flavescens</i>	2	1	0	3	6
<i>Oxytrigona banana</i>	0	0	0	0	0
<i>Paratrigona lineata</i>	4	0	7	2	13
<i>Peponapis fervens</i>	0	1	0	0	1
<i>Pereirapis semiaurata</i>	0	1	0	0	1
<i>Pseudaugochlora pandora</i>	0	0	1	0	1
<i>Ptiloglossa</i> sp. 1	0	1	0	0	1
<i>Rhophitulus</i> sp. 1	1	0	2	1	4
<i>Thectochlora alaris</i>	1	0	0	0	1
<i>Thygater analis</i>	0	5	0	0	5
<i>Trigona hyalinata</i>	0	0	1	0	1
<i>Trigona spinipes</i>	2	1	1	0	4
<i>Xylocopa nogueirai</i>	0	0	0	1	1
<b>Total por cor</b>	146	121	79	19	365

Quanto à riqueza de espécies, a floresta apresentou a maior diversidade (48 espécies), seguida pelo pasto (44 espécies) e pela cana (35 espécies). Esses resultados sugerem que a composição e a abundância das comunidades de abelhas variam significativamente entre os diferentes tipos de vegetação, refletindo a influência das características ambientais na estruturação dessas comunidades.

O resultado encontrado utilizando essências revelou padrões distintos na atração de espécies de abelhas, com a Vanilina sendo a essência mais efetiva, totalizando 88 abelhas coletadas, seguida pelo Salicilato (52) e Eugenol (41). Os resultados deste estudo revelam um padrão inédito de atração específica entre espécies de abelhas e compostos químicos voláteis. A espécie *E. nigrita* destacou-se como a mais abundante, com 73 indivíduos coletados em armadilhas contendo vanilina. Por sua vez, *Megalopta amoena* (Spinola, 1853) foi a espécie mais frequentemente registrada em salicilato (17 indivíduos), enquanto *Eulaema cingulata* apresentou maior frequência em eugenol (13 indivíduos), conforme detalhado na Tabela 3. Esses achados sugerem que diferentes essências florais podem exercer influência seletiva na atração de espécies específicas, apontando para possíveis preferências comportamentais ou respostas químico-ecológicas ainda pouco exploradas na literatura.

Tabela 3 – Relação de espécies coletadas em cada tipo de essência utilizada.

Espécie/Essência	Vanilina	Salicilato	Eugenol	Total por espécie
------------------	----------	------------	---------	-------------------

<i>Apis mellifera</i>	1	0	7	8
<i>Augochlora</i> sp. 1	2	0	1	3
<i>Augochlorella</i> sp. 1	0	1	0	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	0	1	0	1
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	0	1	0	1
<i>Ceratina diligens</i>	0	1	0	1
<i>Dialictus opacus</i>	1	0	0	1
<i>Dialictus</i> sp. 4	1	0	0	1
<i>Eulaema cingulata</i>	3	0	13	16
<i>Eulaema nigrita</i>	73	3	0	76
<i>Exaerete smaragdina</i>	2	5	6	13
<i>Exomalopsis analis</i>	0	5	0	5
<i>Megalopta amoena</i>	0	17	0	17
<i>Megalopta guimaraesi</i>	0	2	0	2
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	0	0	1	1
<i>Oxaea flavescens</i>	0	0	2	2
<i>Oxytrigona banana</i>	1	0	0	1
<i>Paratrigona lineata</i>	0	0	3	3
<i>Ptiloglossa</i> sp. 1	0	9	0	9
<i>Tetragonisca angustula</i>	0	0	1	1
<i>Thectochlora alaris</i>	0	2	0	2
<i>Trigona hyalinata</i>	1	2	4	7
<i>Trigona spinipes</i>	3	3	3	9
<b>Total por vegetação</b>	<b>88</b>	<b>52</b>	<b>41</b>	<b>181</b>

Em contraste com a tabela de essências, a análise por meio da técnica Pan-Trap, que avalia a atração de abelhas por diferentes cores de armadilhas, indicou que a cor amarela foi a mais eficaz na captura de indivíduos, totalizando 146 abelhas, seguida pelas cores azul (121), branca (79) e vermelha (19). Esses resultados contrastam com os encontrados por de Oliveira Cruz et al. (2013), que relataram maior abundância de abelhas capturadas em armadilhas de coloração azul. A espécie *Augochloropsis* sp. 1 foi a mais abundante no amarelo (45 indivíduos), enquanto *Ceratina gossypii* (Schrottky, 1907) destacou-se no azul (19 indivíduos). Comparando os dois conjuntos de dados, observa-se que a Vanilina (tabela 3) e o amarelo (tabela 2) foram os atrativos mais eficientes, respectivamente. No entanto, enquanto a Vanilina atraiu predominantemente *E. nigrita*, o amarelo atraiu uma maior diversidade de espécies, como *Augochloropsis* sp. 1 e *Augochlorella* sp. 1. Isso sugere que, embora ambos os métodos (essências e cores) sejam eficazes, eles podem atrair guildas diferentes de abelhas, indicando que a escolha do método de coleta pode influenciar diretamente a composição da comunidade amostrada. Essa comparação ressalta a importância de considerar múltiplos fatores, como atrativos químicos e visuais, em estudos de diversidade e ecologia de abelhas.

No presente estudo, o Índice de Shannon-Wiener (H') foi empregado para comparar a diversidade de abelhas entre os habitats de floresta, pasto e cana, permitindo identificar quais ambientes suportam comunidades mais diversas e equilibradas. Os valores mais elevados de H' observados na floresta e no pasto indicam que esses habitats são mais favoráveis à manutenção de uma comunidade diversificada de abelhas, enquanto o valor mais baixo na cana sugere que a homogeneização do ambiente pode estar impactando negativamente a diversidade. Complementarmente, o Índice de Equitabilidade (J') revelou que a alta equitabilidade na floresta e no pasto reforça a hipótese de que esses ambientes oferecem condições mais estáveis e recursos mais diversificados para as abelhas. Por outro lado, a menor equitabilidade na cana pode refletir a dominância de poucas espécies adaptadas a esse tipo de habitat como o demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação da diversidade de abelhas nos diferentes habitats, através do Índice de Shannon-Wiener (H') e o Índice de Equitabilidade (J').

<b>Tipo de Vegetação</b>	<b>Índice de Shannon-Wiener (H')</b>	<b>Índice de Equitabilidade (J')</b>
Floresta	3,78 (alta diversidade)	0,92 (alta equitabilidade)
Pasto	3,65 (alta diversidade)	0,89 (alta equitabilidade)
Cana	3,12 (diversidade moderada)	0,85 (equitabilidade moderada)

Para avaliar a similaridade na composição de espécies entre os diferentes habitats, foi utilizado o Índice de Similaridade de Jaccard. Os resultados indicaram maior similaridade entre a floresta e o pasto (62%), sugerindo um compartilhamento expressivo de espécies entre esses ambientes. Esse padrão pode estar relacionado à presença natural de fitofisionomias abertas, como campos sujo e campo limpo, características do bioma Cerrado, que favorecem a ocorrência de espécies comuns a ambos os habitats. Em contraste, a menor similaridade entre a floresta e a cana (48%) e entre o pasto e a cana (55%) sugere que a cana abriga uma comunidade de abelhas distinta, provavelmente influenciada pelas características específicas desse ambiente. Essas análises são fundamentais para compreender como as mudanças no uso do solo afetam a composição das comunidades de abelhas, além de fornecer subsídios para estratégias de conservação que promovam a conectividade entre habitats e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Os resultados deste estudo evidenciam que a diversidade e a abundância de abelhas variam significativamente entre os diferentes tipos de vegetação, reforçando o potencial desses polinizadores como bioindicadores da qualidade ambiental em áreas de Cerrado, assim como apresentado por Torres et al. (2023), onde é sugerido áreas mais diversas e estruturadas ecologicamente sustentam comunidades de abelhas mais ricas. A alta diversidade de abelhas encontrada na floresta (48 espécies) e no pasto (44 espécies) sugere que esses ambientes oferecem recursos florísticos e condições microclimáticas adequadas para a manutenção de uma comunidade diversificada de polinizadores. A floresta, em particular, destaca-se como um habitat crítico para a conservação das abelhas, corroborando estudos que associam áreas preservadas a uma maior riqueza de espécies, como o apresentado no estudo realizado por Truylio e Harter-Marques (2007) onde em uma zona primitiva com vegetação mais preservada e contínua, possui maior riqueza de espécies e abundância de abelhas. Por outro lado, a menor diversidade observada na cana (35 espécies) pode estar relacionada à homogeneidade da vegetação e ao manejo agrícola, que tendem a reduzir a disponibilidade de recursos florais e a complexidade estrutural do habitat, fatores essenciais para a sustentação de comunidades diversas de abelhas.

A dominância de espécies como *E. nigrita*, *Augochoropsis sp1* e *A. mellifera* reflete a capacidade dessas abelhas de se adaptarem a diferentes condições ambientais. *E. nigrita*, por exemplo, mostrou-se mais abundante no pasto, indicando sua tolerância a áreas abertas e perturbadas, enquanto *A. mellifera* demonstrou preferência pela cana, possivelmente devido à disponibilidade de recursos florais em monoculturas, De Araujo et al. (2014) relata a presença de abelhas *A. mellifera* coletando recursos em cana-de-açúcar. Já *Augochoropsis sp1* apresentou uma distribuição peculiar, com maior ocorrência no pasto e na cana, mas quase ausente na floresta, sugerindo uma possível especialização em habitats mais alterados. Esses padrões de distribuição destacam a importância de considerar as particularidades ecológicas de cada espécie ao avaliar os impactos das mudanças ambientais sobre as comunidades de polinizadores.

A eficiência das armadilhas Pan Trap, com maior captura de abelhas nas cores amarela e azul, está em consonância com estudos de De Oliveira Cruz et al. (2013), que indicam a atratividade desses comprimentos de onda para as abelhas. A baixa captura em armadilhas vermelhas pode ser explicada pela menor sensibilidade visual das abelhas a essa cor, reforçando a importância de selecionar adequadamente os métodos de amostragem para garantir a representatividade das comunidades estudadas.

Além disso, a menor diversidade e equitabilidade observadas na cana-de-açúcar no presente estudo corroboram os achados de Lima et al. (2023) que identificaram menor equitatividade e dominância em áreas agrícolas em comparação com áreas preservadas. Isso sugere que a homogeneização do ambiente e o manejo agrícola intensivo reduzem a disponibilidade de recursos florais e a complexidade estrutural do habitat, impactando negativamente as comunidades de abelhas.

A presença de espécies generalistas, como *A. mellifera*, na cana-de-açúcar, e a quase ausência de *Augochoropsis* sp. 1 na floresta, indicam que a perda ou fragmentação de habitats pode afetar diferentemente as espécies, com consequências para a resiliência das comunidades de polinizadores. Esses resultados, aliados aos de Lima et al. (2023) reforçam a necessidade de estratégias de manejo que promovam a conectividade entre habitats e a disponibilidade contínua de recursos florais, essenciais para a conservação das abelhas e a sustentabilidade dos ecossistemas.

Os resultados também destacam a importância de manter mosaicos de habitats no Cerrado, integrando áreas preservadas e manejadas, para garantir a conservação da fauna de abelhas e os serviços ecossistêmicos por elas prestados como já exemplificado por Torres et al. (2023). A presença de espécies generalistas, como *A. mellifera*, e especialistas, como *E. nigrita*, indica que a perda ou fragmentação de habitats pode impactar diferentemente as espécies, com consequências para a resiliência das comunidades de polinizadores e para a manutenção dos processos ecológicos. Portanto, estratégias de manejo que promovam a conectividade entre habitats e a disponibilidade contínua de recursos florais são essenciais para a conservação das abelhas e a sustentabilidade dos ecossistemas no Cerrado.

## CONCLUSÃO

A utilização de insetos como bioindicadores é uma abordagem inovadora para detectar o impacto humano nos ecossistemas e fornece informações essenciais para a tomada de decisões políticas e para a conservação da biodiversidade.

Este estudo demonstra que a fauna de abelhas pode ser um eficiente bioindicador da qualidade ambiental em áreas de Cerrado. A diversidade e a abundância de abelhas variaram significativamente entre os habitats, com a floresta e o pasto apresentando maior riqueza de espécies. A cana-de-açúcar, apesar de menos diversa, ainda suporta uma comunidade considerável de polinizadores. A utilização de armadilhas Pan Trap mostrou-se eficiente, com destaque para as cores amarela e azul. Esses resultados reforçam a necessidade de práticas de

manejo que promovam a conservação dos polinizadores e a manutenção dos serviços ecossistêmicos no Cerrado.

Havendo uma necessidade urgente de implementar estratégias de conservação eficazes e práticas de gestão sustentável para proteger e restaurar as florestas ripárias em áreas urbanas. Este estudo destaca a importância das florestas ripárias como refúgios para a biota associada e os valiosos serviços ecossistêmicos que elas fornecem.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brasil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- CHOWDHURY, Sanhita et al. Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, v. 11, 2023.
- DA SILVA VARGEM, Daiana et al. Serviços Ecológicos e a Potencialidade da Flora do Cerrado. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 13, n. 1, p. 9-20, 2024.
- DE OLIVEIRA SANTOS, João Paulo et al. Insetos como bioindicador de qualidade ambiental em ambientes aquáticos. *Revista Thema*, v. 19, n. 2, p. 356-366, 2021.
- DE OLIVEIRA CRUZ, Darci; FREITAS, Breno Magalhães. Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil. Diversity of bee species floral visitors and potential pollinators of oleaginous crops in Northeast of Brazil. *AMBIÊNCIA*, v. 9, n. 2, p. 411-418, 2013.
- FRANCISCO, Sheliane Cristina Coelho et al. Vespas sociais (Vespidae: Polistinae): Nidificação e ocorrência de parasitoides no Cerrado brasileiro. *Acta Biologica Brasiliensia*, v. 7, n. 1, p. 38-51, 2024.
- HIPÓLITO, Juliana; MAGNUSSON, William E.; BACCARO, Fabricio. Optimizing survey effort for Euglossine bees in tropical forests. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 21, n. 3, p. 253-262, 2023.
- LIMA, Nathália Oliveira et al. Fauna de abelhas (hymenoptera: Apidae) como bioindicador de qualidade ambiental na região dos fragmentos florestais naturais "IPUCAS" - *Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 10, n. 3, 2023.
- MARIANO, Aline Mariza Costa et al. Where the risk is more intense: riparian forests keep the euglossine bees community most affected by anthropic disturbance in the Caatinga dry forest. *Urban Ecosystems*, p. 1-14, 2024.
- OLIVEIRA, Marco Antonio de et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres*, v. 61, p. 800-807, 2014.
- DE ARAUJO, Katlin Fernanda et al. Insetos atraídos por caldo de cana de açúcar e mel de abelhas no Parque Nacional do Iguaçu/Foz do Iguaçu-PR, Brasil. *MAGISTRA*, v. 2, pág. 255-261, 2014.
- DE OLIVEIRA CRUZ, Darci; FREITAS, Breno Magalhães. Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil. Diversity of bee species floral visitors and potential pollinators of oleaginous crops in Northeast of Brazil. *AMBIÊNCIA*, v. 9, n. 2, p. 411-418, 2013.
- TORRES, Adrielly Maia; SOBREIRO, Ana Isabel; JUNIOR, Valter Vieira Alves. Diversidade de abelhas em ambiente rural em área de transição entre os biomas de Mata Atlântica e Cerrado. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, v. 21, n. 10, p. 17327-17343, 2023.

TRUYLIO, Betânia; HARTER-MARQUES, Birgit. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas florestais do Parque Estadual de Itapuã (Viamão, RS): diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 97, p. 392-399, 2007.

TURRISI, G. F. et al. Bee diversity in fragmented areas of Volcano Etna (Sicily, Italy) at different degrees of anthropic disturbance (Hymenoptera: Apoidea, Anthophila). *Journal of Entomological and Acarological Research*, v. 53, n. 1, 2021.

YAMAMOTO, Marcela; BARBOSA, Ana Angélica; OLIVEIRA, P. E. A. M. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger). *CeP*, v. 38400, p. 902, 2010.

**ARTIGO 2 - NIDIFICAÇÃO DE ABELHA DAS ORQUIDEAS (*EUGLOSSA  
CORDATA*, LINNAEUS 1758) EM NINHO ARTIFICIAL**

**Orchid Bee (*Euglossa cordata* Linnaeus 1758) nesting in an artificial nest**

**ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA  
FLORESTA & AMBIENTE**

**RESUMO**

*Euglossa cordata* Linnaeus 1758 também conhecida como abelhas-das-orquídeas é uma espécie de abelha solitária pertencente à família Apidae, gênero *Euglossa* e que ocorre em toda região Neotropical, sendo predominantemente na América do Sul e América Central. Como muitos outros gêneros de abelhas solitárias, *E. cordata* constrói seus ninhos em cavidades existentes em árvores, utilizando uma combinação de resinas vegetais e pedaços de folhas. Este estudo investigou o comportamento de nidificação e o potencial parassocial de *Euglossa cordata* em ninhos artificiais localizados em área urbana no município de Vinhedo, São Paulo. Observou-se que, embora esta espécie seja predominantemente solitária, mais de uma fêmea ocupou o mesmo ninho, indicando um comportamento parassocial. Foram registrados dados sobre a densidade populacional e a organização das células de cria, além de movimentos característicos de oviposição. A presença contínua de fêmeas fundadoras no ninho sugere uma flexibilidade social possivelmente influenciada por fatores ecológicos e evolutivos. O estudo destaca a possibilidade de multiplicação artificial dos ninhos, sem impacto negativo na organização social das abelhas, promovendo a conservação e ampliando o uso desta espécie como polinizadora em culturas agrícolas, como a baunilha. Esses resultados reforçam a importância de práticas de conservação e a viabilidade de técnicas sustentáveis para a preservação e manejo de abelhas nativas em ambientes antropizados.

**Palavras-chave:** Reprodução; multiplicação; parassocial.

**ABSTRACT**

*Euglossa cordata* Linnaeus 1758, commonly known as orchid bees, is a species of solitary bee belonging to the family Apidae and the genus *Euglossa*. It is widely distributed across the Neotropics, predominantly in South and Central America. Like other solitary bees in its genus, *E. cordata* constructs its nests in pre-existing tree cavities, using a combination of plant resins and leaf fragments. This study investigated the nesting behavior and parasocial potential of *Euglossa cordata* in artificial nests located in an urban area in the municipality of Vinhedo, São Paulo. Observations revealed that, although this species is predominantly solitary, multiple females occasionally occupied the same nest, indicating parasocial behavior. Data on population density, brood cell organization, and characteristic oviposition movements were recorded. The continuous presence of founding females in the nests suggests social flexibility, potentially influenced by ecological and evolutionary factors. The study highlights the possibility of artificially multiplying nests without disrupting the social organization of the bees, thereby promoting conservation efforts and expanding the use of this species as a

pollinator in agricultural crops, such as vanilla. These findings underscore the importance of conservation practices and the viability of sustainable techniques for the preservation and management of native bees in anthropized environments.

**Keywords:** Reproduction; multiplication; parasocial.

## INTRODUÇÃO

Euglossini é um grupo de abelhas neotropicais caracterizadas pelo hábito solitário, no qual os indivíduos das espécies vivem e cuidam do ninho sozinhos ou no máximo em até 3 indivíduos por ninho (Nogueira et al., 2019). Esse grupo possui corpo de coloração metálica com uma grande variedade de cores, incluindo tons de preto, verde, laranja e azul, além de possuírem densa presença de pelos que juntamente com sua coloração, lhes dá uma aparência vívida e colorida. Além disso, os machos do grupo espécie são conhecidos por coletarem óleos essenciais de diversas espécies de plantas, especialmente das orquídeas e supostamente utilizarem como aromas atrativos para fêmeas em períodos de acasalamento (Araújo et al., 2021; Krahl et al., 2020).

As Euglossas são polinizadoras especializadas de algumas espécies de orquídeas. Sua visita às flores é crucial para a reprodução dessas plantas, muitas das quais dependem especificamente das Euglossas para a polinização, contribuindo para a diversidade e estabilidade dos ecossistemas tropicais onde são encontradas. (Silva et al., 2009). Essas abelhas possuem uma grande capacidade de voo, frequentando ambientes florestais e/ou abertos em busca de locais para nidificação e alimentação, fato que contribui para evitar possíveis problemas de endogamia entre as populações (Viana et al., 2023).

Dentre as espécies, *Euglossa cordata* Linnaeus, 1758 é uma abelha solitária amplamente distribuída na região neotropical, nidifica em áreas abertas adjacentes a fragmentos de Mata Atlântica onde as células de “cria” (fase jovem) são construídas com resina e dispostas de forma circular e justaposta. Embora *E. cordata* seja geralmente considerada solitária, registros indicam a presença de múltiplas fêmeas em um mesmo ninho, sugerindo um possível comportamento parassocial (Souza Filho et al., 2024).

A espécie *E. cordata* é classificada como uma abelha de pequeno porte, com comprimento corporal médio de 1,08 cm, é tida como polilética, visitando flores de diversas famílias botânicas para a coleta de pólen e néctar. Esta espécie demonstra alta atividade em

áreas urbanas, adaptando-se a esses ambientes devido à abundância de recursos alimentares e à disponibilidade de locais apropriados para nidificação (Miranda et al., 2021). Com preferência por ambientes de Mata Atlântica, elas também podem ser encontradas em outras formações vegetais, como a caatinga, cerrado e a floresta amazônica. Essa espécie é um importante polinizador de muitas espécies de plantas, incluindo plantas frutíferas, como o abacate, a goiaba e a pitanga, e plantas ornamentais, como as orquídeas (Dec et al., 2019).

As características de nidificação de *E. cordata* incluem a construção de células de cria utilizando resina, dispostas de forma circular e justaposta. As células apresentam formato de trapézio escaleno, com diâmetros variando entre 3,5 mm e 5,5 mm e comprimentos de 3 mm a 10 mm. O período de emergência das fêmeas foi observado entre 33 e 58 dias (De Souza Filho et al., 2024).

Tal espécie desempenha um papel significativo na polinização de diversas plantas e na preservação da biodiversidade. Contudo, sua sobrevivência está ameaçada devido à degradação do habitat, à fragmentação das áreas naturais e ao uso indiscriminado de agrotóxicos. Estudos recentes enfatizam a necessidade de conservação dos ambientes naturais para a sustentabilidade das populações de *E. cordata*. Desta forma, a criação de áreas protegidas e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis são medidas cruciais para assegurar a sobrevivência desta espécie. (Ramalho et al., 2009).

O processo de nidificação da *E. cordata* pode durar até 10 dias e é realizado exclusivamente pela fêmea. Segundo Ramalho e Kleinert (2010), durante a construção do ninho, a abelha realiza diversas viagens para colher materiais e preparar o local para a postura dos ovos. Seus ninhos são construídos em cavidades preexistentes em troncos de árvores ou em outras estruturas como caixas-ninho, raízes de plantas, folhas, no solo, em ninhos desocupados de outros insetos e outros materiais disponíveis. Esses ninhos são formados por células individuais, que são separadas por uma parede de cerume. Cada célula é abastecida com uma mistura de pólen e néctar, e um único ovo é colocado em cada célula, dando origem a uma única larva. (Augusto et al., 2007). Segundo Bembé et al. (2014), a larva da *E. cordata* passa por cinco instares larvais, pupa até que posteriormente se transformam em uma abelha adulta.

Tendo isso em vista, os locais e a composição das células de cria das abelhas do gênero *Euglossa* são variados, preferindo nidificar em locais protegidos, como buracos em árvores ou em abrigos naturais criados por plantas. As fêmeas das abelhas das orquídeas constroem seus ninhos a partir de uma mistura de materiais, incluindo lama, resinas e fibras vegetais. Esse material é coletado pela abelha durante suas atividades de forrageamento e é usado para

construir células dentro do ninho (Augusto et al., 2007). Apesar disso, recentemente Silva et al. (2009) descobriu que *E. cordata* é capaz de se adaptar a diferentes tipos de substratos de nidificação e que a disponibilidade desses substratos pode influenciar a distribuição geográfica da abelha (Guimaraes et al., 2020).

O conhecer sobre o processo e dinâmica de nidificação da *E. cordata* é fundamental para a conservação desta espécie e da biodiversidade local. Segundo Cervini et al. (2015), a degradação ambiental e a falta de recursos naturais podem afetar a nidificação e a sobrevivência da *E. cordata*, tornando a preservação da espécie um desafio para os investigadores e conservacionistas, sendo de grande importância as informações de manejo e criação dessas espécies.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o comportamento de nidificação de *E. cordata* e posteriormente descrever um protocolo de manejo adotado para a multiplicação artificial da espécie, bem como caracterizar o seu comportamento de oviposição em ninhos artificiais.

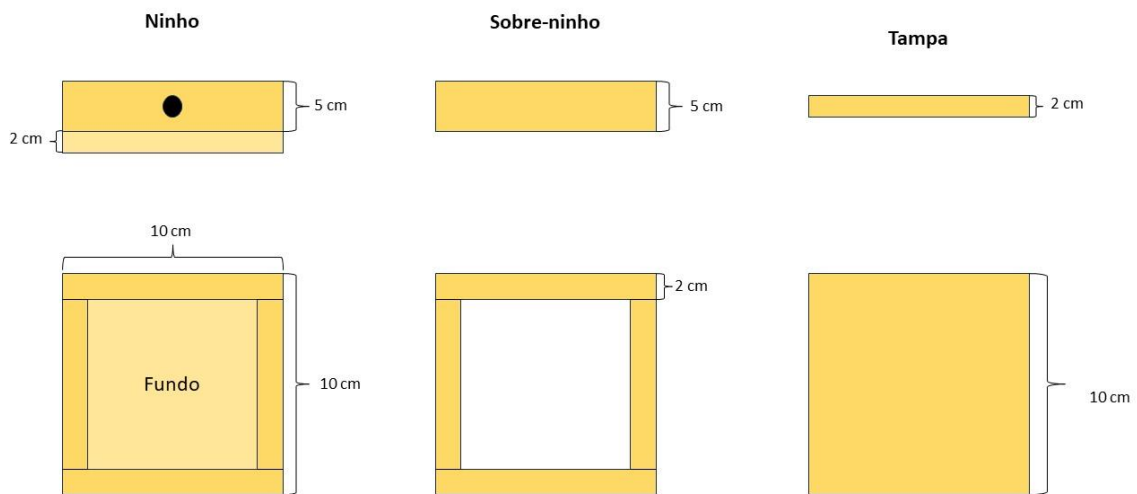
## **METODOLOGIA**

O estudo foi realizado em uma propriedade particular localizada em meio urbano do município de Vinhedo, São Paulo. Vinhedo possui a classificação climática segundo Köppen como Cwa (Clima subtropical de inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C).

A pesquisa envolveu a observação de dois ninhos artificiais utilizados pela espécie *E. cordata* para nidificação. Os ninhos artificiais foram construídos com madeira de pinus (*Pinus* sp.) não tratada, com uma espessura de dois centímetros. Um ninho previamente capturado em outra caixa isca foi transferido para esses ninhos artificiais. Para a transferência do ninho, uma lâmina de estilete foi levemente aquecida para realizar um corte limpo, sem danificar as células de cria, apenas descolando-as do fundo da caixa original e colocando-as na nova caixa, com cuidado para não prejudicar os ovos. A nova caixa foi posicionada no local da caixa original para permitir a reorganização do ninho e o retorno da fêmea.

O ninho artificial é composto por duas partes, sendo a primeira parte o ninho, onde está localizado o orifício de entrada e a segunda parte, o sobre-ninho, que é acoplada ao ninho. As medidas internas de cada parte são de 10cm de largura por 10cm de comprimento por 5 cm de altura (figura 1).

Figura 1 – Desenho do modelo de caixa utilizado.



Fonte: Do autor (2024).

As observações tiveram início em maio de 2018 e foram conduzidas semestralmente, abrangendo um ciclo de coleta de dados no primeiro semestre de cada ano, seguido por outro no segundo semestre, culminando no encerramento das observações em dezembro de 2020. Durante esse período, foram registradas informações sobre a densidade populacional de abelhas que ocupavam o ninho e a organização espacial das células de cria dentro do ninho artificial. (figura 2).

Figura 2 – Disposição do ninho e quantificação das abelhas.



Fonte: Acervo particular dos autores (abril de 2019)

Para possibilitar a observação do comportamento de oviposição das abelhas no ninho (Figura 3), a caixa foi cuidadosamente aberta por meio da remoção da tampa, evitando quaisquer danos ou alterações na estrutura interna. A partir desse procedimento, foi realizada a contagem do número de indivíduos presentes no ninho, bem como o registro fotográfico dos comportamentos observados.

Figura 3 – Movimento de inserção do aparelho ovipositor sobre a célula.



Fonte: Acervo particular dos autores (abril de 2019)

Durante as observações foram realizadas as tentativas de multiplicação dos ninhos de abelha-das-orquídeas, para a realização da multiplicação utilizou-se um estilete e uma nova caixa. Selecionou-se as células de cria que estavam em estado de desenvolvimento mais avançado e que não estavam grudados com os demais ninhos. Com o auxílio do estilete foi realizado um corte rente ao fundo da caixa onde as células estavam fixadas, de maneira que se descolou as células de cria do fundo da caixa sem danificá-las. Mantendo as células de cria em

sua posição original alocou-as na nova caixa, realizando o fechamento do orifício da nova caixa com o auxílio de uma fina lâmina de cera de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 para evitar a entrada de predadores. Subsequentemente, a caixa foi manualmente transferida para uma prateleira mais distante dentro do próprio meliponário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas observações realizadas foi possível notar a presença de mais de uma abelha em um mesmo “ninho artificial”. A presença de mais de um indivíduo ocupando o mesmo local de nidificação sugere-se a construção interna de diversos ninhos, onde cada indivíduo fica responsável pela construção das células e pela oviposição. Observou-se também que em decorrência da idade das abelhas o total de indivíduos durante o ano variou entre uma e 4 abelhas ocupando o mesmo local de nidificação, de maneira que o ninho sempre teve a presença de abelhas na fase adulta. Observou-se que, durante a oviposição, as abelhas realizavam um movimento característico, apoiando-se na borda da célula de cria e inserindo o abdômen em seu interior, de modo que o ovo é depositado sobre o alimento larval previamente disposto na célula (Figura 3). Em relação à multiplicação, verificou-se que a ausência de uma abelha adulta no ninho não impede a emergência das abelhas juvenis de suas respectivas células de cria.

Os resultados observados para *E. cordata* corroboram o comportamento parassocial descrito para o gênero *Euglossa*, no qual mais de uma fêmea pode ser encontrada compartilhando o mesmo ninho (De Souza Filho et al., 2024). Esse comportamento, embora incomum para espécies predominantemente solitárias, sugere uma flexibilidade social que pode estar associada a pressões evolutivas ou ecológicas específicas. A presença de múltiplas fêmeas fundadoras em um único ninho pode fornecer subsídios sobre a evolução de estratégias cooperativas intermediárias entre o comportamento social e solitário, ressaltando a importância de explorar a diversidade comportamental nesse grupo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de mais de uma abelha em um mesmo local de nidificação confirma as afirmações de que a espécie *E. cordata* apresenta comportamento parassocial, e por cada fêmea construir suas células de cria separadas das demais é possível realizar multiplicações dos ninhos sem interferir na sua estrutura social. A possibilidade de realizar a multiplicação desses ninhos é um fator importante para a preservação desta e demais espécies que apresentam

comportamento social, podendo colonizar locais onde essa espécie já ocorreu e atualmente não ocorre mais, além de possibilitar a produção artificial de novos ninhos com o intuito de utilizá-las para a polinização de culturas agrícolas, comercializando ou realizando o aluguel dessas colmeias, uma cultura que se beneficia dessas práticas é a produção de favas de baunilha (*Vanilla sp.* Plum. ex Mill. 1754 Orchidaceae).

## REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, Solange C.; GARÓFALO, Carlos A. Nidificação de *Euglossa* (*Euglossa*) *melanotricha* Moure (Hymenoptera: Apidae) no solo do cerrado. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 153-156, 2007.
- Bembé, B., Ferreira, LC, Santos, GM, & Blochtein, B. (2014). Nidificação de *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae) em um fragmento de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Biociências**, 12(1), 70-75.
- Cervini, M., Costa, L., & Ramalho, M. (2015). Sítios de nidificação de *Euglossa cordata* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) em remanescentes florestais do Cerrado brasileiro. **Biota Neotropica**, 15(1), 1-6.
- DE ARAÚJO OLIVEIRA, Benedito Gledson et al. Atratividade de substâncias aromáticas utilizadas em armadilhas para captura de machos das abelhas *Euglossin/i*, Parnaíba-Piauí, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 53338-53349, 2021.
- DE SOUZA FILHO, Flávio Silva; PRATES, Matheus Costa; DA COSTA PINA, Welber. Biologia de nidificação de *Euglossa cordata* (Apidae: Euglossini) em áreas abertas no Extremo Sul Baiano. *Scientia Plena*, v. 20, n. 4, 2024.
- Dec, Enderlei; DOS SANTOS, Isabela Alves. Species distribution of Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) at an altitudinal gradient in Northern Santa Catarina. **Sociobiology**, v. 66, n. 4, p. 568-574, 2019.
- GUIMARAES-BRASIL, Michelle O. et al. Trap nest preference of solitary bees in fragments of the Baturité massif, Atlantic Forest, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.
- KRAHL, Amauri Herbert et al. Polinização por vibração em *Saxofridericia* (Poales: Rapateaceae): o caso de *S. brasiliensis* e abelhas Euglossini. **Rodriguésia**, v. 71, 2020.
- MIRANDA, Elder Assis et al. Overlap of ecological niche breadth of *Euglossa cordata* and *Eulaema nigrita* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) accessed by pollen loads and species distribution modeling. *Neotropical Entomology*, v. 50, p. 197-207, 2021.
- NOGUEIRA, David S. et al. As fêmeas de euglossine residem em um único ninho? Notas sobre *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, 2019.

RAMALHO, André Villaça; GAGLIANONE, Maria Cristina; OLIVEIRA, Marcio Luiz de. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista brasileira de entomologia**, v. 53, p. 95-101, 2009.

RAMALHO, M., & Kleinert, AMP (2010). Biologia de nidificação de *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Jornal da Sociedade Entomológica do Kansas**, 83(1), 25-31.

SILVA, Cláudia Inês da et al. Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no triângulo mineiro. 2009.

VIANA, Renato Tadeu Silva et al. Assembleia de abelhas de orquídeas (Apidae: Euglossini) em ecossistema de turfeiras de montanha durante período chuvoso. *Revista Espinhaço*, 2023.