

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Influência das Abelhas Nativas na Polinização de
Cafeeiros Conilon: Efeito da Vizinhança de
Cacaueiros em Sistema Cabruca Orgânico e
Pastagem no Sul da Bahia

Idelbrando de Jesus Fernandes

2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**INFLUÊNCIA DAS ABELHAS NATIVAS NA POLINIZAÇÃO DE
CAFEIROS CONILON: EFEITO DA VIZINHANÇA DE CACAUEIROS
EM SISTEMA CABRUCO ORGÂNICO E PASTAGEM NO SUL DA
BAHIA**

IDELBRANDO DE JESUS FERNANDES

Sob a Orientação da Pesquisadora
Mariella Camardelli Uzêda

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre** em Agricultura
Orgânica, no Programa de Pós-
Graduação em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Julho de 2025

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F363i Fernandes, Idelbrando de Jesus, 1969-
Influência das abelhas nativas na polinização de
cafeeiros conilon: efeito da vizinhança de cacauzeiros
em sistema Cabruca orgânico e pastagem no Sul da Bahia
/ Idelbrando de Jesus Fernandes. - Seropédica-RJ, 2025.
59 f.: il.

Orientadora: Mariella Camardelli Uzêda.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agricultura
Orgânica, 2025.

1. Ecologia de paisagem. 2. Sistema agroflorestral. 3.
Coffea canephora. 4. Serviços ecossistêmicos. I. Uzêda,
Mariella Camardelli, 1968-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-
Graduação em Agricultura Orgânica III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

IDELBRANDO DE JESUS FERNANDES

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica, área de concentração em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08/07/2025

Mariella Camardelli Uzêda
Dra. EMBRAPA
Orientadora, Presidente da Banca

José Guilherme Marinho Guerra
Dr. EMBRAPA

Luiz Fernando de Sousa Antunes
Dr. UFERSA



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 18671/2025 - PPGAO (12.28.01.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 31/07/2025 14:43)

LUIZ FERNANDO DE SOUSA ANTUNES

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.798-##

(Assinado digitalmente em 31/07/2025 14:01)

JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.857-##

(Assinado digitalmente em 05/08/2025 13:04)

MARIELLA CAMARDELLI UZEDA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.305-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: **18671**, ano: **2025**,
tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **31/07/2025** e o código de verificação: **5d9b1e44de**

" Quem planta, colhe. E a colheita, é sempre
maior que o plantio. "
Lucas Rodovalho

Aqueles que semeiam com lágrimas,
com cantos de alegria colherão.
Aquele que sai chorando
enquanto lança a semente,
voltará com cantos de alegria,
trazendo os seus feixes.
Salmos 126:5-6

DEDICATÓRIAS

Aos meus queridos e amados pais Raimundo
Fernandes dos Santos e Anália Maria dos Santos
– *(In memoriam)*.

À minha querida esposa Neumália Fernandes e os
filhos Giselle, Brando e Artur.

À toda a minha grande família.
Aos meus grandes amigos – de perto e de longe e
aos que se foram e deixaram saudades.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por tudo sempre, por ter me permitido grandes passos em minha vida. Deus é fiel.

Aos meus pais que apostaram e acertaram que a educação poderia salvar e garantir um futuro melhor para os seus filhos. E deu muito certo. Obrigado pelos livros que vocês catavam no lixo e traziam pra casa acreditando que serviriam para os seus filhos. E serviram tanto que um deles foi usado na minha pesquisa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Guardo este livro com todo carinho e respeito.

À minha família por acreditar e me apoiar principalmente nos momentos da minha ausência.

Aos meus colegas de trabalho que riam das minhas maluquices, mas acreditam que estava no caminho certo.

À minha orientadora e pesquisadora Mariella Camardelli Uzêda pelo desafio e ensinamentos e me mostrou o caminho e a sede por pesquisa.

À todos os professores e funcionários do PPGA.

À minha inesquecível turma 13 do PPGA, foram tantas emoções.

À Reserva Serra Bonita, Agroflorestal Camacan, Instituto Uiraçu e seus colaboradores pelo apoio nas pesquisas.

À Escola Filadelfo Almeida, colegas professores e aos meus alunos que viajavam quando eu falava das minhas pesquisas e experiências do mestrado.

Aos professores e bolsistas que me ajudaram na identificação das abelhas Lucas, Liliane, Maria Luiza, Pedro Estanach e Milena.

À EMBRAPA Agrobiologia por ceder os laboratórios para que fosse feito a identificação das abelhas.

À Fazenda Tupinambá, Fazenda Barragem e aos produtores Nathan Marquiore e Mateus Batisti por me apoiar na pesquisa e permitir a instalação dos experimentos em suas propriedades.

Ao Dr. Vitor Becker, Clemira e Robiara pelo apoio e incentivo as pesquisas.

Aos amigos engenheiros agrônomos Augusto Araújo e José Stênio Almeida que me acompanharam no percurso do mestrado e nas pesquisas.

Aos meus amigos Antônio Soares e Jorge Luiz por me acolherem no momento que mais precisei no Rio de Janeiro.

A todos os meus amigos que me apoiaram nas conquistas.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a todos os professores e colaboradores que mudaram a minha vida.

Aos queridos professores, cada um com sua parcela de contribuição no processo da minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ.

Muitíssimo obrigado a todos vocês.

BIOGRAFIA

Idelbrando de Jesus Fernandes, natural de Uruçuca-BA, filho de Anália Maria dos Santos e Raimundo Fernandes dos Santos, é o quarto entre nove irmãos (Givaldo Sabino Silva, Renilton de Jesus Fernandes, Jorge de Jesus Fernandes, José Raimundo Fernandes, Neusa Sabino Silva, Maria Renilda Fernandes, Ana Paula Fernandes e Vânia de Jesus Fernandes). Casado com Neumália Pereira de Melo Fernandes, é pai de Brando de Melo Fernandes, Artur de Melo Fernandes e Giselle de Souza Fernandes. Sua trajetória profissional iniciou na adolescência, quando conciliava estudos com trabalhos em lavouras de cacau, realizando serviços de frete com carrinho de mão, atuando como seringueiro, auxiliar de pedreiro, trabalhador rural e cabo de turma. Formou-se Técnico em Agropecuária pela EMARC (atual IFBAIANO) e Técnico em Contabilidade pelo CEMUR, ambos em Uruçuca. Graduiu-se em Pedagogia pela Faculdade de Educação de Vitória-ES, especializando-se em Supervisão e Gestão Escolar (Faculdades Integradas Monte Negro), Ciência e Tecnologia de Alimentos com ênfase em Cacau e Chocolate (IFBAIANO) e Agroecologia com ênfase em Agricultura Familiar (UESC). Obteve o título de Mestre em Agricultura Orgânica pela UFRRJ e é classificador de amêndoas de cacau credenciado pelo MAPA. Profissionalmente, atuou como instrutor do SENAR, trabalhou nas Fazendas Santa Maria dos Mouras (Camacan) e Santa Cruz (Arataca), é professor concursado no município de Arataca e atualmente exerce a função de Gerente de Produção e Exploração Agropecuária na Agroflorestal Camacan Preservação Ambiental Ltda.

RESUMO

FERNANDES, Idelbrando de Jesus. **Influência das abelhas nativas na polinização de cafeeiros conilon: efeito da vizinhança de cacauzeiros em sistema Cabruca orgânico e pastagem no Sul da Bahia.** 2025. 46p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

A polinização por abelhas é um serviço ecossistêmico crítico para a agricultura, com potencial de impacto direto na produtividade e na qualidade dos frutos de cafeeiros Conilon (*Coffea canephora*). Destarte, buscou-se avaliar comunidades de abelhas e os efeitos da polinização em cafeeiros adjacentes a áreas de cacauzeiros Cabruca pastagem no entorno da Reserva Serra Bonita (Camacan, BA). Neste sentido, as duas áreas supracitadas de cultivo de cafeeiros submetidos ao manejo fitotécnico convencional foram comparadas, sendo uma adjacente à Cabruca e a outra adjacente à pastagem manejada convencionalmente. A metodologia adotada incluiu amostragens de abelhas com o auxílio de armadilhas pantrap, ao longo de transectos medindo 800 m e de experimento de exclusão de polinizadores em galhos de café, analisando-se parâmetros produtivos (número, peso seco e rendimento de grãos). Os dados coletados foram submetidos às análises de escalonamento multidimensional (NMDS), PERMANOVA e ANOVA. Foram coletados 76 indivíduos no total, divididos em 20 morfotipos pertencentes a nove tribos e duas famílias, sendo a maior abundância (68% dos 76 indivíduos coletados) e riqueza na área de cultivo dos cafeeiros vizinha à Cabruca, com destaque para *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Augochlora* sp. - as duas últimas associadas aos habitats florestais. A dissimilaridade entre comunidades foi influenciada por espécies especializadas (*Ancyloscelis apiformis* e *Euglossa* sp.), cuja presença foi vinculada à Cabruca. No bioensaio de exclusão notou-se que a polinização não influenciou o número de grãos produzidos, porém, o rendimento foi 25,5% maior nos galhos expostos às abelhas na área adjacente à Cabruca ($p=0,0179$) em relação aos galhos não expostos à polinização, evidenciando que a diversidade funcional de polinizadores melhora a qualidade dos grãos. Conclui-se que a Cabruca atua também como reservatório de biodiversidade de abelhas, favorecendo a provisão de serviços de polinização e a resiliência de cafeeiros Conilon em condições climáticas adversas, nas condições do Sul da Bahia. A integração de sistemas agroflorestais em paisagens agrícolas se apresenta como estratégia sustentável de forma a conciliar a produção agrícola e a conservação ambiental. A partir das observações deste estudo, recomendam-se trabalhos futuros envolvendo efeitos da polinização nas características qualitativas dos grãos de café em condições distintas de regime hídrico.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem. Sistema agroflorestal. *Coffea canephora*. Serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

FERNANDES, Idelbrando de Jesus. **Influence of native bees on pollination of conilon coffee plants: effect of proximity to cocoa trees in organic Cabruca and pasture systems in southern Bahia.** 2025. 46p. Dissertation (Professional Masters in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

Bee pollination is a critical ecosystem service for agriculture, with potential direct impacts on productivity and fruit quality in Conilon coffee (*Coffea canephora*). This study evaluated bee communities and pollination effects in coffee plantations adjacent to Cabruca cacao agroforestry systems and conventional pastures surrounding the Serra Bonita Reserve (Camacan, BA, Brazil). We compared two conventionally managed coffee cultivation areas - one bordering Cabruca and another adjacent to conventional pasture. The methodology included bee sampling using pantraps along 800 m transects, coupled with a pollinator exclusion experiment on coffee branches, analyzing production parameters (fruit number, dry weight, and bean yield). Data were analyzed using NMDS ordination, PERMANOVA, and ANOVA. A total of 76 specimens were collected, representing 20 morphotypes from nine tribes and two families. Greater abundance (68% of individuals) and richness occurred in the Cabruca-adjacent coffee area, dominated by *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, and *Augochlora* sp. - the latter two associated with forest habitats. Community dissimilarity was influenced by specialist species (*Ancyloscelis apiformis* and *Euglossa* sp.) linked to Cabruca vegetation. The exclusion bioassay revealed no effect on bean number, but exposed branches showed 25,5% higher yield near Cabruca ($p= 0.0179$) compared to pollinator-excluded branches, demonstrating that pollinator functional diversity enhances bean quality. We conclude that Cabruca systems serve as biodiversity reservoirs for bees, enhancing pollination services and Conilon coffee resilience under adverse climatic conditions in Southern Bahia. Agroforestry integration represents a sustainable strategy to reconcile agricultural production and environmental conservation. Based on these findings, we recommend future research on pollination effects on coffee bean qualitative characteristics under different hydrological regimes

Keywords: Landscape ecology. Agroforestry system. *Coffea canephora*. Ecosystem services.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos indivíduos coletados nas áreas pesquisadas de cafezal em área vizinha ao cacau Cabruca; Cafezal em área vizinha a pastagem; área limítrofe entre cafezal e Cabruca; área limítrofe entre cafezal e pastagem; cacau Cabruca e pastagem.	17
Tabela 2. Decomposição da dissimilaridade total indicando as espécies mais contribuem para as diferenças na composição das comunidades nos transectos Cabruca/cafezal e pastagem/cafezal.	23

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa do município de Camacan (BA), destacando as áreas de café estudadas e suas respectivas áreas vizinhas (Cabruca e pasto)..... 11
- Figura 2.** Croqui da distribuição dos conjuntos de armadilhas pantrap (copos amarelo, azul e branco) nos transectos estabelecidos nas áreas avaliadas..... 12
- Figura 3.** Armadilhas pantraps instaladas em campo em triângulo..... 13
- Figura 4.** Detalhe do galho da planta de café em floração coberta para excluir a presença de abelhas. 14
- Figura 5.** Localização dos pés de café avaliados através do experimento de exclusão..... 14
- Figura 6.** *Trigona spinipes* (A); *Euglossa* sp. (B); *Ancyloscelis apiformes* (C); *Exomalopsis* sp. 18
- Figura 7.** Abundância de indivíduos e riqueza de espécies capturadas ao longo dos transectos que têm origem na Cabruca (1.A e 1.B) e nos transectos que tem origem no pasto (1.C e 1.D). Os valores negativos são indicativos dos pontos de coleta dentro das áreas de café. O 0 é a interface entre os ambientes de Cabruca e pasto com as áreas de café. ..20
- Figura 8.** Agrupamento multidimensional não métrico das comunidades de abelhas encontradas nos transectos Cabruca/ café e pasto/café. As áreas vizinhas (Cabruca e pasto) foram tomadas como a origem dos transectos e os pontos amostrais dentro do cultivo de café foram definidos como negativos, uma vez que estão imersos no cultivo. Onde: Caf=café; Cab=Cabruca; Past= Pasto; c=área vizinha a Cabruca; p=área vizinha ao pasto.21
- Figura 9.** Agrupamento multidimensional não métrico das comunidades de abelhas encontradas nos transectos Cabruca/ café e pasto/café, destacando as espécies que têm maior contribuição para a diferenciação das comunidades. Pontos da mesma origem possuem representações de mesmo formato e o gradiente de cores, sendo que os valores negativos indicam pontos amostrais dentro do plantio de café. Em que: *A_melifera*=*Apis melífera*; *Augochlora_sp1*= *Augochlora* (*Augochlora* s. str.) sp1; *A_Apiformis*=*Ancyloscelis Apiformis*; *M_segmentaria* = *Melitoma segmentaria*; *Exo_Exosp*=*Exomalopsis (Exomalopsis) sp*; *T_spinipes*= *Trigona spinipes*; *Exo_Eucesp*=*Exomalopsini (Eucerini) sp*; *Euglossa_sp*= *Euglossa sp*; *Exomalopsis_sp*=*Exomalopsis sp*; *Indet1*= espécie não identificada; *Bombus_sp*= *Bombus sp*; *Augochloropsis_sp*= *Augochloropsis*.22
- Figura 10.** Número de grãos (A), peso seco dos grãos (B) e rendimento dos grãos (C) obtidos nas áreas de cafezal vizinho a Cabruca e cafezal vizinho ao pasto, em galhos expostos a polinização e isolados da ação das abelhas.....24
- Figura 11.** Médias de rendimento obtidos dos grãos dos galhos abertos e isolados nas áreas de cafezal vizinho a Cabruca e vizinho a pastagem.25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Os Impactos das Mudanças Climáticas	3
2.2 Transbordamento ou <i>Spillover</i>	4
2.3 Serviços Ecossistêmicos	5
2.4 O sistema Cabruca	6
2.5 A Cultura do Café Conilon.....	6
2.6 Manejo com Ênfase em Uso de Agrotóxicos	7
2.7 Papel dos Polinizadores para a Produção do Café Conilon.....	8
2.8 Uso de Agrotóxicos e Seus Efeitos na Polinização das flores de cafeeiros Conilon.....	10
3 METODOLOGIA.....	11
3.1 Áreas de Estudo	11
3.2 Avaliação da Comunidade de Abelhas	12
3.3 Efeito de Vizinhaça sobre a Polinização por Abelhas na Produção Cultura do Café	13
3.4 Análises Estatísticas	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES.....	27
6 REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	28
APÊNDICES	45
Apêndice A. Análises de variância dos dados apresentados na dissertação.	45

1 INTRODUÇÃO

Com a publicação da Avaliação Ecológica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) foi possível não apenas sintetizar o conhecimento sobre o estado dos ecossistemas globais, mas também reconhecer o valor dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano. Esse estudo é, portanto, um marco na literatura internacional, que alavancou os estudos sobre serviços ecossistêmicos (Nicholson *et al.*, 2009; Balvanera *et al.*, 2012; Costanza; Kubiszewski, 2012). Um dos motivos para o rápido crescimento desses estudos é uma necessidade crescente de compreender as relações entre os processos ecossistêmicos e os benefícios que o homem recebe a partir desses processos (World Resources Institute, 2003; Balvanera *et al.*, 2012).

Os serviços prestados por polinizadores à agricultura brasileira, especialmente as abelhas, foram estimados em R\$ 43 bilhões em 2018, uma vez que cerca de 79% das principais culturas do Brasil são visitadas por abelhas (Wolowski *et al.*, 2019). Embora a biodiversidade brasileira e da Mata Atlântica tenham reconhecimento mundial, poucos são os estudos direcionados às comunidades, havendo maior esforço de pesquisa nas espécies individualmente e nas interações inseto/planta específicas, o que não nos permite avaliar o atual déficit de polinização (Varassin *et al.*, 2021).

Quanto ao cultivo do café, o país ocupa importante lugar na exportação do café, competindo com grandes produtores, como Colômbia e Vietnã (Nishijima; Saes; Postali, 2012). Para manutenção da produtividade e qualidade dos grãos o café precisa do auxílio de polinizadores. Na presença de insetos polinizadores os ganhos se traduzem em maior número e massa de frutos, em função do formato e tamanho de acordo com as características de cada espécie (Souza; Evangelista-Rodrigues; Pinto, 2007). As abelhas têm sido apontadas como principais vetores da polinização da cultura (Klein; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003), sendo verificadas perdas de até 55,25% na ausência de insetos polinizadores (Malerbo-Souza; Silva, 2011).

As abelhas nativas sem ferrão também são responsáveis pela polinização de até 90% das árvores nativas (Keer, 1997). Sua conservação juntamente com outros polinizadores é preocupante (Kearns; Inouye; Waser, 1998), visto que são consideradas mantenedoras da biodiversidade através dos serviços prestados às comunidades florísticas de todo o mundo via polinização (Rêgo, 2006). Nativas das florestas tropicais úmidas e de outros ambientes das Américas (Levy, 2004), ocupam grande parte das regiões de clima tropical e algumas de clima temperado subtropical, distribuindo-se na maior parte do território Latino-Americano (Nogueira Neto, 1997).

Na Mata Atlântica, algumas espécies têm distribuição muito restrita, aumentando sua vulnerabilidade e três delas foram recentemente incluídas na lista vermelha brasileira de fauna ameaçada: *Melipona (Michmelia) capixaba* (Moure; Camargo, 1994); *Melipona (Michmelia) scutellaris* (Latreille, 1811) e *Partamona littoralis* (Camargo; Pedro, 2003; ICMBio, 2023). O declínio das abelhas em paisagens agrícolas, nas últimas décadas, tem resultado na redução da produtividade de muitas culturas (Potts *et al.*, 2016) e demanda por abordagens sustentáveis que se concentrem sobre a biodiversidade presente nos agroecossistemas devido à sua relação com processos ecológicos benéficos. As alterações nas comunidades de polinizadores, no geral, e de abelhas, em particular, tem se dado, em função da simplificação das paisagens e sistemas agrícolas, associada à eliminação sistemática das plantas espontâneas, levando a um declínio drástico nos recursos florais (Richner *et al.*, 2015).

Estratégias de intensificação ecológica de agroecossistemas baseadas na natureza contribuem para a conservação da biodiversidade acima e abaixo do solo, ao complementar ou

substituir a necessidade de insumos externos, melhorando qualidade e produtividade agrícolas (Kleijn *et al.*, 2019). Nesse sentido, o enfoque agroecológico de diversificação das paisagens agrícolas se mostra como alternativa real e necessária para garantir a sustentabilidade dos sistemas de cultivo, através da manutenção dos serviços ecossistêmicos (Uzêda *et al.*, 2017). Gliessman (2000) pontua os diferentes degraus da transição agroecológica, e através do redesenho do agroecossistema, se torna possível uma perspectiva de manejo que proporcione não somente a produção agrícola, mas também um ambiente equilibrado e biodiverso, com regulação natural dos processos biológicos, consolidando paisagens multifuncionais (Altieri, 2012; Uzêda *et al.*, 2017).

A ferramenta de diversificação da paisagem avaliada nesse trabalho será o sistema Cabruca, seu papel na manutenção das comunidades abelhas nativas e na polinização do café. A cabruca é plantio tradicional do cacauzeiro sob o dossel da floresta que vem sendo usado ao longo de 250 anos. Algumas evidências mostram que a expressão vem do dialeto tupi-guarani, onde Caá significa mato, planta em geral e Oca significa casa, abrigo, mas a junção - caá oca - significa roçar, ocar a mata cortando arbustos e árvores pequenas. Posteriormente, evoluiu para sua forma mais eufônica - cabruca (Setenta; Lobão, 2012).

A presença do estrato arbóreo diversificado da cabruca representa um incremento significativo na estrutura do sistema, uma vez que as árvores, de múltiplas espécies, fornecem recursos de abrigo e alimento às abelhas ao longo de todo o ano, arrefecendo o calor e múltiplas alternativas de obtenção água. Os sistemas agroflorestais ou agrossilvipastoril, atualmente, são a maneira mais difundida de implantação desse elemento nos sistemas agropecuários devido ao potencial de manter os teores de matéria orgânica no solo. No entanto, a cabruca é uma tradição na região sul da Bahia, que vem possibilitando a conservação da biodiversidade em associação a produção do cacau.

Reconhecendo a importância da conservação das comunidades de abelhas nativa para a intensificação da polinização dos sistemas café, as hipóteses analisadas neste trabalho foram: I) a estratégia de diversificação da paisagem agrícola, através do cultivo cabruca, apresenta potencial de incremento na diversidade funcional das abelhas nativas nos cafezais contíguos a essas áreas, quando comparadas aos cafezais contíguos a áreas de pasto; II) as áreas de café contíguas as áreas de cabruca apresentam um incremento produtivo quando comparadas aquelas contíguas a pastagens.

Quanto aos objetivos deste estudo, buscou-se avaliar as comunidades de abelhas e os efeitos da polinização em cafezais adjacentes a áreas de cacau cabruca orgânico e pastagens no entorno da Reserva Serra Bonita (Camacan, BA), com os seguintes objetivos específicos: (1) caracterizar a comunidade de abelhas nativas e seus aspectos funcionais nas áreas avaliadas; (2) comparar a produção dos cafezais vizinhos às áreas de cabruca e pastagem; e (3) identificar os fatores que beneficiam ou limitam a provisão de serviços ecossistêmicos de polinização.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os Impactos das Mudanças Climáticas

Os impactos das mudanças climáticas comprometem o equilíbrio ambiental e os serviços ecossistêmicos associados à produtividade e sustentabilidade agrícola, afetando, assim, a estabilidade socioeconômica dos agricultores e ainda, a segurança alimentar global (Altieri *et al.*, 2015). A perda de um serviço ecossistêmico provocado pela simplificação da paisagem implica em efeitos em cascata que prejudicam ainda mais o manejo agrícola e a biodiversidade, como por exemplo, a perda de habitat para insetos que tem função de polinização ou inimigos naturais de pragas (Tscharntke *et al.*, 2012).

Os agroecossistemas mais resilientes tendem a ser aqueles inseridos numa paisagem complexa e heterogênea, onde a conservação da biodiversidade é priorizada, por meio de técnicas que diversifiquem os sistemas de cultivo, preservem o germoplasma adaptado localmente e mantenham solos ricos em matéria orgânica (Altieri *et al.*, 2015). Um sistema de cultivo diversificado é aquele que intencionalmente inclui práticas de manejo da agrobiodiversidade com o objetivo de resgatar as funções ecológicas e fortalecer os serviços ecossistêmicos relacionados à agricultura, em múltiplas escalas espaciais e/ou temporais (Kremen; Iles; Bacon, 2012).

Paisagens complexas suportam maior diversidade de espécies do que paisagens simples, pois configuram maior opção de habitats disponíveis. O tráfego de indivíduos entre os diferentes habitats é natural, e em algumas espécies, é até necessário. Portanto, é importante considerar a organização espacial dos diferentes elementos que irão compor a paisagem, uma vez que as distâncias devem ser suficientes para permitir que ocorram as interações e movimentações (Hiddink; Termorshuizen; Van Bruggen, 2010; Kremen; Iles; Bacon, 2012; Tscharntke *et al.*, 2012).

Diferentes funções ecológicas podem ser promovidas com a diversificação dos sistemas agrícolas no espaço e no tempo, como o incremento da ciclagem de nutrientes, o controle de pragas e doenças, o armazenamento e melhor aproveitamento de água e a regulação do microclima. (van Zonneveld; Turmel; Hellin, 2020). As estratégias para diversificação dos sistemas produtivos podem incluir a utilização de diferentes variedades genéticas da mesma espécie cultivada, ou diversas espécies cultivadas em consórcio. Na escala da unidade produtiva, podem ser implantados sistemas de policultivos, integração lavoura-pecuária-silvicultura, sistemas agroflorestais, cercas vivas, além de o aproveitamento da biodiversidade das bordas dos cultivos (Kremen; Iles; Bacon, 2012). A diversificação da paisagem, quando ocorre em escalas maiores decorrentes da união de escalas produtivas e fragmentos naturais apresenta um potencial de estabilização a nível de micro e mesoclima, que pode vir a tornar os sistemas agrícolas mais resilientes frente a eventos climáticos extremos (Kremen; Iles; Bacon, 2012; van Zonneveld; Turmel; Hellin, 2020).

A substituição de ecossistemas naturais e as frequentes mudanças no uso da terra em todo o mundo transformam as paisagens em mosaicos compostos de condições ambientais heterogêneas, de forma que as espécies vivenciam diferentes ecossistemas em variadas escalas. A separação espacial de elementos ambientais que compõem os habitats pode influenciar a dinâmica de atividade de algumas espécies ou indivíduos, que vão explorar diferentes recursos em busca de uma “complementação de paisagem” (Dunning; Danielson; Pulliam, 1992; Tscharntke *et al.*, 2012).

2.2 Transbordamento ou *Spillover*

Spillover ou transbordamento é o termo utilizado para conceituar o movimento de indivíduos de um habitat chamado de ‘alvo’ para outro nomeado de ‘receptor’ (Rand; Louda, 2006; Brudvig *et al.*, 2009; Gray *et al.*, 2016). O conceito de *spillover* é usado para a movimentação de espécies entre fragmentos florestais e áreas agricultáveis ou o inverso, também para o fluxo de produtos químicos entre lavouras e áreas vizinhas mais preservadas (Didham *et al.*, 2015; Gray *et al.*, 2016). Neste trabalho, pretende-se focar no efeito de transbordamento das comunidades de abelhas nativas e seu efeito sobre a polinização em áreas vizinhas.

As paisagens agrícolas desempenham um papel crucial na polinização e podem ter impactos significativos na saúde das populações de polinizadores, como abelhas, borboletas, besouros e outros insetos, bem como na produção de alimentos (Fijen *et al.*, 2025). Esses impactos podem ser tanto positivos quanto negativos, dependendo de como as práticas agrícolas são gerenciadas e da diversidade das paisagens circundantes (Van Drunen *et al.*, 2022).

As abelhas desempenham um papel crucial na produção de grãos de café, sobretudo em *Coffea canephora*, por meio da polinização (Ventavoli *et al.*, 2024). O cafeeiro é uma espécie como muitas outras que depende da transferência de pólen dos órgãos reprodutores masculinos (estames) para os órgãos reprodutores femininos (estigma) das flores para a formação de frutos. As abelhas são os principais polinizadores do cafeeiro e contribuem significativamente para o aumento da produtividade e qualidade dos grãos (Aristizábal *et al.*, 2025). Portanto esta cultura pode sofrer efeitos positivos ou negativos a depender da paisagem que esteja imersa.

Entretanto, a presença e a ação de polinização das abelhas nativas nos plantios de cafeeiros dependem também do manejo adotado nesses cultivos. Monteiro (2021) chama atenção para o grande impacto do uso de agrotóxicos sobre a comunidade de abelhas nativas comprometendo a biodiversidade local. Portanto, algumas unidades da paisagem podem atuar como sumidouros de biodiversidade, comprometendo o *spillover* do serviço ecossistêmico (Uzêda *et al.*, 2017).

O *spillover*, definido entre outras características, como a transmissão de patógenos de animais para humanos, é um fenômeno preocupante que pode ocorrer em ambientes agrícolas devido à interação entre humanos, animais domésticos e selvagens, e plantas cultivadas (Sánchez; Venkatachalam-Vaz; Drake, 2021). No Brasil, um país com uma agricultura diversificada e uma rica biodiversidade, o *spillover* de doenças zoonóticas na agricultura representa um desafio significativo para a saúde pública e para a conservação da biodiversidade. De modo que, entender o *spillover* na agricultura brasileira, possibilita compreender causas, consequências e estratégias de prevenção e controle (Plowright *et al.*, 2021).

Vários fatores contribuem para o *spillover* de doenças zoonóticas na agricultura brasileira. O uso intensivo de agrotóxicos, a intensificação da produção agrícola e a perda de habitats naturais devido ao desmatamento são alguns dos principais impulsionadores do contato entre humanos, animais e patógenos (Hamlet *et al.*, 2021). A expansão da agricultura intensiva tem aumentado o risco de transmissão de doenças como a leptospirose e a febre maculosa em áreas rurais do Brasil (Nascimento, 2023).

O *spillover* de doenças zoonóticas na agricultura pode ter sérias consequências para a saúde pública no Brasil. Segundo Freire *et al.* (2024) mostram que trabalhadores agrícolas estão expostos a um maior risco de infecção por doenças transmitidas por animais, devido ao contato próximo com animais e ao manuseio de produtos agrícolas contaminados. Além disso, o aumento da resistência aos antimicrobianos em animais de produção pode representar uma ameaça adicional à saúde pública, como apontado por Souza *et al.* (2021).

Além dos impactos na saúde humana, o *spillover* de doenças zoonóticas na agricultura brasileira pode afetar a conservação da biodiversidade. A transmissão de patógenos entre

animais selvagens e animais domésticos pode levar ao declínio das populações de espécies nativas e à perda de diversidade genética. Nesse sentido, destaca-se a importância da integração entre a saúde humana, a saúde animal e a conservação da biodiversidade para mitigar os efeitos do *spillover* na agricultura (Angell *et al.*, 2025).

Para prevenir e controlar o *spillover* na agricultura brasileira, são necessárias abordagens integradas que promovam a saúde humana, animal e ambiental. Isso inclui a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, o fortalecimento da vigilância epidemiológica e o desenvolvimento de políticas de saúde pública voltadas para a prevenção de doenças zoonóticas (Plowright *et al.*, 2021). Para Vora *et al.* (2023) destacam a importância da educação agrícola e do treinamento de produtores rurais na identificação e prevenção de doenças transmitidas por animais.

O *spillover* de doenças zoonóticas na agricultura brasileira representa um desafio complexo que requer uma abordagem multidisciplinar e integrada. É fundamental promover a cooperação entre diferentes setores, incluindo saúde pública, agricultura, conservação ambiental e pesquisa científica, para prevenir e controlar o *spillover* e promover a saúde e o bem-estar das populações humanas e da biodiversidade (Plowright *et al.*, 2021; Vora *et al.*, 2023; Tschardtke; Batáry; Grass, 2024).

2.3 Serviços Ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que os seres humanos obtêm dos ecossistemas, incluindo o fornecimento de alimentos, regulação do clima, purificação da água, entre outros. No Brasil, um país com uma rica diversidade de ecossistemas, os serviços ecossistêmicos desempenham um papel fundamental na economia e na qualidade de vida das pessoas (Strand *et al.*, 2018; Brouwer *et al.*, 2022).

Os ecossistemas brasileiros fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, incluindo serviços de provisão, como alimentos, água e matéria-prima; serviços de regulação, como regulação do clima, qualidade do ar e polinização; e serviços de suporte, como formação de solo, ciclagem de nutrientes e manutenção da biodiversidade (Silva *et al.*, 2025).

Os serviços ecossistêmicos têm um valor econômico significativo e contribuem para o bem-estar humano de diversas formas. Dentre eles destacam-se os polinizadores para a produção de culturas agrícolas, como o cafeeiro, o cacaueteiro e as frutíferas tropicais (Barbosa *et al.*, 2024). Por exemplo, a floresta amazônica fornece serviços como a regulação do clima global, a proteção contra erosão do solo e a manutenção da biodiversidade, que são essenciais para a sustentabilidade regional e global (Brouwer *et al.*, 2022).

Apesar de sua importância, os serviços ecossistêmicos enfrentam uma série de ameaças, incluindo a perda de habitat, a poluição, a introdução de espécies invasoras e as mudanças climáticas. O desmatamento na Amazônia brasileira, por exemplo, tem levado à perda de serviços ecossistêmicos cruciais, como a regulação do clima e a manutenção da biodiversidade (Gomes *et al.*, 2020; Kennedy *et al.*, 2016). Além disso, a falta de políticas integradas de conservação e gestão dos ecossistemas tem dificultado a proteção efetiva dos serviços ecossistêmicos no Brasil (Ferreira *et al.*, 2019).

A promoção da sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos no Brasil, para ser efetiva, necessita de abordagens integradas e participativas que envolvam governos, setor privado, sociedade civil e comunidades locais. Isso inclui a implementação de políticas de conservação ambiental, do estabelecimento de áreas protegidas, do desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis e da promoção da educação ambiental e da conscientização pública (Strand *et al.*, 2018).

A degradação dos ecossistemas pode ter sérias consequências para a sociedade, incluindo a perda de biodiversidade, a escassez de recursos naturais e o aumento dos riscos de

desastres naturais. Isso requer a adoção de práticas de manejo ambientalmente responsáveis, a proteção de áreas naturais e a promoção da agricultura ecológica, visando garantir a continuidade desses serviços para as gerações futuras (Mu *et al.*, 2022).

Para garantir a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos no Brasil, é fundamental adotar abordagens integradas e participativas acerca da conservação dos ecossistemas e o uso sustentável dos recursos naturais, sobre novas perspectivas. O acúmulo de tecnologias ancestrais dos povos das matas, dos povos originários, ribeirinhos e do campo, e a maneira sustentável com que interagem com a natureza, permite reflexões à respeito de novas práticas e manejos que, se integrados às práticas de mercados extensivos, possibilitarão maior equilíbrio ecossistêmico (Duarte; Ribeiro; Paglia, 2016).

2.4 O sistema Cabruca

O sistema Cabruca, modelo agroflorestal tradicional no cultivo de cacau na Bahia e Espírito Santo, integra cacaueiros ao dossel da Mata Atlântica, preservando biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Diferente dos monocultivos intensivos, esse sistema mantém até 458 espécies lenhosas por hectare (Bispo *et al.*, 2025) e protege recursos hídricos e solos, sendo um dos últimos refúgios do bioma (Souza, 2015). Apesar de sua relevância ambiental, enfrenta desafios econômicos pós-crise da vassoura-de-bruxa (década de 1990), que reduziu a produtividade em 40% e transformou o Brasil em importador líquido (Oliveira; Assis, 2023).

A Bahia, principal polo produtor nacional desde o século XX, recuperou sua liderança em 2023-2024 (46,9% da produção e 54,4% das exportações), graças à adoção de clones resistentes, adensamento e incentivos à agricultura familiar (Bispo *et al.*, 2025). A cabruca, com sua longevidade e menor dependência de insumos, contrasta com os monocultivos africanos e asiáticos, que exigem expansão contínua de áreas devido ao envelhecimento precoce das plantas (15-20 anos) (Bispo *et al.*, 2025; Wainaina *et al.*, 2021).

Estudos revelam que o valor real das espécies arbóreas em cabruças (R\$ 946.369/ha) supera em 99% as avaliações tradicionais do INCRA (Almeida *et al.*, 2020). Essa subvalorização limita o acesso a crédito, destacando a necessidade de políticas que reconheçam os ativos ambientais. Certificações como o Selo Cacau Cabruca pela Lei n.º 14.877 (Brasil, 2024) e a Indicação Geográfica "Cacau Sul Bahia" ampliam a competitividade em mercados premium (Bispo *et al.*, 2025).

A agricultura familiar, responsável por 70% da produção baiana, é central na transição para modelos agroecológicos. Programas como PRONAF e PAA, aliados ao associativismo, fortalecem cadeias de valor (Machado, 2019). A demanda global por chocolates *gourmet* (crescimento 3x acima do tradicional) posiciona a Bahia estrategicamente, desde que investimentos em pesquisa e políticas públicas equilibrem produtividade e conservação (Oliveira; Assis, 2023).

2.5 A Cultura do Café Conilon

Historicamente, o uso do café evoluiu da mastigação original de folhas e grãos da planta para aliviar a dor, a fome e a fadiga até os usos sofisticados dos dias atuais, como o expresso ou o café descafeinado. O consumo de café aparentemente começou entre os séculos XV e XVI na Arábia. O hábito se espalhou por diferentes partes do mundo, chegando primeiro à Europa através da Turquia no século XVII. O consumo dos países produtores, no entanto, permaneceu insignificante, com exceção do Brasil, que consome cerca de 10% de sua produção (Nair, 2010).

O gênero *Coffea spp* é a mais importante da família Rubiaceae e tanto *Coffea arábica* L. como *Coffea canephora* Pierre constituem as espécies economicamente mais importantes

para muitos países tropicais, respondendo por uma parte importante de suas exportações agrícolas (Herrera; Lambot, 2017; Vega *et al.*, 2020). É cultivada em mais de 80 países, com uma área de produção de mais de 10,2 milhões de hectares em regiões tropicais e subtropicais, principalmente na África, Ásia e América Latina (Campuzano-Duque; Blair, 2022).

O cafeeiro (*Coffea* spp.) é uma dicotiledônea perene, lenhosa e está entre as culturas mais difundidas e valiosas do mundo. Das suas sementes obtém-se uma bebida muito apreciada, o café, que é a segunda mais consumida depois da água e a *commodity* agrícola tropical mais comercializada (Bez *et al.*, 2023). A planta pode se adaptar a uma variedade de condições ambientais e práticas agrícolas, por isso seus frutos são um dos principais produtos exportados para vários países em desenvolvimento (Mussatto *et al.*, 2011).

Coffea canephora (conhecida como café Conilon) apresenta expressiva diversidade em sua biologia floral, com estrutura e desenvolvimento das flores influenciados por fatores genéticos, ambientais e práticas agrícolas (Silva, L. O. E. *et al.*, 2024a). Características-chave como tamanho da corola, número de pétalas e estames, e dimensões dos órgãos reprodutivos variam significativamente entre genótipos e em resposta às condições ambientais (Silva, L. O. E. *et al.*, 2024a, 2024b). Estudos recomendam focar em quatro traços principais para análises eficientes: comprimento do tubo floral, diâmetro do tubo, diâmetro da corola e número de apêndices florais (Silva, L. O. E. *et al.*, 2024a). O número de pétalas e estames varia tipicamente entre cinco e seis, dependendo da interação genótipo-ambiente (Dani; Wahyu; Syukur, 2023; Silva, L. O. E. *et al.*, 2024b).

A altitude influencia diretamente a morfologia floral: plantas em baixas elevações desenvolvem flores maiores, enquanto relações específicas entre órgãos reprodutivos (como lobo estigmático/comprimento do estilete) aumentam em altitudes elevadas (Silva, L. O. E. *et al.*, 2024b). Práticas agrícolas também modulam a biologia floral - cultivos sob sombra resultam em maior diâmetro da corola, comprimento do tubo floral e teor de nitrogênio no pólen, embora não afetem volume de néctar ou conteúdo de açúcares (Prado *et al.*, 2019). Essas respostas diferenciadas destacam a plasticidade fenotípica de *C. canephora* frente às variações ambientais, com implicações para programas de melhoramento genético e manejo agrícola (Dani; Wahyu; Syukur, 2023; Prado *et al.*, 2019; Silva, L. O. E. *et al.*, 2024b, 2024a).

2.6 Manejo com Ênfase em Uso de Agrotóxicos

O uso de agrotóxicos na agricultura é uma prática comum em muitas partes do mundo, incluindo o Brasil, onde é amplamente utilizado para controlar pragas, doenças e ervas daninhas nas lavouras. No entanto, o uso indiscriminado de agrotóxicos tem levantado preocupações ambientais e de saúde pública devido aos seus potenciais impactos negativos na biodiversidade, na qualidade da água e do solo, e na saúde humana (Silva *et al.*, 2022).

Existem no mercado diversos tipos de agrotóxicos, entre inseticidas, herbicidas, fungicidas e nematicidas, cada qual com diferentes modos de ação e potenciais impactos ambientais. Rocha e Grisolia (2019) destacam os problemas associados ao uso indiscriminado de agrotóxicos, incluindo a contaminação da água, a perda de biodiversidade e a resistência de pragas e doenças.

Podendo ter uma série de impactos ambientais negativos, incluindo a contaminação da água, a perda de biodiversidade, a contaminação do solo e a poluição do ar. Os agrotóxicos podem contaminar os recursos hídricos, prejudicando a vida aquática e afetando a saúde humana. Além disso, o uso excessivo de agrotóxicos pode levar ao desenvolvimento de pragas e doenças resistentes, tornando-se menos eficazes ao longo do tempo (Rad; Ray; Barghi, 2022; Singh *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços na tecnologia agrícola, o uso de agrotóxicos continua sendo um desafio para a sustentabilidade na agricultura. A falta de políticas eficazes de controle e

regulamentação, a pressão econômica sobre os agricultores e a falta de alternativas viáveis para o controle de pragas e doenças são alguns dos principais obstáculos para reduzir o uso de agrotóxicos (Jacquet *et al.*, 2022). É imperativo trabalhar a transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis, como a agricultura orgânica e agroecológica, para reduzir a dependência de agrotóxicos e promover a saúde dos ecossistemas agrícolas (Nicastro *et al.*, 2024).

Para reduzir o uso de agrotóxicos na agricultura, são necessárias abordagens interseccionais que promovam a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, o desenvolvimento de tecnologias alternativas de controle de pragas e doenças, e a conscientização dos agricultores e consumidores sobre os impactos ambientais e de saúde dos agrotóxicos (Lykogianni *et al.*, 2021).

O manejo agrícola com ênfase no uso de agrotóxicos representa um desafio significativo para a sustentabilidade na agricultura brasileira. É fundamental promover uma transição para sistemas agrícolas mais sustentáveis, que reduzam a dependência de agrotóxicos e promovam a saúde dos ecossistemas agrícolas. Isso requer o envolvimento de governos, instituições de pesquisa, agricultores e consumidores na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e na proteção do meio ambiente (Lykogianni *et al.*, 2021; Nicastro *et al.*, 2024).

2.7 Papel dos Polinizadores para a Produção do Café Conilon

A polinização zoofílica desempenha um papel fundamental na produção de grãos de café Conilon, uma das principais culturas agrícolas do Brasil. Os polinizadores, como as abelhas, os besouros e os beija-flores, são responsáveis pela transferência do pólen entre as flores, promovendo a fertilização e o desenvolvimento dos frutos. A polinização é essencial para o sucesso reprodutivo do café Conilon, influenciando diretamente a quantidade e a qualidade dos frutos produzidos (Aristizábal *et al.*, 2025).

A presença de polinizadores aumenta a taxa de pegamento floral e melhora a uniformidade da maturação dos frutos, resultando em uma maior produtividade e qualidade dos grãos de café. Além disso, a polinização cruzada promovida pelos polinizadores contribui para a diversidade genética das plantas e a resiliência das lavouras a condições adversas (Machado *et al.*, 2024).

Dentre os diversos insetos que visitam flores nas planícies tropicais, as abelhas sem ferrão, destacam-se não só por serem eussociais, mas pela alta atividade das colônias e pelo hábito alimentar generalista (Michener; Michener, 1979; Roubik, 1992; Ramalho, 2004). A polinização por estas abelhas tem destaque em ecossistemas naturais e agrícolas, sendo capazes de polinizar de 30% a 90% da flora nativa. Além de produzir mel e alguns produtos medicinais, auxiliar no reflorestamento e identificação das espécies vegetais (Keer, 1997).

Há centena de anos a relação entre abelhas e plantas desperta a atenção de filósofos e naturalistas, mas foi no século XX que fatos e teorias deram origem a modelos históricos e destacaram sua importância (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2016). As operárias buscam alimento nas flores, retribuindo às plantas com a fertilização, o que resulta em frutos de maior qualidade e com maior número de sementes (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2004). Em áreas agrícolas as abelhas polinizam aproximadamente 66% das 1.500 espécies cultivadas no mundo, estimando-se uma contribuição de 15 a 30% na produção mundial de alimentos (Kremen; Iles; Bacon, 2012).

Diversos agentes polinizadores contribuem para a polinização das flores de cafeeiros Conilon, incluindo-se abelhas africanizadas (*Apis mellifera*), abelhas nativas sem ferrão (Meliponini), besouros (Coleoptera) e beija-flores (Trochilidae). Cada um desses polinizadores possui características específicas de comportamento e morfologia que influenciam sua eficácia na polinização das flores desta espécie (Klein.; Steffan-Dewenter; Tschardtke, 2003).

Apesar da importância dos polinizadores estes organismos enfrentam uma série de desafios, incluindo a perda de habitat, a exposição a agrotóxicos, a competição com espécies invasoras e as mudanças climáticas. O desmatamento e a fragmentação de habitats naturais reduzem a disponibilidade de recursos alimentares e abrigos para os polinizadores, enquanto o uso indiscriminado de agrotóxicos pode contaminar os alimentos e prejudicar sua saúde (Torres-Vanegas *et al.*, 2021; López-Vázquez *et al.*, 2024).

Para promover a polinização sustentável das flores de cafeeiros Conilon, são necessárias medidas que protejam os polinizadores e seus habitats, reduzam o uso de agrotóxicos e promovam práticas agrícolas amigáveis aos polinizadores. Isso inclui a implementação de áreas de refúgio e corredores ecológicos nas plantações de café, o estabelecimento de práticas de manejo que preservem a diversidade de plantas nativas, e a conscientização dos produtores sobre os benefícios da polinização para a produtividade e a qualidade dos grãos de café (Machado *et al.*, 2024; Ventavoli *et al.*, 2024).

Os polinizadores têm papel crucial na produção de café Conilon, influenciando sua produtividade, qualidade e resiliência. Para garantir a sustentabilidade da produção de grãos de café Conilon no Brasil, é fundamental promover a preservação dos polinizadores e seus habitats, reduzir o uso de agrotóxicos e adotar práticas agrícolas que promovam a diversidade e a saúde dos ecossistemas agrícolas.

A polinização é essencial para o café Conilon, uma espécie autoincompatível que requer polinização cruzada para uma produção eficiente de frutos (Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003a; Silva, A. N. R. *et al.*, 2024; Willmer; Stone, 1989). A polinização por abelhas é particularmente crucial, pois resulta em maior taxa de frutificação e rendimento quando comparada à autopolinização ou polinização pelo vento (Klein, A. M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003; Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003a; Silva, A. N. R. *et al.*, 2024). Em condições de polinização aberta (mediada por abelhas), a taxa de frutificação pode atingir até 95%, enquanto a autopolinização resulta em taxas inferiores a 10% (Klein, A. M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003; Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003a; Silva, A. N. R. *et al.*, 2024). A diversidade de polinizadores, especialmente abelhas solitárias, desempenha um papel fundamental, com fazendas que apresentam maior riqueza de espécies de abelhas alcançando rendimentos significativamente superiores (Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter; Tscharnkte, 2003a; Willmer; Stone, 1989).

Acredita-se, atualmente, que o surgimento e a proliferação das abelhas encontra-se relacionado ao aparecimento das angiospermas (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2016). Teriam surgido na metade do período Cretáceo, após as plantas com flores serem geradas (Michener; Michener, 1979; Silveira; Melo; Almeida, 2002), podendo estas apresentar comportamento solitário, parassocial, subsocial e eussocial (Michener; Michener, 1979).

As relações sociais mais complexas existem nas eussociais, com a sobreposição de gerações, existência de castas definidas e divisão do trabalho, em que o nível mais complexo é encontrado nas espécies de Apinae (Campos, 1987). Em meio às diversas espécies de abelhas eussociais até então identificadas, as abelhas nativas sem ferrão (Meliponini) são responsáveis pela polinização de até 90% das árvores nativas (Keer, 1997). Sua conservação preservação, juntamente com outros polinizadores, é preocupante (Kearns; Inouye; Waser, 1998). Essas abelhas são consideradas mantenedoras da biodiversidade haja vista os serviços prestados, via polinização, às comunidades florísticas do planeta (Rêgo, 2006).

Abelhas sociais nativas, também chamadas de meliponíneos, são as únicas a não apresentar ferrão (Nogueira Neto, 1997). O ferrão é atrofiado, por isso não ferem daí o nome “abelha sem-ferrão”, como são tradicionalmente manejadas pelos indígenas, também são chamadas de “abelha indígena” (Lopes; Ferreira; Santos, 2019). Todavia, não diferem das demais abelhas apenas pela ausência do ferrão, mas também por outras características, como: ninhos feitos em troncos de árvores, fendas em pedras ou no solo, ou ainda pendurados em

galhos; favos sobrepostos horizontalmente; depositam pólen misturado ao mel; e os machos após fecundarem a rainha são expulsos da colônia ou inutilizados (Fabichak, 1989). Nativas das florestas tropicais úmidas e de outros ambientes das Américas (Levy, 2004), ocupam grande parte das regiões de clima tropical e algumas de clima temperado e subtropical, distribuindo-se na maior parte do território Latino-Americano (Nogueira Neto, 1997).

2.8 Uso de Agrotóxicos e Seus Efeitos na Polinização das flores de cafeeiros Conilon

Os agrotóxicos utilizados nas plantações de cafeeiros podem afetar os polinizadores de diversas maneiras, incluindo a mortalidade direta, a redução da atividade forrageira, a interferência na orientação e na comunicação, e a contaminação dos alimentos e dos ninhos. Estudos demonstram que a exposição a agrotóxicos pode comprometer a saúde e a reprodução das abelhas, diminuindo sua capacidade de polinização e prejudicando a produção de grãos de café Conilon (Stuligross; Williams, 2021; Albacete *et al.*, 2024).

Os efeitos do uso de agrotóxicos na polinização das flores de cafeeiros Conilon resultam em consequências expressivas para a produção agrícola e a conservação da biodiversidade. A redução da polinização pode levar a uma diminuição na produtividade e na qualidade dos grãos de café, afetando a renda dos produtores e a segurança alimentar das comunidades rurais. Além disso, a perda de polinizadores pode comprometer a reprodução das plantas e a manutenção da diversidade genética, aumentando a vulnerabilidade das lavouras a pragas e doenças (Stanley *et al.*, 2015).

Para mitigar os impactos do uso de agrotóxicos na polinização das flores de cafeeiros Conilon, são necessárias medidas que reduzam a exposição dos polinizadores aos agentes de controle sintéticos industriais, que promovam a diversidade de habitats e dos recursos alimentares, e também que seja incentivada a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis (Samanta *et al.*, 2023) - isso inclui o uso responsável de agrotóxicos, a implementação de áreas de refúgio e de corredores ecológicos nos cafezais, além da adoção de técnicas de manejo integrado de pragas que minimizem o uso de agrotóxicos. A colaboração entre produtores, pesquisadores e governos na busca por soluções sustentáveis para os desafios enfrentados no cultivo de cafeeiros Conilon é fundamental para a promoção de sistemas de produção mais sustentáveis, visando garantir a segurança alimentar, a saúde dos agroecossistemas e a conservação da biodiversidade (Martínez-Salinas *et al.*, 2022).

3 METODOLOGIA

3.1 Áreas de Estudo

O projeto foi desenvolvido no município de Camacan, localizado na Mesorregião Geográfica Sul Baiano, Microrregião Geográfica Ilhéus- Itabuna, em conformidade com a regionalização proposta pelo IBGE (1990), onde foram selecionadas duas áreas de cultivo de cafeeiros, uma vizinha a uma área de cultivo de cacauzeiros em sistema agroflorestal Cabruca (latitude 15°25'14.89"S, longitude 39°32'11.70"O) e outra vizinha a uma área de pastagem (latitude 15°25'36.37"S, longitude 39°33'34.18"O) (Figura 1).

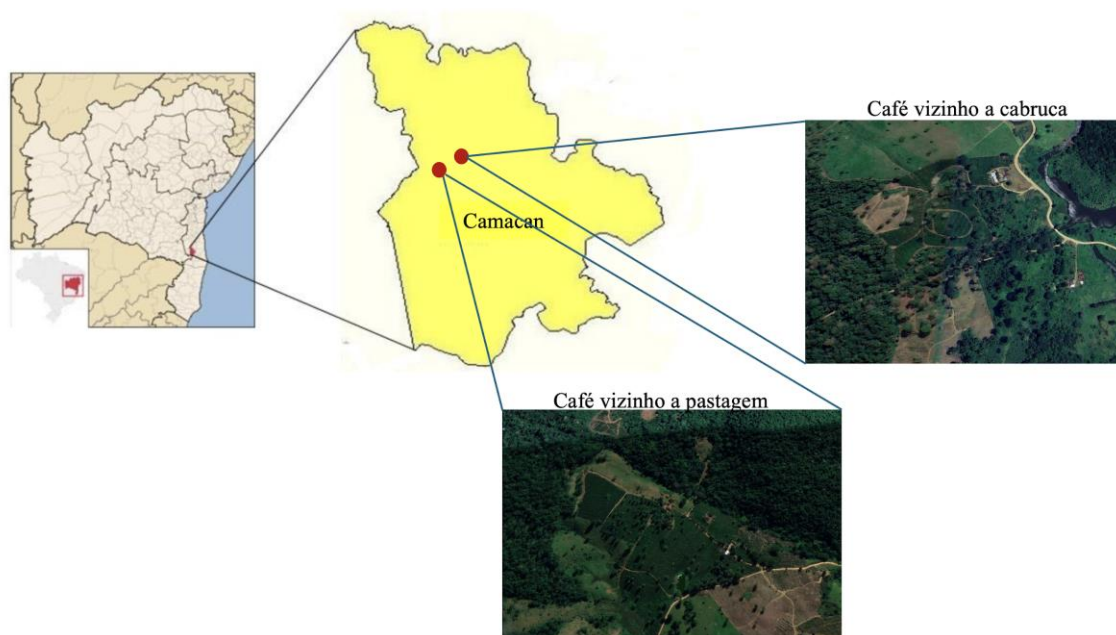


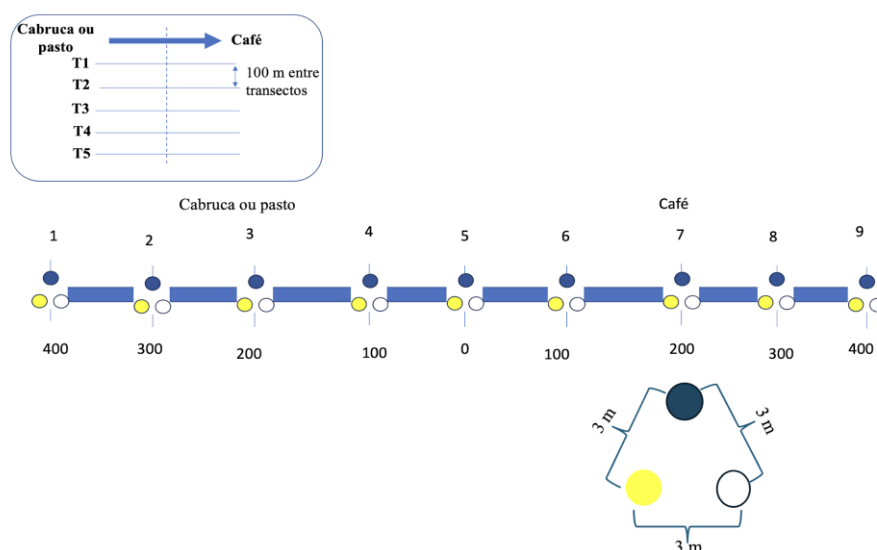
Figura 1. Mapa do município de Camacan (BA), destacando as áreas de café estudadas e suas respectivas áreas vizinhas (Cabruca e pasto).

As áreas selecionadas para o estudo estão situadas na bacia hidrográfica Rio Panelão, composta pelos rios Panelão e Braço do Sul, região responsável pelo abastecimento de água de quase 32 mil habitantes (Instituto Cidades Sustentáveis, 2025). A região se destaca pela vasta cobertura de remanescentes de Mata Atlântica, fazendo parte do Corredor Una – Lontras - Baixão, junto com o Parque Nacional Serra das Lontras, a Reserva Biológica de Una, o Refúgio de Vida Silvestre de Una, a Reserva Extrativista de Canavieiras e outras RPPN.

A agricultura da região é composta por áreas de cacau Cabruca, cultivos de cafeeiros, pastagens e pimenta do reino. A área de Cabruca selecionada se caracteriza pelo manejo orgânico certificado, com áreas importantes de floresta no seu entorno. Os cafezais selecionados são da espécie *Coffea canephora* Pierre, variedade Conilon, conduzidos sob manejo convencional, ou seja, são usados insumos químicos para a fertilização do solo e para o controle de pragas e doenças. A área de pastagem (*Brachiaria decumbens*) é utilizada para a pecuária bovina convencional extensiva. Os solos predominantes são do tipo Argissolos Eutróficos (Embrapa Solos, 2006).

3.2 Avaliação da Comunidade de Abelhas

As armadilhas de queda foram construídas com recipientes plásticos brancos, azuis e amarelos de 25 mL (Roulston; Smith; Brewster, 2007), que foram coloridos com tinta ultravioleta brilhante (azul, amarelo e branco) e preenchidas com água e uma pequena quantidade de detergente sem odor para reduzir a tensão superficial, ajudando os insetos a afundarem e aumentando a reflexão da luz UV (Munyuli *et al.*, 2013), atraindo insetos, incluindo abelhas, que voam para a água e se afogam (Aizen; Feinsinger, 1994). Em cada ponto de amostragem, foram colocadas três armadilhas, sendo uma de cada cor (azul, amarela e branca) a 3 m de distância uma da outra (Droege *et al.*, 2010). Os conjuntos de armadilhas foram estabelecidas nos transectos a cada 100 m, tendo início 400 m dentro das áreas vizinhas ao café (Cabruca ou pasto), adentrando em 400 m as áreas de café (Figura 2).



12

Os conjuntos de armadilhas, contendo água e sabão detergente, foram apoiadas em tubos a 1,70 m do solo, na altura da copa dos cafeeiros e permaneceram em exposição por 48 horas (Potts; Kevan; Boone, 2005). O conteúdo dos copos, quando recolhido foi acondicionado em frascos com álcool 70% e levados para identificação em laboratório. As armadilhas foram recolocadas em campo por três semanas consecutivas (Figura 3).

A identificação inicial das abelhas foi realizada no Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, seguindo a chave de identificação das abelhas brasileiras (Silveira; Melo; Almeida, 2002). Os morfotipos encontrados foram caracterizados quanto à sociabilidade, preferência alimentar e locais de nidificação.



Figura 3. Armadilhas pantraps instaladas em campo em triângulo.

3.3 Efeito de Vizinhança sobre a Polinização por Abelhas na Produção Cultura do Café

A avaliação da contribuição da polinização na produção de frutos de café das áreas foi realizada por meio de um estudo de exclusão, onde ramos dos cafeeiros foram isolados da ação das abelhas com o auxílio de sacos confeccionados com filó, com trama de 1mm de diâmetro. Nos ramos isolados (Figura 4) todas as flores foram expostas à polinização pelo vento e à autopolinização, mas não à polinização por insetos. Uma vez que essas redes não impedem o fluxo de pólen pelo ar (Sacchi; Price, 1988; Wragg; Johnson, 2011), a diferença entre os tratamentos representa a contribuição da polinização por insetos.



Figura 4. Detalhe do ramo da planta de café em floração coberta para excluir a presença de abelhas.

Ramos de nove cafeeiros, distribuídos em três transectos (T1, T3 e T5), pertencentes a plantas situadas a 100, 200 e 400 m dos cultivos vizinhos (Cabruca e pastagem) foram isolados com o saco de filó (Figura 5). De cada uma das plantas, um ramo de segunda ordem foi envolto e outros três de mesma ordem foram marcados com fita colorida e deixados expostos a ação das abelhas para posterior comparação.

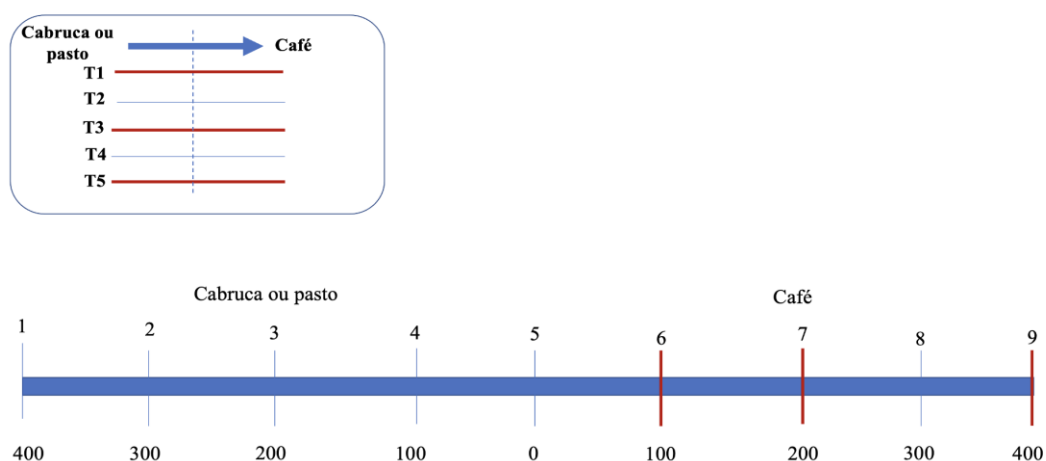


Figura 5. Localização dos pés de café avaliados através do experimento de exclusão.

Os frutos de café foram colhidos em maio de 2024 e avaliados quanto ao número, peso, diâmetro e rendimento. O peso dos grãos foi avaliado após a colheita e depois do processo de

secagem, em estufa solar, com temperatura entre 60° e 70 °C durante 12 dias, conforme prática adotada na região.

O rendimento do grão foi obtido após o grão já seco ser descascado em uma descascadora PA-AMO/30 e verificado o peso da amostra final, quando foi calculado o percentual que o valor obtido representa em relação ao peso seco dos grãos.

3.4 Análises Estatísticas

Para a realização das análises de escalonamento multidimensional não métrico (*non metric multidimensional scaling, NMDS*) foi utilizado o número de morfotipos encontrados, considerando a dissimilaridade de Bray-Curtis, conforme as recomendações de Minchin (1987). O *NMDS* foi confeccionado e testado utilizando a linguagem R (R Core Team, 2021; RStudio, 2025) com o pacote R Vegan (Oksanen *et al.*, 2025). O teste de significância utilizado foi a PERMANOVA (Adonis) e para a decomposição da dissimilaridade foi utilizado o SIMPER, ferramentas do pacote R Vegan (Oksanen *et al.*, 2025).

Para fins de elaboração das análises NMDS as áreas vizinhas foram consideradas como a origem dos transectos (Cabruca e pastagem) e foram dados valores positivos para os pontos dentro da Cabruca e da pastagem e valores negativos para os pontos dentro do cafezal. O ponto zero do transecto representa o ponto de transição entre o sistema vizinho e o café.

Os dados referentes às variáveis de produtividade do café foram testados quanto à normalidade, heterocedasticidade e independência dos dados usando o pacote emmeans (Lenth *et al.*, 2025). Como os resultados de número de grãos, peso de grãos e rendimento não foram considerados normais, portanto, sofreram transformação logarítmica e realizada análise de variância (ANOVA) utilizando-se o pacote dplyr (Wickham *et al.*, 2023). As análises de variância e de contraste se encontram detalhadas em tabelas no Apêndice A..

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 76 indivíduos no total, divididos em 20 morfotipos pertencentes a nove tribos e duas famílias de abelhas (Tabela 1) (Figura x). As espécies de abelhas da família Apinae, *Apis mellifera*, *Melitoma segmentaria* e *Trigona spinipes* foram as mais abundantes, perfazendo 68% da capturadas nos cafeeiros vizinhos à Cabruca. A espécie *Apis mellifera* representou 19,7% do total de indivíduos capturados neste ambiente, sendo identificada em todos os ambientes estudados (Cabruca, pastagem e em ambos os plantios de cafeeiros), havendo uma ocorrência de indivíduos nos cafeeiros vizinhos à Cabruca (53%). Esta espécie é exótica e é amplamente distribuída por todo o mundo, desempenhando um papel fundamental na polinização de plantações e pastagens e se caracterizam por serem altamente eussociais, com grande capacidade de voo, e por formarem colônias perenes apresentando uma alta capacidade de adaptação (Dearden; Duncan; Wilson, 2009).

Diversos estudos evidenciam *A. mellifera* como importante polinizadora das flores de cafeeiros Conilon (Ngo; Mojica; Packer, 2011; Giannini *et al.*, 2015). O impacto positivo desta espécie na polinização das flores do cafeeiro é atribuído ao hábito individual de forrageamento, o que leva a visitar mais flores do que indivíduos de outras espécies, adicionalmente às taxas mais lentas de ingestão de néctar, o que pode favorecer a transferência de pólen durante as visitas florais (Roubik; Buchmann, 1984).

A espécie *Melitoma segmentaria* representou 14,5% das abelhas capturadas, sendo que, 72% dos indivíduos foram encontrados na área de cafeeiros vizinha à Cabruca. *M. segmentaria* se caracteriza como uma espécie solitária que constrói ninhos no solo, comumente documentada em plantas da família Convolvulaceae, sendo considerada oligolética (Cortopassi-Laurino; Taniguchi; Boff, 2018), ou seja, especializadas em coletar grãos de pólen em plantas filogeneticamente relacionadas (Cane; Sipes, 2006), haja vista limitarem suas fontes de pólen a espécies do mesmo gênero ou da mesma família de plantas, o que reduz sua ação como polinizadora das flores de. A polinização depende da harmonia entre as características das flores e as de seus visitantes, sendo estes traços essenciais na eficiência deste processo (Machado; Sazima, 1987; Parra-Tabla; Bullock, 2003; Pinto-Torres; Koptur, 2009).

Tabela 1. Distribuição dos indivíduos coletados nas áreas pesquisadas de cafezal em área vizinha ao cacau Cabruca; Cafezal em área vizinha a pastagem; área limítrofe entre cafezal e Cabruca; área limítrofe entre cafezal e pastagem; cacau Cabruca e pastagem.

Família	Tribo	Espécie	N	Nidificação	Sociabilidade	Local de coleta
<i>Apinae</i>	Apini	<i>Apis mellifera</i>	15	Exposto ou em cavidade	Eussocial	Cc; Cc/C; C; Cp; Cp/P; P
	Bombini	<i>Bombus</i> sp	1	Solo ou cavidades preexistentes	Eusocial	Cp
	Emphorini	<i>Ancyloscelis Apiformis</i> (Fabricius, 1793)	9	Solo	Solitária	Cc; Cc/C; C; Cp
		<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	11	Cavidades ou solo	Solitária	Cc; Cc/C; Cp; P
	Eucerini	<i>Eucerini</i> sp	1	Solo	Solitária	Cc
	Euglossini	<i>Euglossa</i> sp	2	Cavidades	Parassocial	Cc; C
		<i>Exomalopsisini</i> (<i>Eucerini</i>) sp	2	Solo	Solitária	P
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) sp	3	Solo	Solitária	Cc; C
		<i>Exomalopsis</i> (<i>Stilbomalopsis</i>) sp	1	Solo	Solitária	Cp/P
		<i>Exomalopsis</i> sp	2	Solo	Solitária	Cc; C
	Meliponini	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	5	Em árvores ou estruturas urbanas	<i>Eussocial</i>	Cc; Cc/C
		<i>Indet1</i>	1	X	X	Cc
Halictidae	Halictini	<i>Halictus</i> sp	1	Solo	Solitária ou semissocial	P
		<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i> s. str.) sp1	12	Madeira podre ou solo	Solitária ou semissocial	Cc; Cc/C; C; Cp
		<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i> s. str.) sp2	1	Madeira podre ou solo	Solitária ou semissocial	Cp
		<i>Augochlora</i> (<i>Augochlora</i> s. str.) sp3	1	Madeira podre ou solo	Solitária ou semissocial	Cp
	Augochlorini	<i>Augochlora (oxytoglossella)</i> sp	1	Madeira podre ou solo	Solitária ou semissocial	Cp
		<i>Augochlora</i> sp	3	Madeira podre ou solo	Solitária ou semissocial	Cc; Cp
		<i>Augochloropsis</i> sp	2	Solo	Eussocial	Cc/C
		<i>Ariphanarthra palpalis</i> (Smith, 1854)	3	X	Solitária	Cc/C; C

Cafezal em área vizinha ao cacau Cabruca= Cc; Cafezal em área vizinha a pastagem= Cp; Cabruca = C; Pastagem = P; área limítrofe entre Cafezal e Cabruca (ponto 0) = Cc/C; área limítrofe entre Cafezal e Pastagem (ponto 0) = Cp/P



Figura 6. *Trigona spinipes* (A); *Euglossa* sp. (B); *Ancyloscelis apiformes* (C); *Exomalopsis* sp. (D); *Augocholopsis* sp.(E); *Apis mellifera* (F); *Melitoma segmentaria* (G); *Exomalopsini* (Eurocini) (H); *Bombus* sp. (I); *Augochoropsis* (augochola s.st) ssl (J); *Eurocini* sp. (K); *Halictus* sp. (L); *Aripanarthra palpalis* (M).

Fonte: imagens adaptadas de Jacinto (2007); Bug Guide (2018); Kay (2018); Dorchin *et al.* (2018); Gruber (2019); National Butterfly Center of Mission (2019); Coelho *et al.* (2020); Eco Registros (2022); Igui (2022); PixaBay (2022); Schoepe (2023); Raupp (2024).

Trigona spinipes representou 6,6% do total dos indivíduos coletados, sendo esta espécie presente exclusivamente na área de cafeeiros vizinha à Cabruca, o que pode estar relacionado aos ninhos estabelecidos em árvores. A espécie possui ampla distribuição geográfica na América do Sul (Pedro, 2014) e embora seja por vezes considerada uma praga agrícola, todavia, apresenta grande potencial polinizador e, portanto, interesse econômico (Sánchez *et al.*, 2001). Pesquisas recentes indicam que *T. spinipes* apresenta uma grande capacidade de recrutamento de indivíduos para o forrageamento, associado a um comportamento dominante atacando ou inibindo a presença de outras espécies no partilhamento de recursos. Entretanto, prefere horários mais quentes e de menor umidade, diferente das demais espécies (Soares *et al.*, 2021) o que reduz a possibilidade de disputa por alimento e faz de *T. spinipes* um importante organismo na polinização de cultivos.

Ainda da família Apinae, o gênero *Exomalopsis* contribuiu com 13% dos indivíduos capturados, sendo representado por cinco morfotipos, e *Ancyloscelis apiformis* contribuiu com 12%. As espécies de *Exomalopsis* nidificam no solo e a amplitude de nichos alimentares ainda é pouco conhecida (Rabelo; Bastos; Augusto, 2016). A tribo Exomalopsini é exclusivamente representada pelo gênero *Exomalopsis* no Brasil (Silveira; Melo; Almeida, 2002) e é frequentemente associada à polinização de solanáceas (Rabelo; Bastos; Augusto, 2016; Gabriela; Diego; Alejandro, 2022).

O gênero *Ancylocelis* se estende dos Estados Unidos ao centro da Argentina, apresentando sua maior diversidade entre as espécies sul-americanas (Schaller; Roig-Alsina, 2021). *Ancyloscelis apiformis*, assim como *Melitoma segmentaria*, também é considerada uma espécie oligolética, associada à família Convolvulaceae (Razo-León *et al.*, 2024), o que torna eventual o seu potencial de colaboração na polinização das flores de cafeeiros.

A família Halictidae foi predominantemente representada pelo gênero *Augochlora*, com cinco morfotipos encontrados e representou 23,7% do total de indivíduos coletados equitativamente. Entretanto, apenas o morfotipo *Augochlora* (*Augochlora* s. str.) spl representou 67% do total das abelhas capturadas deste gênero, encontradas nos ambientes vizinhos à Cabruca e à pastagem.

As abelhas do gênero *Augochlora* são consideradas sociais primitivas, com organização diferente das abelhas altamente sociais a exemplo de *A. mellifera*. São espécies que podem apresentar comportamento solitário ou semissocial, formando pequenas agregações. As características relacionadas a este gênero incluem ninhos em madeira em decomposição ou sob cascas de árvores, onde constroem células individuais revestidas com partículas de madeira mastigada (Lepeco; Gonçalves, 2022), sendo, portanto, bastante beneficiadas por ambientes florestais ou abundantes em árvores. Estudos anteriores relacionaram a presença desse gênero de abelhas aos cultivos de cafeeiros (Ngo; Mojica; Packer, 2011; Maldonado-Cepeda *et al.*, 2024), destacando-se a importância funcional na polinização, visto se tratar de indivíduo de tamanho pequeno (Maldonado-Cepeda *et al.*, 2024).

Os transectos Cabruca/cafeeiro apresentaram maior concentração de indivíduos e de espécies no ponto zero, limite entre os ambientes (Figura 6). Estudos realizados em áreas de cafeeiros na Costa Rica, a diversidade e frequência de visitação de abelhas também foram maiores na interface entre a área de mata e o cultivo de café (Caudill *et al.*, 2017).

A área de cafezal vizinha à Cabruca apresentou maior abundância de abelhas (n=47) quando comparada à área vizinha à pastagem (n=15), embora a riqueza de espécies nessas áreas seja semelhante (n=13 em Cabruca/cafeeiro e n=12 em pastagem/cafeeiro), sendo nos transectos pastagem/cafeeiro o número de espécies e a abundância de indivíduos equitativamente distribuídas ao longo de todo o transecto, desde o pasto (ponto inicial 400 m) até o ponto final no cafezal (-400 m).

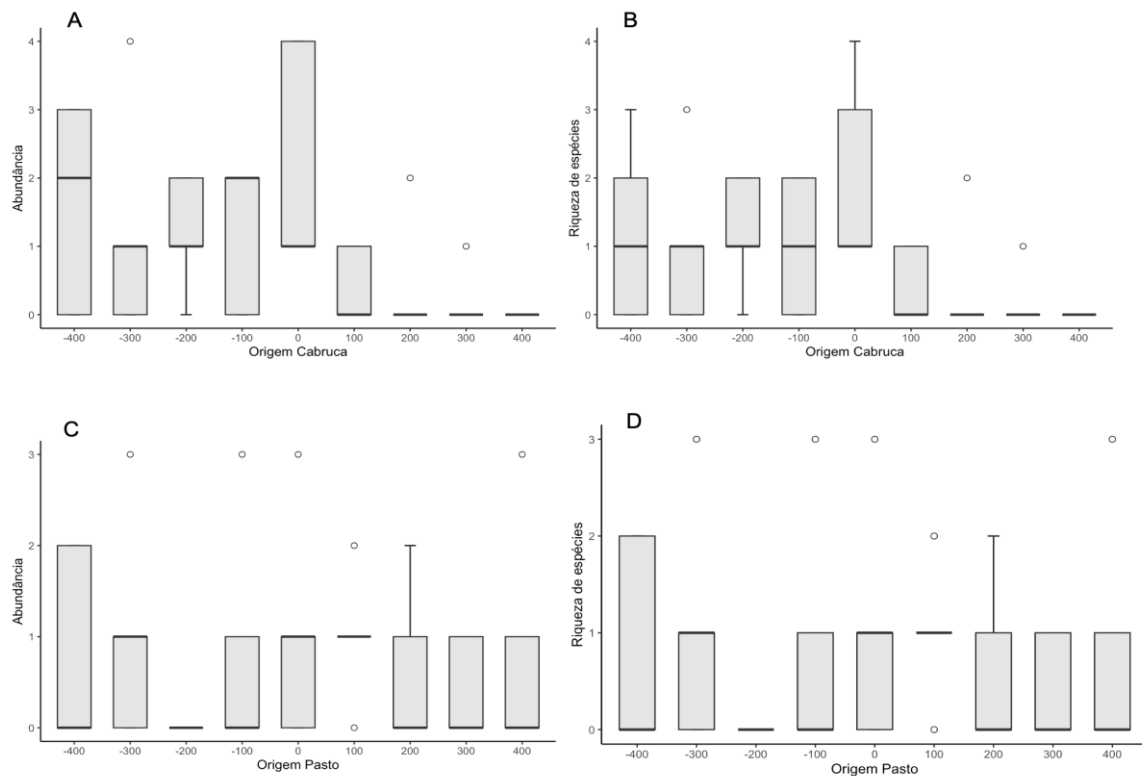


Figura 7. Abundância de indivíduos e riqueza de espécies capturadas ao longo dos transectos que têm origem na Cabruca (1.A e 1.B) e nos transectos que tem origem no pasto (1.C e 1.D). Os valores negativos são indicativos dos pontos de coleta dentro das áreas de café. O 0 é a interface entre os ambientes de Cabruca e pasto com as áreas de café.

Torna-se importante salientar que as áreas avaliadas estão inseridas em uma paisagem onde as áreas de Cabruca são abundantes (Figura 1), o que pode ter potencializado a riqueza de espécies nos transectos pastagem/cafezal. Outros estudos em plantações de café também mostraram que a riqueza de abelhas selvagens, em paisagens onde os ambientes naturais ou abundantes em espécies árvores são frequentemente presentes (Haggar *et al.*, 2015; Escobar-González *et al.*, 2024).

No agrupamento multidimensional não métrico das comunidades de abelhas as áreas de Cabruca e cafezal vizinho à Cabruca formam um agrupamento mais coeso, representativo de um subgrupo da comunidade dos transecto pastagem/ cafeeiro (Figura 7), indicando que as comunidades não são significativamente diferentes ($R = 0,103$; $p = 0,14$) indicando que a vizinhança do cafezal explica apenas 10,3% da variação encontrada.

Apesar de modelos teóricos mostrarem que a fragmentação da paisagem pode modular a prestação de diferentes serviços ecossistêmicos (Andrieu; Vialatte; Sirami, 2015), vários autores ressaltam que o comportamento das abelhas quanto às diferentes escalas da paisagem varia conforme a capacidade de voo (Benjamin; Reilly; Winfree, 2014; Saturni; Jaffé; Metzger, 2016) e hábitos de distanciamento do ninho (Soares *et al.*, 2021).

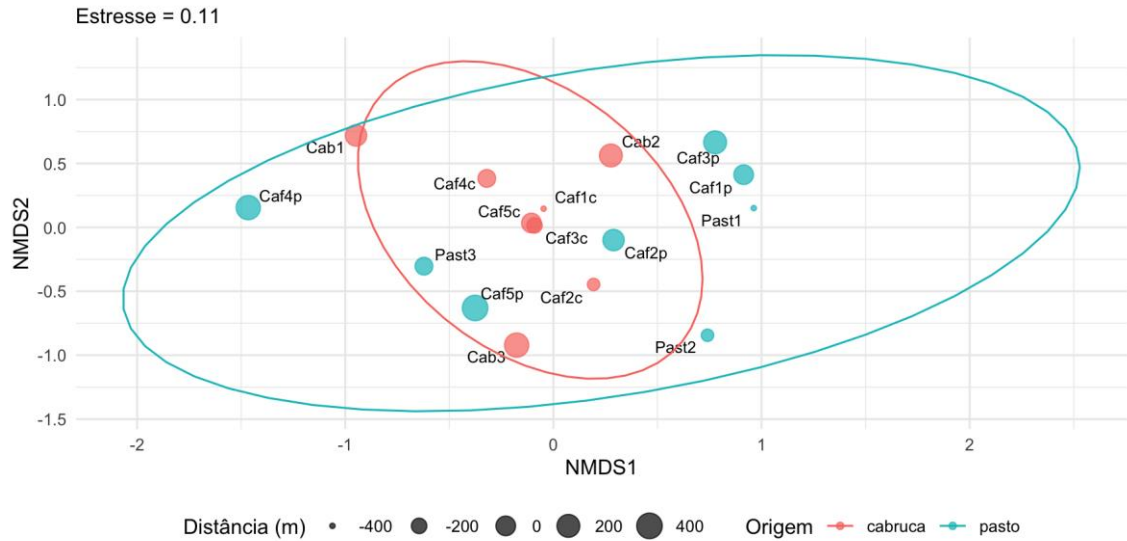


Figura 8. Agrupamento multidimensional não métrico das comunidades de abelhas encontradas nos transectos Cabruca/ café e pasto/café. As áreas vizinhas (Cabruca e pasto) foram tomadas como a origem dos transectos e os pontos amostrais dentro do cultivo de café foram definidos como negativos, uma vez que estão imersos no cultivo. Onde: Caf=café; Cab=Cabruca; Past= Pasto; c=área vizinha a Cabruca; p=área vizinha ao pasto.

Na Figura 8, relativa ao ordenamento foram encontram-se apresentadas as espécies de maior destaque para a diferenciação das comunidades nos ambientes dos transectos estudados (Cabruca/cafezal e pastagem/cafezal), evidenciando-se as maiores contribuições de *Apis mellifera*, *Augochlora* (*Augochlora* s. str.) sp1, *Ancyloscelis Apiformis*, *Melitoma segmentaria*, *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) sp., *Trigona spinipes*, *Exomalopsini* (*Eucerini*) sp, *Euglossa* sp., *Exomalopsis* sp.; Indet1= espécie não identificada 1, *Bombus* sp., *Augochloropsis* sp.

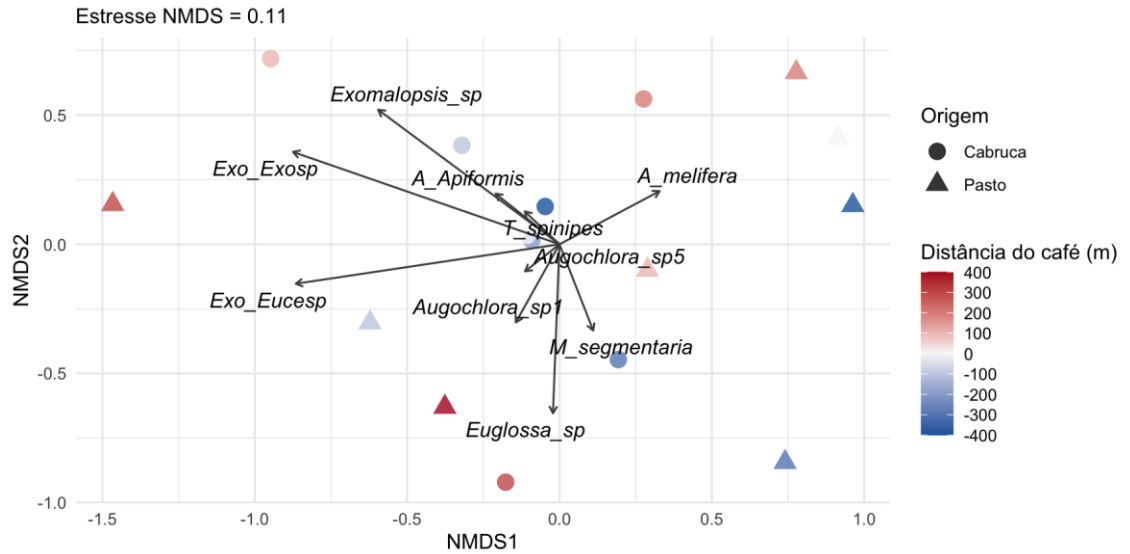


Figura 9. Agrupamento multidimensional não métrico das comunidades de abelhas encontradas nos transectos Cabruca/ café e pasto/café, destacando as espécies que têm maior contribuição para a diferenciação das comunidades. Pontos da mesma origem possuem representações de mesmo formato e o gradiente de cores, sendo que os valores negativos indicam pontos amostrais dentro do plantio de café. Em que: *A_melifera*=*Apis melífera*; *Augochlora_sp1*= *Augochlora* (*Augochlora* s. str.) sp1; *A_Apiformis*=*Ancyloscelis Apiformis*; *M_segmentaria* = *Melitoma segmentaria*; *Exo_Exosp*=*Exomalopsis* (*Exomalopsis*) sp; *T_spinipes*= *Trigona spinipes*; *Exo_Eucesp*=*Exomalopsini* (*Eucerini*) sp; *Euglossa_sp*= *Euglossa* sp; *Exomalopsis_sp*=*Exomalopsis* sp; *Indet1*= espécie não identificada; *Bombus_sp*= *Bombus* sp; *Augochloropsis_sp*= *Augochloropsis*.

Na Tabela 2 encontra-se detalhada a decomposição da dissimilaridade total e identificam-se quais morfotipos mais contribuem para as diferenças na composição das comunidades existentes nos diferentes ambientes dos transectos Cabruca/cafezal e pasto/cafezal, atribuindo-se a cada morfotipo uma proporção (%) de contribuição para essa diferença.

Tabela 2. Decomposição da dissimilaridade total indicando as espécies mais contribuem para as diferenças na composição das comunidades nos transectos Cabruca/cafezal e pastagem/cafezal.

Espécies	Contribuição Média	Desvio Padrão	Razão	Contribuição Média Cabruca/cafezal	Contribuição Média Pastagem/cafezal	Contribuição Acumulada	p valor	Características da distribuição das espécies
<i>Apis mellifera</i>	0.10100	0.06980	144.700	0.34400	0.35790	0.128	0.328	Espécie presente em ambos os tipos de transectos avaliados.
<i>Augochlora (Augochlora s. str.)</i> sp1	0.09469	0.07974	118.750	0.29180	0.24650	0.247	0.416	Presente em ambos os tipos de transectos avaliados.
<i>Ancylloscelis Apiformis</i>	0.09080	0.07451	121.870	0.34150	0.05590	0.362	0.013*	Significativamente mais abundante nos transectos Cabruca/cafezal
<i>Melitoma segmentaria</i>	0.07684	0.07697	0.99830	0.24070	0.15090	0.459	0.566	Pouca diferença entre os transectos avaliados.
<i>Exomalopsis (Exomalopsis)</i> sp	0.05078	0.07789	0.65200	0.11940	0.08840	0.523	0.852	Baixa contribuição para diferenças.
<i>Trigona spinipes</i>	0.04914	0.04993	0.98420	0.19350	0.00000	0.585	0.019*	Exclusiva do ambiente de cafezal vizinho a Cabruca.
<i>Exomalopsini (Eucerini)</i> sp	0.04294	0.07776	0.55220	0.00000	0.15090	0.640	0.434	Presente apenas na pastagem
<i>Euglossa</i> sp	0.03789	0.06973	0.54340	0.11940	0.00000	0.688	0.001***	Exclusiva dos transectos Cabruca/cafezal
<i>Exomalopsis</i> sp	0.03358	0.06211	0.54060	0.11940	0.00000	0.773	0.009**	Exclusiva nos transectos Cabruca/cafezal
Indet1	0.03086	0.05978	0.51620	0.10830	0.00000	0.812	0.011*	Exclusiva do cafezal vizinho a Cabruca
<i>Bombus</i> sp	0.02602	0.06986	0.37240	0.00000	0.08840	0.845	0.977	Presente apenas no cafezal vizinho a pastagem
<i>Augochloropsis</i> sp	0.01564	0.04176	0.37450	0.06250	0.00000	0.967	0.021*	Exclusiva nas áreas de borda entre a Cabruca e o cafezal

Significância: ***0.001**0.01 * 0.05

As espécies *Ancyloscelis Apiformis*, *Trigona spinipes*, *Euglossa sp.*, *Exomalopsis sp.* e *Augochloropsis sp.* são os morfotipos que contribuem de maneira significativa na diferenciação das comunidades. *A. mellifera* ainda que apresente alta contribuição média na diferenciação entre os ambientes dos transectos avaliados não teve participação significativa devido à sua ampla distribuição em todos os ambientes. *A. apiformis* ($p=0,013^*$) e *Euglossa sp.* ($p=0,001^{***}$) podem ser consideradas espécies-chave por possuírem nichos ecológicos mais específicos. As cinco primeiras espécies explicam aproximadamente 58,5% da dissimilaridade.

A visitação das abelhas do gênero *Euglossa* às flores de cafeeiros foi documentada anteriormente (Maldonado-Cepeda *et al.*, 2024), ainda que este gênero seja frequentemente relacionado às orquídeas, sua presença é vinculada à existência de ambientes florestais ou agroflorestais (Briggs; Perfecto; Brosi, 2013; Carneiro *et al.*, 2022).

Quanto à produção, não foram encontradas diferenças significativas entre as áreas de cafeeiros com diferentes vizinhanças (Cabruca e pasto) quanto ao número de grãos (Figura 9A). Também não foram encontradas diferenças significativas quando o número de grãos dos galhos abertos foi comparado aos resultados obtidos nos galhos isolados, indicando não haver efeito da polinização zoofílica em relação à esta característica.

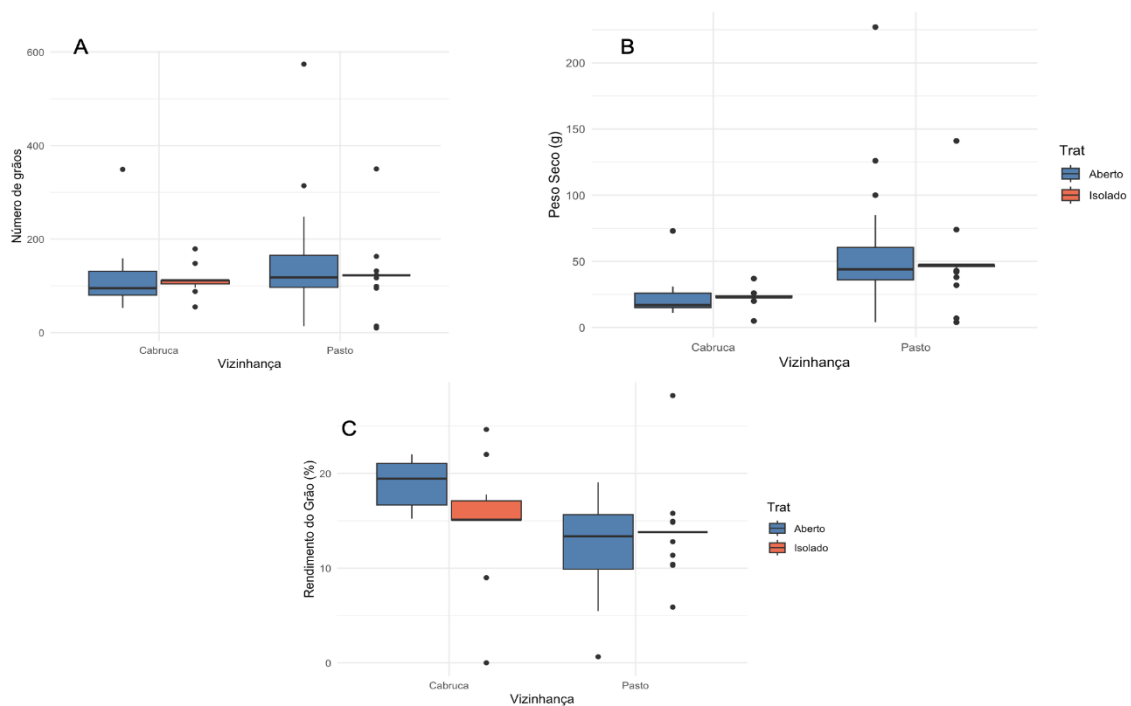


Figura 10. Número de grãos (A), peso seco dos grãos (B) e rendimento dos grãos (C) obtidos nas áreas de cafezal vizinho a Cabruca e cafezal vizinho ao pasto, em galhos expostos a polinização e isolados da ação das abelhas.

No que se refere ao peso seco dos grãos (Figura 9B), observou-se que a área do cafezal vizinha à pastagem apresentou peso de grãos significativamente superior ao encontrado na área vizinha à Cabruca ($p = 0,000102$). Assim, como na variável anterior, o papel das abelhas não foi detectável ao se comparar o peso dos grãos entre galhos abertos e isolados ($p = 0,378$). Estudo recente conduzido na Costa Rica com *Coffea arabica* destaca resultados semelhantes, indicando que frutos autopolinizados tiveram maior peso seco (Aristizábal *et al.*, 2025).

A avaliação entre os fatores isolamento X vizinhança permite indicar que no presente estudo o maior peso de grãos encontrado não pode ser atribuído à polinização, assim como a vizinhança não interferiu na polinização ($p = 0,553$). É possível que a seca enfrentada no período tenha atingido mais fortemente a área vizinha à Cabruca do que a área vizinha à pastagem, o que possivelmente acarretou no maior peso seco de grãos observado nos cafeeiros vizinhos à pastagem.

Quando avaliado o rendimento dos grãos (Figura 9C), a área com vizinhança de Cabruca apresentou um rendimento significativamente superior quando comparado a área vizinha a pastagem ($p = 0,000178$). A avaliação da interação entre isolamento e vizinhança indica que a ação das abelhas varia conforme a vizinhança da área avaliada ($p = 0,011$), portanto varia em função da comunidade de abelhas presente. Esse parâmetro do rendimento onde se notou o papel da polinização por zoofilia.

O rendimento obtido (Figura 10) nos galhos abertos na área de cafeeiros vizinha à Cabruca foi em média 25,5% maior do que nos galhos isolados ($p = 0,0179 < 0,05$) e pode ser reflexo da presença de uma comunidade de abelhas mais eficiente na polinização das flores dos cafeeiros. Na área vizinha à pastagem, a diferença de rendimento entre galhos abertos e isolados não se mostrou significativa ($p = 0,274 > 0,05$).

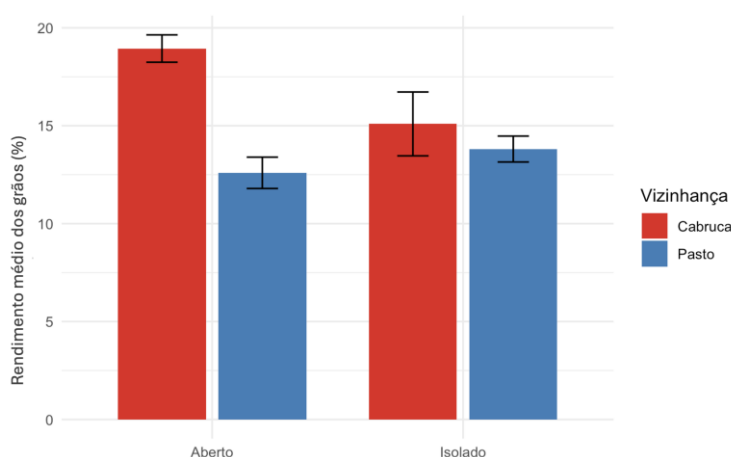


Figura 11. Médias de rendimento obtidos dos grãos dos galhos abertos e isolados nas áreas de cafezal vizinho a Cabruca e vizinho a pastagem.

A comunidade de abelhas presente na área do cafezal vizinho à Cabruca, caracterizada por sua maior riqueza e abundância, formada de abelhas consideradas de alta eficiência na polinização das flores do cafeeiro, proporcionou maior rendimento dos grãos. Destacadamente a maior abundância de *A. mellifera* e *Augochlora* (*Augochlora* s. str.) sp1 na área vizinha à Cabruca e de *Trigona spinipes*. A maior diversidade funcional das abelhas possibilita maior cobertura de polinização ao longo do dia, visto que algumas espécies forrageiam em períodos mais quentes, a exemplo de *T. spinipes* (Soares *et al.*, 2021). Em adendo, os diferentes tamanhos corporais favorecem a polinização mais completa, uma vez que o pólen pode ser transportado a diferentes locais da flor (Escobar-González *et al.*, 2024; Maldonado-Cepeda *et al.*, 2024).

Na literatura identificam-se trabalhos destacando que a produção de frutos de café pode ser influenciada pela diversidade de insetos polinizadores (Aristizábal *et al.*, 2025; Vergara; Badano, 2009), assim como sua qualidade (Aristizábal *et al.*, 2025), entretanto, não foram encontrados estudos que registrem efeitos quanto ao rendimento.

Torna-se importante destacar que a amostragem nesse estudo foi realizada durante um período de déficit hídrico, o que é considerado um dos aspectos com maior influência na produtividade do cafeeiro, e que pode levar à redução da produção, bem como ao menor densidade dos grãos (Martins *et al.*, 2015) e, conseqüentemente, ao menor rendimento. Presentemente, a polinização zoofílica atenuou o efeito da seca sobre os grãos, sendo, como destacado por outros autores, um serviço ecossistêmico favorecido pela presença de sistemas florestais ou agroflorestais (Saturni; Jaffé; Metzger, 2016). Destarte, deve-se destacar o serviço ecossistêmico das áreas de Cabruca. Tendo em vista as incertezas climáticas, a importância da polinização tem sido amplamente discutida (Chain-Guadarrama *et al.*, 2019), demandando por estudos mais aprofundados.

Dados do trabalho conduzido por Giannini *et al.* (2020) revelaram que 14 espécies de abelhas proporcionaram serviços ecossistêmicos de polinização com valor superior a US\$ 1 bilhão, estabelecendo relações mutualísticas com três ou mais cultivos agrícolas. A espécie *Apis mellifera* emergiu como a mais significativa em termos econômicos, com uma contribuição total estimada em US\$ 27,3 bilhões - sendo a soja responsável por 66% deste valor (US\$ 18 bilhões). A cultura do café apareceu como a segunda em importância econômica, com um valor de produção equivalente à US\$ 4,8 bilhões. A espécie *Trigona spinipes*, embora tenha exibido o segundo maior número de interações ecológicas, apresentou uma contribuição econômica substancialmente menor (décima posição), evidenciando que sua atuação está mais vinculada a cultivos de menor expressão financeira.

5 CONCLUSÕES

A presença de habitats florestais, como a Cabruca no município de Camacan, influencia positivamente a abundância e a diversidade de abelhas no cultivo de cafeeiros Conilon, com destaque para as espécies *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Augochlora* sp.

As abelhas *Ancyloscelis apiformis* e *Euglossa* sp. emergem como espécies-chave na dissimilaridade entre comunidades, devido a seus nichos ecológicos especializados vinculados a habitats preservados.

A polinização não altera o número de grãos de café Conilon, porém, o rendimento é maior na área vizinha à Cabruca, evidenciando o papel da diversidade funcional das abelhas na qualidade da produção.

Apesar das condições climáticas adversas, a vizinhança florestal mostrou-se determinante para atenuar perdas, sugerindo que sistemas agroflorestais podem potencializar serviços ecossistêmicos e a resiliência do cultivo.

Esses achados reforçam a importância de integrar paisagens heterogêneas ao manejo de áreas agrícola, assegurando tanto a conservação de polinizadores quanto os benefícios produtivos. Estudos devem investir esforços no estudo dos efeitos da polinização em diferentes contextos climáticos e sua relação com parâmetros qualitativos dos grãos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Habitat Fragmentation, Native Insect Pollinators, and Feral Honey Bees in Argentine “Chaco Serrano”. **Ecological Applications**, v. 4, n. 2, p. 378–392, 1994. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1941941>. Acesso em: 12 set. 2025.
- ALBACETE, S.; SANCHO, G.; AZPIAZU, C.; SGOLASTRA, F.; RODRIGO, A.; BOSCH, J. Exposure to sublethal levels of insecticide-fungicide mixtures affect reproductive success and population growth rates in the solitary bee *Osmia cornuta*. **Environment International**, v. 190, p. 108919, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412024005051>. Acesso em: 26 jun. 2025.
- ALMEIDA, M. A. O.; MAGALHÃES, R. S.; ALMEIDA FILHO, L. A.; SETENTA, W. C. Valoração de espécies arbóreas no agroecossistema Cabruca. In: ONE, G. M. da C. (org.). **Meio ambiente: tecnologia e sustentabilidade a serviço da saúde**. João Pessoa-PB: Imea, 2020. p. 431–453.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista Nera**, v. 13, n. 16, p. 22–32, 2012. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1362>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; HENAO, A.; LANA, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 3, p. 869–890, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 21 jun. 2025.
- ANDRIEU, E.; VIALATTE, A.; SIRAMI, C. Misconceptions of Fragmentation’s Effects on Ecosystem Services: A Response to Mitchell et al. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 11, p. 633–634, 2015. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347\(15\)00223-2](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347(15)00223-2). Acesso em: 23 jun. 2025.
- ANGELL, K. E.; BAI, H. J.; PRAGER, K. C.; AMUGUNI, J. H.; NUTTER, F. B.; JR, J. D. G.; BRETT-MAJOR, D. M. Integrating Human and Animal Health in the STOP Spillover Outbreak Scenarios. **Disaster Medicine and Public Health Preparedness**, v. 19, p. e105, 2025. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/disaster-medicine-and-public-health-preparedness/article/integrating-human-and-animal-health-in-the-stop-spillover-outbreak-scenarios/9A4148471391075D9DAA71732CA7B799>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- ARISTIZÁBAL, N.; MORA-MENA, S. E.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; CHAIN-GUADARRAMA, A.; CASTILLO, D.; MURILLO, J. B.; PORRAS, J.; RICKETTS, T. H. Bee pollination affects coffee quality, yield, and trade-offs within them. **Agriculture**,

Ecosystems & Environment, v. 377, p. 109258, 2025. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880924003761>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BALVANERA, P.; URIARTE, M.; ALMEIDA-LEÑERO, L.; ALTESOR, A.; DECLERCK, F.; GARDNER, T.; HALL, J.; LARA, A.; LATERRA, P.; PEÑA-CLAROS, M.; SILVA MATOS, D. M.; VOGL, A. L.; ROMERO-DUQUE, L. P.; ARREOLA, L. F.; CARO-BORRERO, Á. P.; GALLEGU, F.; JAIN, M.; LITTLE, C.; DE OLIVEIRA XAVIER, R.; PARUELO, J. M.; PEINADO, J. E.; POORTER, L.; ASCARRUNZ, N.; CORREA, F.; CUNHA-SANTINO, M. B.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, A. P.; VALLEJOS, M. Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. **Ecosystem Services**, v. 2, p. 56–70, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041612000320>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BARBOSA, V. R. F.; DAMASCENO, M. R.; DIAS, M. A.; CASTELHANO, F. J.; ROIG, H. L.; REQUIA, W. J. Ecosystem services provided by green areas and their implications for human health in Brazil. **Ecological Indicators**, v. 161, p. 111975, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X24004321>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BENJAMIN, E. F.; REILLY, J. R.; WINFREE, R. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 2, p. 440–449, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.12198>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BEZ, C.; ESPOSITO, A.; MUSONERIMANA, S.; NGUYEN, T. H.; NAVARRO-ESCALANTE, L.; TESFAYE, K.; TURELLO, L.; NAVARINI, L.; PIAZZA, S.; VENTURI, V. Comparative study of the rhizosphere microbiome of *Coffea arabica* grown in different countries reveals a small set of prevalent and keystone taxa. **Rhizosphere**, v. 25, p. 100652, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452219822001823>. Acesso em: 7 fev. 2023.

BISPO, L. G. S.; PIRES, M. D. M.; SILVA, F. D. D. S. E.; GOMES, A. D. S. A produção de cacau na Bahia: da escala global à local. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 1, p. e1616, 2025. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1616>. Acesso em: 26 jul. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 14.877, de 4 de junho de 2024**. Cria os Selos Verdes Cacau Cabruca e Cacau Amazônia. Diário Oficial da União, Brasília-DF., 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14877-4-junho-2024-795712-publicacaooriginal-171958-pl.html>. Acesso em: 26 jul. 2025.

BRIGGS, H. M.; PERFECTO, I.; BROSI, B. J. The Role of the Agricultural Matrix: Coffee Management and Euglossine Bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) Communities in Southern Mexico. **Environmental Entomology**, v. 42, n. 6, p. 1210–1217, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article-lookup/doi/10.1603/EN13087>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BROUWER, R.; PINTO, R.; DUGSTAD, A.; NAVRUD, S. The economic value of the Brazilian Amazon rainforest ecosystem services: A meta-analysis of the Brazilian literature. **PLOS ONE**, v. 17, n. 5, p. e0268425, 2022. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0268425>. Acesso em: 25 jun. 2025.

BRUDVIG, L. A.; DAMSCHEN, E. I.; TEWKSBNRY, J. J.; HADDAD, N. M.; LEVEY, D. J. Landscape connectivity promotes plant biodiversity spillover into non-target habitats. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 23, p. 9328–9332, 2009. Disponível em: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0809658106>. Acesso em: 26 jun. 2025.

BUG GUIDE. **Ancyloscelis bee - Ancyloscelis apiformis**. 2018. Disponível em: <https://bugguide.net/node/view/1604147/bgpape>. Acesso em: 26 jul. 2025.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) - bionomia e biogeografia. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 3, p. 311–372, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/zGCPJCpjpFVvWtHRPXvCvRw/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

CAMPOS, L. A. O. **Abelhas - características e importância**.. Informe Agropecuário. Belo Horizonte - MG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 1987.

CAMPUZANO-DUQUE, L. F.; BLAIR, M. W. Strategies for Robusta Coffee (*Coffea canephora*) Improvement as a New Crop in Colombia. **Agriculture**, v. 12, n. 10, p. 1576, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/10/1576>. Acesso em: 7 fev. 2023.

CANE, J. H.; SIPES, S. Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and revised lexicon for oligolecty. In: WASER, N. M.; OLLERTON, J. (org.). **Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization**. Chicago (Ill.): University of Chicago press, 2006. p. 99–121.

CARNEIRO, L. da S.; FRANTINE-SILVA, W.; DE AGUIAR, W. M.; MELO, G. A. R.; RIBEIRO, M. C.; SOFIA, S. H.; GAGLIANONE, M. C. Coffee cover surrounding forest patches negatively affect Euglossini bee communities. **Apidologie**, v. 53, n. 4, p. 42, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00952-3>. Acesso em: 21 jun. 2025.

CAUDILL, S. A.; BROKAW, J. N.; DOUBLET, D.; RICE, R. A. Forest and trees: Shade management, forest proximity and pollinator communities in southern Costa Rica coffee agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 32, n. 5, p. 417–427, 2017. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/abs/forest-and-trees-shade-management-forest-proximity-and-pollinator-communities-in-southern-costa-rica-coffee-agriculture/2D52E6118F034FC177B036CE75B70C42>. Acesso em: 26 jun. 2025.

CHAIN-GUADARRAMA, A.; MARTÍNEZ-SALINAS, A.; ARISTIZÁBAL, N.; RICKETTS, T. H. Ecosystem services by birds and bees to coffee in a changing climate: A review of coffee berry borer control and pollination. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 280, p. 53–67, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880919300982>. Acesso em: 21 jun. 2025.

COELHO, S.; MIURA, R.; ALMEIDA, V.; LEITE, E.; CASTELLO, A.; KORTZ, A.; CABELLO, N.; MAZINE, F. Flora vascular das áreas de vegetação remanescente do município de Sorocaba (Vascular flora of the remaining vegetation of Sorocaba municipality (Brazil)). In: , 2020. p. 112–154.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; TANIGUCHI, M.; BOFF, S. Sobre ninhos de melitoma segmentaria (Apidae: Apinae: Emphorini) em forno artesanal de pão. *In: ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE APICULTORES, CRIADORES DE ABELHAS MELÍFICAS EUROPÉIAS*. 5 abr. 2018. Disponível em: <https://apacame.org.br/site/revista/mensagem-doce-n-145-marco-de-2018/artigo-4/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

COSTANZA, R.; KUBISZEWSKI, I. The authorship structure of “ecosystem services” as a transdisciplinary field of scholarship. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 16–25, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041612000034>. Acesso em: 21 jun. 2025.

DANI, B. S.; WAHYU, Y.; SYUKUR, M. Floral phenology and morphometric analysis of three commercially grown coffea species. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics**, v. 55, n. 6, p. 2105–2114, 2023. Disponível em: <https://sabraojournal.org/floral-phenology-morphometric-analysis-three-commercially-grown-coffea-species/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

DEARDEN, P. K.; DUNCAN, E. J.; WILSON, M. J. The honeybee *Apis mellifera*. **Cold Spring Harbor Protocols**, v. 2009, n. 6, p. pdb.emo123, 2009.

DIDHAM, R. K.; BARKER, G. M.; BARTLAM, S.; DEAKIN, E. L.; DENMEAD, L. H.; FISK, L. M.; PETERS, J. M. R.; TYLIANAKIS, J. M.; WRIGHT, H. R.; SCHIPPER, L. A. Agricultural Intensification Exacerbates Spillover Effects on Soil Biogeochemistry in Adjacent Forest Remnants. **PLOS ONE**, v. 10, n. 1, p. e0116474, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116474>. Acesso em: 26 jun. 2025.

DORCHIN, A.; LÓPEZ-URIBE, M. M.; PRAZ, C. J.; GRISWOLD, T.; DANFORTH, B. N. Phylogeny, new generic-level classification, and historical biogeography of the Eucera complex (Hymenoptera: Apidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 119, p. 81–92, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.10.007>.

DROEGE, S.; TEPEDINO, V. J.; LEBUHN, G.; LINK, W.; MINCKLEY, R. L.; CHEN, Q.; CONRAD, C. Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. **Insect Conservation and Diversity**, v. 3, n. 1, p. 15–23, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-4598.2009.00074.x>. Acesso em: 12 set. 2025.

DUARTE, G. T.; RIBEIRO, M. C.; PAGLIA, A. P. Ecosystem Services Modeling as a Tool for Defining Priority Areas for Conservation. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, p. e0154573, 2016. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0154573>. Acesso em: 25 jun. 2025.

DUNNING, J. B.; DANIELSON, B. J.; PULLIAM, H. R. Ecological Processes That Affect Populations in Complex Landscapes. **Oikos**, v. 65, n. 1, p. 169–175, 1992. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3544901>. Acesso em: 21 jun. 2025.

ECO REGISTROS. **Augochloropsis sp.** 2022. Disponível em: https://www.ecoregistros.org/site_br/imagen.php?id=494765. Acesso em: 26 jul. 2025.

EMBRAPA SOLOS. **Solos do município de Camacan-Ba**. Recife-PE, 2006. Disponível em: <http://solosne.cnps.embrapa.br/ba/camacan.jpg>. Acesso em: 22 jun. 2025.

ESCOBAR-GONZÁLEZ, D.; LANDAVERDE-GONZÁLEZ, P.; CASIÁ-AJCHÉ, Q. B.; MORALES-SINÁ, J.; CARDONA, E.; MEJÍA-COROY, A.; ENRÍQUEZ, E. Fruit production in coffee (*Coffea arabica* L.) crops is enhanced by the behaviour of wild bees (Hymenoptera: Apidae). **Austral Entomology**, v. 63, n. 1, p. 82–94, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aen.12673>. Acesso em: 21 jun. 2025.

FABICHAK, I. **Abelhas indígenas sem ferrão Jataí**. São Paulo - SP: Nobel, 1989.

FERREIRA, L. M. R.; ESTEVES, L. S.; DE SOUZA, E. P.; DOS SANTOS, C. A. C. Impact of the Urbanisation Process in the Availability of Ecosystem Services in a Tropical Ecotone Area. **Ecosystems**, v. 22, n. 2, p. 266–282, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0270-0>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FIJEN, T. P. M.; BISHOP, G. A.; GANUZA, C.; SCHEPER, J.; KLEIJN, D. Analyzing the relative importance of habitat quantity and quality for boosting pollinator populations in agricultural landscapes. **Conservation Biology**, v. 39, n. 1, p. e14317, 2025. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.14317>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FREIRE, M. N. da C.; VÉRAS, M. L. M.; SILVA, A. R. da; CARVALHO, K. da S.; SILVA, T. H. da. Transmissão de zoonoses e os fatores de riscos na Região de Sousa-PB. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 61, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/2720>. Acesso em: 25 jun. 2025.

GABRIELA, R.; DIEGO, A.; ALEJANDRO, B. Tomato (*Solanum lycopersicum*) specialized pollination is isolated from neighboring plants and pollinators. **Journal of Pollination Ecology**, v. 31, p. 29–38, 2022. Disponível em: <https://pollinationecology.org/index.php/jpe/article/view/656>. Acesso em: 21 jun. 2025.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R.; CORDEIRO, G. D.; CAMPBELL, A. J.; AWADE, M.; BENTO, J. M. S.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209–223, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0316-z>. Acesso em: 21 jun. 2025.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porrtto Alegre: UFRGS, 2000.

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O. Land use change drives the spatio-temporal variation of ecosystem services and their interactions along an altitudinal gradient in Brazil. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 7, p. 1571–1586, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01037-1>. Acesso em: 25 jun. 2025.

GRAY, C. L.; SIMMONS, B. I.; FAYLE, T. M.; MANN, D. J.; SLADE, E. M. Are riparian forest reserves sources of invertebrate biodiversity spillover and associated ecosystem functions in oil palm landscapes?. **Biological Conservation**, v. 194, p. 176–183, 2016.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320715301956>. Acesso em: 26 jun. 2025.

GRUBER, J. **Bumble Bee (*Bombus* sp.)**. 2019. photo, Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/7432824@N07/49002198852/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

HAGGAR, J.; ASIGBAASE, M.; BONILLA, G.; PICO, J.; QUILO, A. Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 5, p. 1175–1194, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0851-y>. Acesso em: 26 jun. 2025.

HAMLET, A.; RAMOS, D. G.; GAYTHORPE, K. A. M.; ROMANO, A. P. M.; GARSKE, T.; FERGUSON, N. M. Seasonality of agricultural exposure as an important predictor of seasonal yellow fever spillover in Brazil. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 3647, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-23926-y>. Acesso em: 25 jun. 2025.

HERRERA, J. C.; LAMBOT, C. Chapter 1 - The Coffee Tree—Genetic Diversity and Origin. In: FOLMER, B. (org.). **The Craft and Science of Coffee**. : Academic Press, 2017. p. 1–16. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035207000013>. Acesso em: 7 fev. 2023.

HIDDINK, G. A.; TERMORSHUIZEN, A. J.; VAN BRUGGEN, A. H. C. Mixed Cropping and Suppression of Soilborne Diseases. In: LICHTFOUSE, E. (org.). **Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2010. (Sustainable Agriculture Reviews). v. 4, p. 119–146. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-8741-6_5. Acesso em: 21 jun. 2025.

IBGE. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990.

ICMBIO. **PRIM - Plano de Redução de Impactos à Biodiversidade**. 1. ed. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes - ICMBio, 2023.

IGUI. Parece mosca, mas não é... In: IGUI ECOLOGIA. 15 jul. 2022. Disponível em: <https://www.iguiecologia.com/parece-mosca-mas-nao-e/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; POTTS, S.; BASTE, I.; YEBOAH, A.; JOLY, C.; BARTUSKA, A.; MEDELLÍN, R.; AZZU, N.; GEMMILL-HERREN, B.; NGO, H. T.; KEVAN, P.; EARDLEY, C.; RADER, R.; FREITAS, B.; PALNI, L.; VERGARA, C.; KLEIN, A.; MAUS, C.; MARTINS, D. **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. , 2016.

INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Camacan-Ba**. 2025. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/painel-cidade/1897>. Acesso em: 22 jun. 2025.

JACINTO, V. **Abelha // Sweat Bee (*Halictus* sp.), female**. 2007. photo, Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/valter/1364709938/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

- JACQUET, F.; JEUFFROY, M.-H.; JOUAN, J.; LE CADRE, E.; LITRICO, I.; MALAUSA, T.; REBOUD, X.; HUYGHE, C. Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 1, p. 8, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00742-8>. Acesso em: 26 jun. 2025.
- KAY, A. **Sweat Bee, Augochloropsis sp., Halictidae**. 2018. photo, Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/andreaskay/33799235148/>. Acesso em: 26 jul. 2025.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 29, n. Volume 29, 1998, p. 83–112, 1998. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83>. Acesso em: 21 jun. 2025.
- KEER, W. E. Meliponicultura – A importância da meliponicultura para o país. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 42–44, 1997.
- KENNEDY, C. M.; HAWTHORNE, P. L.; MITEVA, D. A.; BAUMGARTEN, L.; SOCHI, K.; MATSUMOTO, M.; EVANS, J. S.; POLASKY, S.; HAMEL, P.; VIEIRA, E. M.; DEVELEY, P. F.; SEKERCIOGLU, C. H.; DAVIDSON, A. D.; UHLHORN, E. M.; KIESECKER, J. Optimizing land use decision-making to sustain Brazilian agricultural profits, biodiversity and ecosystem services. **Biological Conservation**, v. 204, p. 221–230, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320716306966>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- KLEIJN, D.; BOMMARCO, R.; FIJEN, T. P. M.; GARIBALDI, L. A.; POTTS, S. G.; VAN DER PUTTEN, W. H. Ecological Intensification: Bridging the Gap between Science and Practice. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 2, p. 154–166, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534718302738>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 1, p. 153–157, 2003a. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.3732/ajb.90.1.153>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- KLEIN, A.-M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1518, p. 955–961, 2003b. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1691323/>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, n. 5, p. 837–845, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2664.2003.00847.x>. Acesso em: 26 jun. 2025.
- KREMEN, C.; ILES, A.; BACON, C. Diversified Farming Systems: An Agroecological, Systems-based Alternative to Modern Industrial Agriculture. **Ecology and Society**, v. 17, n. 4, 2012. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26269193>. Acesso em: 22 jun. 2025.

LENTH, R. V.; BANFAI, B.; BOLKER, B.; BUERKNER, P.; GINÉ-VÁZQUEZ, I.; HERVE, M.; JUNG, M.; LOVE, J.; MIGUEZ, F.; PIASKOWSKI, J.; RIEBL, H.; SINGMANN, H. **Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means**. Versão 1.11.1. , 2025. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html>. Acesso em: 22 jun. 2025.

LEPECO, A.; GONÇALVES, R. B. B. Bayesian and parsimony phylogeny of Augochlora bees (Hymenoptera: Apoidea) based on morphology: insights for their biogeography and natural history. **Arthropod Systematics & Phylogeny**, v. 80, p. 99–115, 2022. Disponível em: <https://arthropod-systematics.arphahub.com/article/71943/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

LEVY, I. Abelhas sem ferrão podem proteger Mata Atlântica. *In*: CIÊNCIA HOJE. 9 set. 2004. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/abelhas-sem-ferrao-podem-protoger-mata-atlantica/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

LOPES, M.; FERREIRA, J. B.; SANTOS, G. Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível. *In*: AS-PTA. 2019. Disponível em: <https://aspta.org.br/article/abelhas-sem-ferrao-a-biodiversidade-invisivel/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

LÓPEZ-VÁZQUEZ, K.; LARA, C.; CORCUERA, P.; CASTILLO-GUEVARA, C.; CUAUTLE, M. The human touch: a meta-analysis of anthropogenic effects on plant-pollinator interaction networks. **PeerJ**, v. 12, p. e17647, 2024. Disponível em: <https://peerj.com/articles/17647>. Acesso em: 26 jun. 2025.

LYKOGIANNI, M.; BEMPELOU, E.; KARMAOUNA, F.; ALIFERIS, K. A. Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. **Science of The Total Environment**, v. 795, p. 148625, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721036974>. Acesso em: 26 jun. 2025.

MACHADO, G. B. Agricultura produtivista à agricultura multifuncional no sistema agrário do cacau. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 13868–13890, 2019. Disponível em: <http://www.brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/3035/3238>. Acesso em: 26 jul. 2025.

MACHADO, A. C. P.; BARONIO, G. J.; SOARES NOVAES, C.; OLLERTON, J.; WOŁOWSKI TORRES, M.; NATALINA SILVA LOPES, D.; RECH, A. R. Optimizing coffee production: Increased floral visitation and bean quality at plantation edges with wild pollinators and natural vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 61, n. 3, p. 465–475, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2664.14591>. Acesso em: 26 jun. 2025.

MACHADO, I. C. S.; SAZIMA, M. A comparative study in floral biology of two weed species: *Ipomoea hederifolia* and *I. quamoclit* (Convolvulaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 3, p. 425–436, 1987.

MALDONADO-CEPEDA, J. D.; GÓMEZ, J. H.; BENAVIDES, P.; JARAMILLO, J.; GIL, Z. N. Taxonomic and Functional Diversity of Flower-Visiting Insects in Coffee Crops. **Insects**, v. 15, n. 3, p. 143, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/15/3/143>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MALERBO-SOUZA, D. T.; SILVA, F. A. S. Comportamento forrageiro da abelha africanizada *Apis mellifera* L. no decorrer do ano. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 183–190, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asas/a/TZzWwFdRNwSbddchhPzBQ4x/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MARTÍNEZ-SALINAS, A.; CHAIN-GUADARRAMA, A.; ARISTIZÁBAL, N.; VILCHEZ-MENDOZA, S.; CERDA, R.; RICKETTS, T. H. Interacting pest control and pollination services in coffee systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 15, p. e2119959119, 2022. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2119959119>. Acesso em: 26 jun. 2025.

MARTINS, E.; APARECIDO, L. E. O. [UNESP; SANTO, L. P. S.; MENDONÇA, J. M. A.; SOUZA, P. S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do café produzido na região do sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 499–506, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/220466>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MICHENER, C. D.; MICHENER, C. D. Biogeography of the Bees. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 66, p. 277–347, 1979. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/1737>.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (org.). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

MINCHIN, P. R. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. In: PRENTICE, I. C.; VAN DER MAAREL, E. (org.). **Theory and models in vegetation science: Proceedings of Symposium, Uppsala, July 8–13, 1985**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987. p. 89–107. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-4061-1_9. Acesso em: 25 jun. 2025.

MONTEIRO, V. M. **Toxicidade de duas formulações comerciais de neonicotinoides para as abelhas nativas sem ferrão *Trigona aff fuscipennis* Friese 1900 e *Scaptotrigona aff depilis* Moure 1942 (Hymenoptera: Apidae)**. 2021. 60 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/73624>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MOURE, J. S.; CAMARGO, J. M. F. *Melipona* (*Michmelia*) *capixaba*, uma nova espécie de Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) do Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 11, p. 289–296, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/rHy8mM7qSg7pmWXXtQzZGKg/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

MU, Y.; GUO, Y.; LI, X.; LI, P.; BAI, J.; LINKE, S.; CUI, B. Cost-effective integrated conservation and restoration priorities by trading off multiple ecosystem services. **Journal of Environmental Management**, v. 320, p. 115915, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722014888>. Acesso em: 25 jun. 2025.

MUNYULI, M. B. T.; NYEKO, P.; POTTS, S.; ATKINSON, P.; POMEROY, D.; VICKERY, J. RETRACTED ARTICLE: Patterns of bee diversity in mosaic agricultural landscapes of central Uganda: implication of pollination services conservation for food

security. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 1, p. 79–93, 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10841-012-9488-x>. Acesso em: 12 set. 2025.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661–672, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>. Acesso em: 14 fev. 2023.

NAIR, K. P. P. 6 - Coffee. In: NAIR, K. P. P. (org.). **The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World**. London: Elsevier, 2010. p. 181–208. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123846778000060>. Acesso em: 7 fev. 2023.

NASCIMENTO, M. R. V. de F. **Saúde e(m) educação: a importância do estudo das zoonoses para a saúde pública no Estado da Paraíba**. 2023. 84 f. Dissertação (Educação Profissional e Tecnológica) - Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/handle/177683/3255>. Acesso em: 25 jun. 2025.

NATIONAL BUTTERFLY CENTER OF MISSION. **ANTHOPHORULA & EXOMALOPSIS | txbees11nov2023**. 2019. Disponível em: <https://www.wildbeestexas.com/exomalopsis-anthophorula>. Acesso em: 26 jul. 2025.

NGO, H. T.; MOJICA, A. C.; PACKER, L. Coffee plant – pollinator interactions: a review. **Canadian Journal of Zoology**, v. 89, n. 8, p. 647–660, 2011. Disponível em: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/z11-028>. Acesso em: 23 jun. 2025.

NICASTRO, R.; PAPALE, M.; FUSCO, G. M.; CAPONE, A.; MORRONE, B.; CARILLO, P. Legal Barriers in Sustainable Agriculture: Valorization of Agri-Food Waste and Pesticide Use Reduction. **Sustainability**, v. 16, n. 19, p. 8677, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/19/8677>. Acesso em: 26 jun. 2025.

NICHOLSON, E.; MACE, G. M.; ARMSWORTH, P. R.; ATKINSON, G.; BUCKLE, S.; CLEMENTS, T.; EWERS, R. M.; FA, J. E.; GARDNER, T. A.; GIBBONS, J.; GRENYER, R.; METCALFE, R.; MOURATO, S.; MUÛLS, M.; OSBORN, D.; REUMAN, D. C.; WATSON, C.; MILNER-GULLAND, E. J. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 6, p. 1139–1144, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2009.01716.x>. Acesso em: 23 jun. 2025.

NISHIJIMA, M.; SAES, M. S. M.; POSTALI, F. A. S. Análise de concorrência no mercado mundial de café verde. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 69–82, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/8gxLdFCXx4LyzyXz4J9rBcL/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

NOGUEIRA NETO, P. **Vida E Criacao De Abelhas Indigenas Sem Ferao**. : Nogueirapis Edições, 1997.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan: Community Ecology Package**. Versão 2.7-1. , 2025. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>. Acesso em: 24 jun. 2025.

OLIVEIRA, B.; ASSIS, P. R. D. Do cacau ao chocolate: uma análise dos desafios encontrados por empreendedores do ramo da agroindústria do cacau no sul da Bahia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 9, p. 4799–4816, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11613>. Acesso em: 26 jul. 2025.

PARRA-TABLA, V.; BULLOCK, S. H. Exploring the limiting causes of fruit production in the tropical tree *Ipomoea wolcottiana* Rose (Convolvulaceae). **Plant Ecology**, v. 166, n. 1, p. 107–115, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1023216220227>. Acesso em: 26 jun. 2025.

PEDRO, S. R. M. The Stingless Bee Fauna In Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348–354, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/ojs/index.php/sociobiology/article/view/699>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PINTO-TORRES, E.; KOPTUR, S. Hanging by a coastal strand: breeding system of a federally endangered morning-glory of the south-eastern Florida coast, *Jacquemontia reclinata*. **Annals of Botany**, v. 104, n. 7, p. 1301–1311, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp241>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PIXABAY. **Insetos Abelha Apis - Foto gratuita no Pixabay**. 2022. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/photos/insetos-abelha-apis-mellifera-563285/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

PLOWRIGHT, R. K.; REASER, J. K.; LOCKE, H.; WOODLEY, S. J.; PATZ, J. A.; BECKER, D. J.; OPPLER, G.; HUDSON, P. J.; TABOR, G. M. Land use-induced spillover: a call to action to safeguard environmental, animal, and human health. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, n. 4, p. e237–e245, 2021. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(21\)00031-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(21)00031-0/fulltext). Acesso em: 25 jun. 2025.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. (org.). **The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers**. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2016.

POTTS, S. G.; KEVAN, P. G.; BOONE, J. W. Conservation in pollination: collecting, surveying and monitoring. In: DAFNI, A.; KEVAN, P.; HUSBAND, C. (org.). **Practical Pollination Biology**. Cambridge, Ontario: Enviroquest, 2005. p. 401–434. Disponível em: <https://centaur.reading.ac.uk/9063/>. Acesso em: 12 set. 2025.

PRADO, S. G.; COLLAZO, J. A.; STEVENSON, P. C.; IRWIN, R. E. A comparison of coffee floral traits under two different agricultural practices. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 7331, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43753-y>. Acesso em: 22 jul. 2025.

R CORE TEAM. **R: The R Project for Statistical Computing**. Versão 4.5.1. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

RABELO, L. S.; BASTOS, E. M. A. F.; AUGUSTO, S. C. Food niche of *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *fulvofasciata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in Brazilian savannah: the importance of oil-producing plant species as pollen sources. **Journal of Natural History**, v. 50, n. 29–30, p. 1859–1873, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00222933.2016.1169328>. Acesso em: 24 jun. 2025.

RAD, S. M.; RAY, A. K.; BARGHI, S. Water Pollution and Agriculture Pesticide. **Clean Technologies**, v. 4, n. 4, p. 1088–1102, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-8797/4/4/66>. Acesso em: 26 jun. 2025.

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 37–47, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/hcfhp7GGRXKSYHkH99MP4FB/?lang=en>. Acesso em: 26 jun. 2025.

RAND, T. A.; LOUDA, S. M. Spillover of Agriculturally Subsidized Predators as a Potential Threat to Native Insect Herbivores in Fragmented Landscapes. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1720–1729, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2006.00507.x>. Acesso em: 26 jun. 2025.

RAUPP, J. F. **Melitoma segmentaria**. 2024. Disponível em: <https://www.biodiversity4all.org/observations/253756061>. Acesso em: 26 jul. 2025.

RAZO-LEÓN, A. E.; HUERTA-MARTÍNEZ, F. M.; MOYA-RAYGOZA, G.; MUÑOZ-URIAS, A. Bees (Hymenoptera: Apoidea) diversity and synanthropy in a protected natural area and its influence zone in western Mexico. **Florida Entomologist**, v. 107, n. 1, p. 1–8, 2024. Disponível em: https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/flaent-2024-0005/html?srsId=AfmBOoqihLJHsYzSbPBvazml_qLf2pRQCSBBuRAc8CFd0uZFs98tY8o5. Acesso em: 24 jun. 2025.

RÊGO, M. M. C. **Polinização Do Murici**. : Edufma, 2006.

RICHNER, N.; HOLDEREGGER, R.; LINDER, H. P.; WALTER, T. Reviewing change in the arable flora of Europe: a meta-analysis. **Weed Research**, v. 55, n. 1, p. 1–13, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/wre.12123>. Acesso em: 26 jun. 2025.

ROCHA, G. M.; GRISOLIA, C. K. Why pesticides with mutagenic, carcinogenic and reproductive risks are registered in Brazil. **Developing World Bioethics**, v. 19, n. 3, p. 148–154, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/dewb.12211>. Acesso em: 26 jun. 2025.

ROUBIK, D. W. Loose niches in tropical communities: why are there so few bees and so many trees?. In: HUNTER, M. D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P. W. (org.). **Effects of resource**

distribution on animal-plant interactions. Balbao, Panama: Smithsonian Tropical Research Institute, 1992. p. 327–355.

ROUBIK, D. W.; BUCHMANN, S. L. Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest. **Oecologia**, v. 61, n. 1, p. 1–10, 1984. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00379082>. Acesso em: 24 jun. 2025.

ROULSTON, T. H.; SMITH, S. A.; BREWSTER, A. L. A Comparison of Pan Trap and Intensive Net Sampling Techniques for Documenting a Bee (Hymenoptera: Apiformes) Fauna. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 80, n. 2, p. 179–181, 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25086376>. Acesso em: 12 set. 2025.

RSTUDIO. **RStudio**. Versão 2025.05.1. Boston, Massachusetts, EUA: Posit, 2025. Disponível em: <https://www.posit.co/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SACCHI, C. F.; PRICE, P. W. Pollination of the Arroyo Willow, *Salix Lasiolepis*: Role of Insects and Wind. **American Journal of Botany**, v. 75, n. 9, p. 1387–1393, 1988. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1537-2197.1988.tb14200.x>. Acesso em: 12 set. 2025.

SAMANTA, S.; MAJI, A.; SUTRADHAR, B.; BANERJEE, S.; SHELAR, V. B.; KHAIRE, P. B.; YADAV, S. V.; BANSODE, G. D. Impact of Pesticides on Beneficial Insects in Various Agroecosystem: A Review. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 8, p. 1928–1936, 2023. Disponível em: <https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/2149>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SÁNCHEZ, L. A.; SLAA, E. J.; SANDÍ, M.; SALAZAR, W. Use of stingless bees for commercial pollination in enclosures: a promise for the future. **Acta Horticulturae**, n. 561, p. 219–223, 2001. Disponível em: https://www.actahort.org/books/561/561_31.htm. Acesso em: 24 jun. 2025.

SÁNCHEZ, C. A.; VENKATACHALAM-VAZ, J.; DRAKE, J. M. Spillover of zoonotic pathogens: A review of reviews. **Zoonoses and Public Health**, v. 68, n. 6, p. 563–577, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/zph.12846>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SATURNI, F. T.; JAFFÉ, R.; METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 235, p. 1–12, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788091630500X>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SCHALLER, A.; ROIG-ALSINA, A. A revision of the bee genus em *Ancyloscelis* (Hymenoptera: Apidae) in Argentina. **Zootaxa**, v. 4980, n. 3, p. 521–540, 2021. Disponível em: <https://www.mapress.com/zt/article/view/zootaxa.4980.3.4>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SCHOEPE, T. **Abelha nativa brasileira é capaz de compensar o declínio de outros polinizadores.** 2023. Disponível em: <https://posecologia.ib.usp.br/divulgacao/textos/281-abelha-nativa-brasileira-e-capaz-de-compensar-o-declinio-de-outros-polinizadores.html>. Acesso em: 26 jul. 2025.

SETENTA, W.; LOBÃO, D. É. **Conservação Produtiva: cacau por mais 250 anos por Wallace Setenta e Dan Érico Lobão**. Itabuna-Ba: [s. n.], 2012.

SILVA, F. H. K. P. da; ANTUNES, L. F. de S.; VAZ, A. F. de S.; SILVA, M. S. R. de A. da. Agrotóxicos no Brasil: uma compreensão do cenário atual de utilização e das propriedades do solo que atuam na dinâmica e retenção destas moléculas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e7911931614–e7911931614, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31614>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SILVA, C. F. M.; CAMPOS, M. C. C.; DA SILVA COSTA, D. F.; SCHNECK, F.; HEPP, L. U. Mapping and Identification of Ecosystem Services Hotspots in the Brazilian Pampa Biome. **Environmental Management**, v. 75, n. 3, p. 538–550, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02069-y>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SILVA, A. N. R.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; ESPINDULA, M. C.; PARTELLI, F. L.; CAIXETA, E. T. Self-Incompatibility and Pollination Efficiency in *Coffea canephora* Using Fluorescence Microscopy. **Agronomy**, v. 14, n. 7, p. 1564, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/7/1564>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVA, L. O. E.; RODRIGUES, M. J. L.; DE ALMEIDA, R. N.; SEMEDO, J. N.; RAKOCEVIC, M.; PARTELLI, F. L. Towards a minimum number of key flower traits in studies of *Coffea* spp. phenotype variability. **Scientia Horticulturae**, v. 337, p. 113513, 2024a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423824006708>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVA, L. O. E.; RODRIGUES, M. J. L.; FERREIRA, M. F. da S.; DE ALMEIDA, R. N.; RAMALHO, J. C.; RAKOCEVIC, M.; PARTELLI, F. L. Modifications in floral morphology of *Coffea* spp. genotypes at two distinct elevations. **Flora**, v. 310, p. 152443, 2024b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253023002323>. Acesso em: 22 jul. 2025.

SILVEIRA, F. A. D.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. : Fundação Araucária, 2002.

SINGH, S.; RAWAT, M.; MALYAN, S. K.; SINGH, R.; TYAGI, V. K.; SINGH, K.; KASHYAP, S.; KUMAR, S.; SHARMA, M.; PANDAY, B. K.; PANDEY, R. P. Global distribution of pesticides in freshwater resources and their remediation approaches. **Environmental Research**, v. 225, p. 115605, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123003973>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SOARES, K. O.; Lima, M. V.; Evangelista-Rodrigues, A.; Silva, A. A. F.; Silva, Flávia Janaina de Araújo; Lima, Ana Isaura Brito Lyra Correia; AND DA COSTA, C. R. G. Factors influencing the foraging behavior of trigona spinipes (apidae, meliponinae). **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 7, p. 1109–1119, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1616903>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SOUZA, C. A. S. **Sistema “Cabruca” e em SAF’s**. Vitória-ES: CEPLAC, 2015. Disponível em: [https://ead.senar.org.br/wp-content/uploads/capacitacoes_conteudos/bioma_mata_atlantica/INSER%C3%87%C3%83O%](https://ead.senar.org.br/wp-content/uploads/capacitacoes_conteudos/bioma_mata_atlantica/INSER%C3%87%C3%83O%20de%20Sistemas%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20em%20SAF%27s%20e%20Cabruca.pdf)

20DA%20%C3%81RVORE%20NA%20PROPRIEDADE%20RURAL%20DO%20BIOMA%20MATA%20ATL%C3%82NTICA/AULA%2030_CACAUEIRO%20EM%20SISTEMA%20CABRUCA%20E%20SAFS.pdf#:~:text=O%20sistema%20cacau%20%E2%80%9Ccabruca%E2%80%9D%20%C3%A9%20um%20SAF.%20%E2%80%9CCabruca%E2%80%9D,s%C3%A9culos%20e%20meio%20de%20saberes%20das%20comunidades%20locais. .

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; PINTO, M. S. C. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 7, n. 3, p. 1–7, 2007.

SOUZA, A. M.; FEITOSA, A. B.; AVILA, A. D.; LIMA, I. R. L.; LIMA, J. O.; OLIVEIRA, N. C. de; HOLANDA, R. de S.; JUNIOR, A. G. B. Avaliação do conhecimento sobre toxoplasmose na gestação em um centro de saúde escola de Rondônia. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 118–130, 2021. Disponível em: <https://revista.faema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/885>. Acesso em: 25 jun. 2025.

STANLEY, D. A.; GARRATT, M. P. D.; WICKENS, J. B.; WICKENS, V. J.; POTTS, S. G.; RAINE, N. E. Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. **Nature**, v. 528, n. 7583, p. 548–550, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature16167>. Acesso em: 26 jun. 2025.

STRAND, J.; SOARES-FILHO, B.; COSTA, M. H.; OLIVEIRA, U.; RIBEIRO, S. C.; PIRES, G. F.; OLIVEIRA, A.; RAJÃO, R.; MAY, P.; VAN DER HOFF, R.; SIIKAMÄKI, J.; DA MOTTA, R. S.; TOMAN, M. Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 657–664, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-018-0175-0>. Acesso em: 25 jun. 2025.

STULIGROSS, C.; WILLIAMS, N. M. Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 48, p. e2109909118, 2021. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2109909118>. Acesso em: 26 jun. 2025.

TORRES-VANEGAS, F.; HADLEY, A. S.; KORMANN, U. G.; JONES, F. A.; BETTS, M. G.; WAGNER, H. H. Tropical deforestation reduces plant mating quality by shifting the functional composition of pollinator communities. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 4, p. 1730–1746, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.13594>. Acesso em: 26 jun. 2025.

TSCHARNTKE, T.; BATÁRY, P.; GRASS, I. Mixing on- and off-field measures for biodiversity conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 39, n. 8, p. 726–733, 2024. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347\(24\)00085-5](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/abstract/S0169-5347(24)00085-5). Acesso em: 25 jun. 2025.

TSCHARNTKE, T.; TYLIANAKIS, J. M.; RAND, T. A.; DIDHAM, R. K.; FAHRIG, L.; BATÁRY, P.; BENGTSSON, J.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; DORMANN, C. F.; EWERS, R. M.; FRÜND, J.; HOLT, R. D.; HOLZSCHUH, A.; KLEIN, A. M.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D. A.; LAURANCE, W.; LINDENMAYER, D.; SCHERBER, C.; SODHI, N.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C.; VAN DER PUTTEN, W. H.; WESTPHAL, C. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. **Biological Reviews**, v. 87, n. 3, p. 661–685, 2012. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>. Acesso em: 24 jun. 2025.

UZÊDA, M. C.; TAVARES, P. D.; ROCHA, F. I.; ALVES, R. C. **Paisagens agrícolas multifuncionais: intensificação ecológica e segurança alimentar**: Textos para discussão 48. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2017.

VAN DRUNEN, S. G.; LINTON, J. E.; KUWAHARA, G.; RYAN NORRIS, D. Flower plantings promote insect pollinator abundance and wild bee richness in Canadian agricultural landscapes. **Journal of Insect Conservation**, v. 26, n. 3, p. 375–386, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00400-8>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VAN ZONNEVELD, M.; TURMEL, M.-S.; HELLIN, J. Decision-Making to Diversify Farm Systems for Climate Change Adaptation. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2020.00032/full>. Acesso em: 24 jun. 2025.

VARASSIN, I. G.; AGOSTINI, K.; WOLOWSKI, M.; FREITAS, L. Pollination Systems in the Atlantic Forest: Characterisation, Threats, and Opportunities. In: MARQUES, M. C. M.; GRELLE, C. E. V. (org.). **The Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 325–344. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-55322-7_15. Acesso em: 24 jun. 2025.

VEGA, M. E. G.; RODRÍGUEZ, A. H.; DÍAZ, Y. H.; ESPINO, J. Á. L.; VIVA, M. F.; ARDISANA, E. F. H.; PÉREZ-ÁLVAREZ, S. Characterization and plant growth promoting potential of microbial groups associated with a Coffea sp. collection. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 5, p. 358–367, 2020. Disponível em: <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/2105>. Acesso em: 11 dez. 2022.

VENTAVOLI, D. M. A.; REZENDE, D. C.; MORAES, C. S. B. de; JUBRAIL, M. de P. Sustainability and Quality: Analysis of the Benefits of Bee Pollination in Coffee. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. e04504–e04504, 2024. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/4504>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VERGARA, C. H.; BADANO, E. I. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, n. 1, p. 117–123, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788090800234X>. Acesso em: 24 jun. 2025.

VORA, N. M.; HANNAH, L.; WALZER, C.; VALE, M. M.; LIEBERMAN, S.; EMERSON, A.; JENNINGS, J.; ALDERS, R.; BONDS, M. H.; EVANS, J.; CHILUKURI, B.; COOK, S.; SIZER, N. C.; EPSTEIN, J. H. Interventions to Reduce Risk for Pathogen Spillover and Early Disease Spread to Prevent Outbreaks, Epidemics, and Pandemics. **Emerging Infectious Diseases journal - CDC**, v. 29, n. 3, 2023. Disponível em: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/29/3/22-1079_article. Acesso em: 25 jun. 2025.

WAINAINA, P.; MINANG, P. A.; DUGUMA, L.; MUTHEE, K. A Review of the Trade-Offs across Different Cocoa Production Systems in Ghana. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10945, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/19/10945>. Acesso em: 26 jul. 2025.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K.; VAUGHAN, D.; SOFTWARE, P.; PBC. **Dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. Versão 1.1.4. , 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html>. Acesso em: 24 jun. 2025.

WILLMER, P. G.; STONE, G. N. Incidence of entomophilous pollination of lowland coffee (*Coffea canephora*); the role of leaf cutter bees in Papua New Guinea. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 50, n. 2, p. 113–124, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1570-7458.1989.tb02380.x>. Acesso em: 22 jul. 2025.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. D. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. D. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/978-85-60064-83-0>. Acesso em: 21 jun. 2025.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (org.). **Ecosystems and human well-being: a report of the Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment**. Washington/D.C: Island Press, 2003.

WRAGG, P. D.; JOHNSON, S. D. Transition from wind pollination to insect pollination in sedges: experimental evidence and functional traits. **New Phytologist**, v. 191, n. 4, p. 1128–1140, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8137.2011.03762.x>. Acesso em: 12 set. 2025.

APÊNDICES

Apêndice A. Análises de variância dos dados apresentados na dissertação.

Tabela da ANOVA / Numero de grãos:

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Valor F	Valor-p	
Tratamento (Trat)	1	6,648	6,648	1.129	0.291	NS
Vizinhança	1	7,601	7,601	1.291	0.259	NS
Interação (Trat:Vizinhança)	1	1,724	1,724	0.293	0.590	NS
Resíduos	76	447,360	5,886	-	-	-

Significância: ***0.001**0.01 * 0.05 NS Não Significativo

Tabela da ANOVA / Peso Seco dos Grãos:

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Valor F	Valor-p (Pr(>F))	
Tratamento (Trat)	1	673	673	0.786	0.378	NS
Vizinhança	1	14411	14411	16.829	0.000102	***
Interação (Trat:Vizinhança)	1	304	304	0.355	0.553	NS
Resíduos	76	65079	856	-	-	-

Significância: ***0.001**0.01 * 0.05 NS Não Significativo

Tabela da ANOVA / Rendimento dos Grãos:

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Valor F	Valor-p (Pr(>F))	
Tratamento	1	3.7	3.70	0.225	0.636	NS
Origem	1	255.3	255.29	15.536	0.000178	***

Fonte de Variação	de	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Valor F	Valor-p (Pr(>F))	
Interação (Trat × Origem)	×	1	112.5	112.51	6.847	0.011	*
Resíduos		76	1248.8	16.43	-	-	-
Significância: ***0.001**0.01 * 0.05 NS Não Significativo							

Análise dos Contrastes entre Tratamentos por Origem
Resultados das Médias Ajustadas

Origem	Tratamento	Média Ajustada	Erro Padrão (SE)	IC 95% (Sidak)
Cabruca	Aberto	18.9	1.12	[16.4, 21.5]
Cabruca	Isolado	15.1	1.12	[12.5, 17.7]
Pasto	Aberto	12.6	0.78	[10.8, 14.4]
Pasto	Isolado	13.8	0.78	[12.0, 15.6]

Resultados dos Contrastes

Origem	Contraste		Diferença (Aberto - Isolado)	Erro Padrão (SE)	Estatística t	Valor-p
Cabruca	Aberto vs. Isolado		+3.85	1.59	2.420	0.0179*
Pasto	Aberto vs. Isolado		-1.22	1.10	-1.102	0.2740

*Significativo a $\alpha = 0.05$