



**Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Biologia
Programa de Pós-graduação em Ecologia,
Conservação e Biodiversidade**



**A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
PRESTADOS POR ABELHAS EM CULTIVOS
ORGÂNICOS DE TOMATE: PRODUÇÃO E
INCREMENTO DE POLINIZADORES**

MARIA CECILIA DE CARVALHO SILVA FERREIRA

2022

Maria Cecília de Carvalho Silva Ferreira

**A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS
PRESTADOS POR ABELHAS EM CULTIVOS
ORGÂNICOS DE TOMATE: PRODUÇÃO E
INCREMENTO DE POLINIZADORES**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutora em Ecologia,
Conservação e Biodiversidade.

Orientador

Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira

Coorientadora

Prof. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira

Uberlândia

Setembro - 2022

Ficha catalográfica

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F383 Ferreira, Maria Cecília de Carvalho Silva, 1982-
2022 A importância dos serviços ecossistêmicos prestados por abelhas em cultivos orgânicos de tomate: produção e incremento de polinizadores [recurso eletrônico] : a importância dos serviços ecossistêmicos prestados por abelhas em cultivos orgânicos de tomate: produção e incremento de polinizadores / Maria Cecília de Carvalho Silva Ferreira. - 2022.

Orientador: Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira.
Coorientadora: Fernanda Helena Nogueira Ferreira.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2022.503>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Ecologia. I. Oliveira, Paulo Eugênio Alves Macedo de, 1959-, (Orient.). II. Ferreira, Fernanda Helena Nogueira, 1968-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. IV. Título.

CDU: 574

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e
 Biodiversidade
 Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Universitária, Uberlândia-MG, CEP 38405-320
 Telefone: (34) 3225-8641 - www.ppgceb.ufu.br - ecologia@univ.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Tese, número B4, PPGECEB				
Data:	vinte e oito de setembro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	13:34	Hora de encerramento:	17:06
Matrícula do Discente:	11713ECR002				
Nome do Discente:	Mariana Cecília de Carvalho Silva Ferreira				
Título do Trabalho:	A importância dos serviços ecossistêmicos prestados por abelhas em cultivos orgânicos de tomate: produção e incremento de polinizadores.				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Agroecologia				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Abelhas e serviços de polinização: Conservação, Manejo de ninhos e uso na polinização de cultivos na região do Triângulo Mineiro.				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelos doutores: Gisele Garcia Azevedo - UFMA; Solange Cristina Augusto - INBIO/UFU; Vinicius Lourenço Garcia de Brito - INBIO/UFU; Marcela Yamamoto - UEG e Fernanda Helena Nogueira Ferreira - INBIO/UFU, coorientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra aos examinadores que passaram a arguir a candidata. Ultimeada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por Fernanda Helena Nogueira Ferreira, Professor(a) do

30/09/2022 08:04

SEI/UFU - 3885991 - Ata de Defesa - Pós-Graduação



Magistério Superior, em 28/09/2022, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Solange Cristina Augusto, Professor(a) do Magistério Superior, em 28/09/2022, às 17:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Vinicius Laureço Garcia de Brito, Professor(a) do Magistério Superior, em 28/09/2022, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Marcela Yamamoto, Usuário Externo, em 29/09/2022, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&origem_documento=0, informando o código verificador 3885991 e o código CRC E1971337.

Referência: Processo nº 23117.064720/2022-13

SEI nº 3885991

Maria Cecília de Carvalho Silva Ferreira

**A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS
PRESTADOS POR ABELHAS EM CULTIVOS
ORGÂNICOS DE TOMATE: PRODUÇÃO E
INCREMENTO DE POLINIZADORES**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutora em Ecologia,
Conservação e Biodiversidade.

APROVADA em 28 de setembro de 2022.

Profa. Dra. Gisele Garcia Azevedo (UFMA)

Profa. Dra. Solange Cristina Augusto (UFU)

Profa. Dr. Vinícius Lourenço Garcia de Brito (UFU)

Prof. Dra. Marcela Yamamoto (UEG)

Prof. Dr. Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira
INBIO/UFU (Orientador)

Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira Ferreira
INBIO/UFU (Coorientadora)

UBERLÂNDIA
Setembro – 2022

Aos meus pais, Gêisa e Paulo César (*in memoriam*),
os maiores incentivadores dos meus projetos,
e a minha filha Aurora,
razão dos próximos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família por estar sempre ao meu lado, me ajudando e incentivando. Sem vocês eu não teria concretizado esse projeto. Não esqueçam que eu amo vocês e nunca deixarei vocês para trás. Caminhando juntos, vamos mais longe!

Agradeço muito a minha orientadora nesse projeto, Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira. Fer, você me mostrou como a academia pode ser um local de cooperação e amizade e me ajudou a chegar até aqui. Com você pude novamente me aventurar na pesquisa e aprender/reafirmar que carinho, cuidado e atenção nos levam além.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira por me adotar quando foi necessário e sempre fazer colocações pertinentes na minha jornada.

Não posso deixar de agradecer também o Prof. Dr. Jean Santos, que abriu as portas da UFU me acolhendo como orientador no início desse projeto, me incentivando e fazendo ótimas colocações no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os membros da banca examinadora desta tese pela disponibilidade e contribuição na melhora da qualidade do trabalho. E também, aos membros da banca de qualificação, que deram excelentes contribuições anteriormente.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA), especialmente aos amigos Nicole, Bárbara e Bruno que me acolheram e ajudaram muito no processo. Sem vocês eu não teria chegado aqui.

Agradeço também aos laboratórios, professores e pesquisadores que tive o prazer de compartilhar ideias e parcerias:

- Laboratório de Neurodinâmica da Visão (UFMG): agradecimento especial ao Dr. Theo Motta e a Dra Priscila Araújo por todo auxílio e sugestões nas análises e gráficos de percepção cromática.
- Laboratório de Ecologia e Evolução de Plantas Tropicais (UFMG): agradeço especialmente ao Dr. Fernando Silveira pela troca, sugestões e disponibilidade com os experimentos de Germinação e ao Marcílio Zanetti por me ajudar e acompanhar na realização deles.
- Laboratório de Sistemática de Insetos (UFMG): agradeço ao Dr. Fernando Silveira (*in memoriam*) e ao Prof. Dr. Igor Rismo Coelho pelas identificações das abelhas.
- LeBuhn Lab: a Dra Gretchen LeBuhn, meus mais sinceros agradecimentos, por ter me recebido e disponibilizado um tempo para conversar me dando grandes ideias que viabilizaram a coleta com as pantraps.
- Obrigada a Dra Fernanda Antunes por todo incentivo, apoio e troca e ao seu aluno Alexandre pela ajuda no campo.

- Aos pesquisadores Dr Geraldo Wilson, Dra Bárbara Esteves, Dr Vinícius Brito e Mariana Vilar, obrigada por serem meus referees na submissão do projeto ao Rufford Foundation.

- Aos amigos Felipe e Jamir, muito obrigada pela paciência e disposição nas análises estatísticas.

Aos professores que tive o privilégio de ser aluna, aos colegas que tive a oportunidade de aprender e me divertir, muito obrigado por todos os ensinamentos. Em especial a profa. Dra. Kátia Facure que fez a disciplina de multivariada no R ser extremamente prazerosa, mesmo que muito desafiadora e por ser sempre tão disposta e prestativa com as análises.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela oportunidade e paciência com minhas dilações.

À Universidade Federal de Uberlândia e a todos os professores e funcionários por todo o suporte dado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado. E à Rufford Foundation pelo apoio financeiro nas coletas de campo.

A AABD-Rola Moça e seus agricultores pelo acolhimento, disponibilidade e todo o suporte para a realização deste trabalho. O trabalho de vocês é fantástico e aplica várias das práticas amigáveis aos polinizadores. À Associação NoAto-Ambiental, especialmente ao Digo e Quaresma, pela ponte, apoio e amizade. Vocês foram imprescindíveis.

Aos meliponicultores que disponibilizaram colmeias de mandaçaia para a realização desse projeto e por toda troca e ensinamentos.

Aos amigos queridos da vida toda, vocês deixam minha vida mais leve e divertida e por isso estão sempre me ajudando, independentemente de como. Um salve especial pra Flávia Mello, que nessa reta final me ajudou com as referências bibliográficas.

Por último, mas não menos importante, agradeço à natureza, que com toda sua grandiosidade me fascina e instiga constantemente e me permitiu concretizar mais esse estudo e aprender mais a cada dia.

Tanta gente passou nesse meu caminho e eu aprendi e cresci tanto que a lista de agradecimentos é interminável. E agradecer parece até pequeno diante de tudo que recebi.

Obrigada!

ÍNDICE

Introdução Geral	1
Os serviços ecossistêmicos e a polinização	1
O Brasil como país agrícola e a produção orgânica.....	2
O cultivo do tomate.....	3
A importância de atividades sustentáveis no entorno de áreas protegidas	4
Democratização do conhecimento acadêmico	4
Objetivos e apresentação da tese	5
Referências Bibliográficas.....	6
CAPÍTULO 1	14
Polinização por abelhas e o incremento na produção em cultivos orgânicos de tomate.....	14
RESUMO	Erro! Indicador não definido.
INTRODUÇÃO.....	16
[OBJ].....	
[OBJ].....	
Os cultivos de tomate e a introdução de ninhos em casa de vegetação	20
Os experimentos de polinização	23
Análise dos frutos	25
Análise de dados	26
RESULTADOS	26
DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
Capítulo 2	42
The color of pan traps can influence the abundance and diversity of native bees collected in organic tomato crops in Ibirité (Minas Gerais, Brazil)?.....	42
ABSTRACT:	43
INTRODUCTION.....	44
MATERIALS AND METHODS	45
Site Description.....	45
Study Site: History and Preparation.....	46
Pan Traps and Sampling	47
Spectral reflectance of pan traps and tomato floral structures.....	48
Data Analyses	50

RESULTS.....	51
Abundance and Diversity.....	51
Light Reflectance	Erro! Indicador não definido.
DISCUSSION.....	55
CONCLUSIONS	59
REFERENCES	59
Capítulo 3	69
A produção do conhecimento científico sobre abelhas e sua divulgação	69
RESUMO	70
INTRODUÇÃO.....	71
MATERIAL E MÉTODOS.....	76
RESULTADOS	77
DISCUSSÃO	79
CONCLUSÃO.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

RESUMO

Ferreira, M. C. de C. S. Serviços de polinização por abelhas no tomateiro (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae): A Importância dos Serviços Ecosistêmicos Prestados por Abelhas em Cultivo Orgânico de Tomate: Produção e incremento de polinizadores. Tese de doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84 p.

A importância econômica dos polinizadores, especialmente as abelhas, já é reconhecida globalmente e a conservação de suas populações locais cada vez mais urgente. O presente estudo, tem como objetivo geral avaliar a população de abelhas e os benefícios da polinização em cultivos de tomate orgânico em uma zona de amortecimento de uma unidade de conservação; assim como fazer uma análise sobre a divulgação científica sobre abelhas no Brasil nos últimos 10 anos. O estudo foi desenvolvido na Associação de Agricultores BioDinâmicos da Serra do Rola Moça (AABD – Rola Moça), em Ibitiré-MG, uma propriedade rural de agricultura orgânica e familiar, situada no entorno do Parque Estadual Serra do Rola Moça. O capítulo 1 teve como objetivo analisar a influência da polinização por *Melipona quadrifasciata* em cultivo protegido de tomate orgânico. Para isso, a produção e a qualidade dos frutos produzidos no cultivo aberto e no cultivo protegido foram comparadas e apresentaram diferença, sendo os tomates produzidos dentro da casa de vegetação os de maiores valores entre os parâmetros avaliados. O capítulo 2 teve como objetivo conhecer a população de abelhas do local de estudo, ampliar o conhecimento sobre amostragem de abelhas utilizando armadilhas de queda (*pan traps*), avaliando como as cores das armadilhas e do tomate são discriminadas pelas abelhas. Para isso, testamos a eficiência das cores mais utilizadas em estudos de diversidade e, com um esforço amostral de 6480 h coletamos 185 espécimes de abelhas, concluindo que o uso de *pan trap* coloridas é uma metodologia eficiente para estimar população e preferência cromática de abelhas. Já o capítulo 3 teve como objetivo investigar a história e importância da divulgação científica nacional, para a população em geral e comparar o número, tipo, idioma e tema dos recursos encontrados em três plataformas de divulgação científica. Esse capítulo surgiu de um interesse pessoal em investigar a divulgação científica brasileira no atual contexto de falta de credibilidade da comunidade científica e desinformação.

Palavras-chave: polinização, pan traps, preferência cromática, divulgação científica

ABSTRACT

Ferreira, M. C. de C. S. Bee pollination services on tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae): The Importance of Ecosystem Services Provided by Bees in Organic Tomato Farming: Production and increase of pollinators. Doctoral thesis on Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia-MG. 84 p.

The economic importance of pollinators, especially bees, is already recognized globally and the conservation of their local populations is increasingly urgent. The present study has the general objective of evaluating the bee population and the benefits of pollination in organic tomato crops in a buffer zone of a conservation unit; as well as doing an analysis on scientific dissemination about bees in Brazil in the last 10 years. The study was developed at the Associação de Agricultores BioDinâmicos da Serra do Rola Moça (AABD – Rola Moça), in Ibitiré-MG, a rural property of organic and family farming, located in the surroundings of the Serra do Rola Moça State Park. Chapter 1 aimed to analyze the influence of pollination by *Melipona quadrifasciata* in protected organic tomato cultivation of the area. For this, the production and quality of fruits produced in open cultivation and protected cultivation were compared and showed differences, with tomatoes produced in the greenhouse having the highest values among the evaluated parameters. Chapter 2 aimed to understand the population of bees in the study site, expand knowledge about sampling bees using pan traps, evaluating how the colors of the traps and the tomato are discriminated by the bees. For this, we tested the efficiency of the most used colors in diversity studies, and, with a sampling effort of 6480 h, we collected 185 specimens of bees, concluding that the use of colored pan trap is an efficient methodology to estimate population and color preference of bees. Chapter 3 aimed to investigate the history and importance of national scientific dissemination for the general population and compare the number, type, language and theme of resources found in three scientific dissemination platforms, after searching with simple keywords (Bee and Brazil). This chapter arose from a personal interest in investigating Brazilian scientific dissemination in the current context of lack of credibility in the scientific community and misinformation among the population.

Key words: Pollination, pan traps, chromatic preference, scientific divulgation

Introdução Geral

Os serviços ecossistêmicos e a polinização

A maioria (70%) das plantas cultivadas e utilizadas na produção de alimento depende da polinização (CUNHA *et al.*, 2014). Ela é importante para a reprodução das plantas, para a produção de alimento e para a manutenção da rede de interações entre animais e plantas, constituindo um importante serviço ecossistêmico (CUNHA *et al.*, 2014). Mais de 100 mil espécies de animais são conhecidas por fornecer serviços de polinização, dentre eles, os insetos são os mais importantes (MALERBO-SOUZA & HALAK, 2012). Os principais táxons que frequentam flores, também chamados de antofílicos, são: Hymenoptera (abelhas, vespas formiga), Diptera (moscas e mosquitos), Lepidoptera (mariposas e borboletas) e Coleoptera (besouros) (CUNHA *et al.*, 2014).

Dentro da ordem Hymenoptera, as abelhas se destacam por possuírem hábito alimentar generalista e diferentes comportamentos sociais (SILVEIRA *et al.*, 2002; RAMALHO, 2004). Isso as torna o mais importante grupo de insetos polinizadores para a reprodução da maioria das angiospermas (SILVA & PAZ, 2012; OLLERTON, 2017). Há mais de 20.000 espécies ao redor do mundo, todas são antofílicas e atuantes em ecossistemas naturais e agrícolas (CUNHA *et al.*, 2014).

A importância econômica dos polinizadores tem sido muito reconhecida na agricultura moderna (BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009). Estima-se que os polinizadores gerem benefício econômico global avaliado entre US\$ 195-387 bilhões (PORTO *et al.*, 2020). Pesquisadores brasileiros já relatam um aumento da produção (quantidade e qualidade dos frutos) de algumas espécies vegetais (NASCIMENTO *et al.*, 2012), sejam elas dependentes exclusivas da polinização cruzada (p.ex abóbora, acerola, cacau, melancia, pequi, maracujá) ou apenas se beneficiando dela (p.ex café, pepino, tomate, dendê, caqui, feijão) (WOLOWSKI *et al.*, 2019; KLEIN *et al.*, 2020).

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos ao redor do mundo (MORSE & CALDERONE, 2000; WILLIAMS, 2002; KLEIN *et al.*, 2007; ALLSOPP *et al.*, 2008, GARIBALDI, *et al.*, 2016) e no Brasil constatando a importância das abelhas em cultivos como da laranja (MALERBO-SOUZA *et al.*, 2003; FERRARO, 2006; GAMITO & MALERBO-SOUZA 2006), acerola (VILHENA & AUGUSTO, 2007; MAGALHÃES

& FREITAS, 2013); tomate (BISPO DOS SANTOS, 2008; DEPRÁ *et al.*, 2014; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014; BARTELLI *et al.*, 2014; VINÍCIUS-SILVA *et al.*, 2017); café (MALERBO-SOUZA & HALAK, 2012; GONZÁLEZ-CHAVES *et al.*, 2020); cenoura e pimenta (NASCIMENTO *et al.*, 2012); soja (MILFONT *et al.*, 2013; HUAIS *et al.*, 2020); caju (ROCHA *et al.*, 2014); maracujá (JUNQUEIRA & AUGUSTO, 2017); milho (LANA *et al.*, 2017); mexerica (SANTOS *et al.*, 2021); uva (BARONIO *et al.*, 2021).

O Brasil como país agrícola e a produção orgânica

O Brasil é considerado a principal nação entre os 17 países megadiversos do mundo, abrigando a maior biodiversidade do planeta (MMA, 2018), ao mesmo tempo que é um grande produtor agrícola mundial. Do seu território total, cerca de 30% são de áreas de uso agropecuário (EMBRAPA TERRITORIAL, 2020) e o agronegócio é um dos setores que mais contribui para o produto interno bruto brasileiro (VILELA & HENZ, 2000; JANK *et al.*, 2005; STAUB, 2007; CUNHA *et al.*, 2014; MONTEIRO *et al.*, 2014; IBGE, 2017; CNA, 2020). A cultura de hortaliças e frutas representa uma parcela expressiva da agricultura brasileira (VILELA & HENZ, 2000; BEZERRA, 2003) que podem ser cultivadas de forma temporária ou permanente. Nos últimos anos verificou-se um crescimento expressivo de tipos diferenciados de culturas temporárias (MELO & VILELA, 2007) e na produção agrícola sustentável, sendo que esta última é a que mais se destaca (LOURENÇO *et al.*, 2017).

A humanidade possui uma necessidade alimentar que coloca como crucial a produção de alimentos. Com o intuito de maximizar essa produção, a partir da década de 60, o Brasil incentivou a utilização de sementes híbridas selecionadas, fertilizantes químicos, agrotóxicos e maquinário pesado, o que ficou conhecido como a Revolução Verde (VIEIRA *et al.*, 2019). A evolução dessa forma de cultivo fez com que o Brasil se tornasse um dos líderes mundiais no consumo de agrotóxicos e o que mais usa grandes quantidades de agrotóxicos proibidos em outros países (BOTELHO *et al.*, 2020). Devido as consequências que o uso exacerbado de agrotóxicos trouxe para a saúde pública, a demanda por alimentos produzidos de forma ecológica e ambientalmente correta cresce cada vez mais no mercado mundial.

A agricultura sustentável equilibra as atividades agrícolas com os princípios de desenvolvimento sustentável, visando a preservação do meio ambiente e garantindo a viabilidade financeira na produção agrícola (CELESTRINO *et al.*, 2017; BOTELHO *et al.*, 2020). Dentro da agricultura sustentável, a Agroecologia integra uma visão holística, que prioriza o uso da biodiversidade, das práticas ecológicas e do manejo integrado dos recursos naturais e da sustentabilidade nos níveis econômico, social, cultural, ecológico, político e ético (VIEIRA *et al.*, 2019). Como consequência do crescimento da consciência ecológica dos consumidores, a produção orgânica, que é uma alternativa sustentável, cresce 20% anualmente no Brasil, além de ser uma alternativa mais rentável ao produtor (BIHALVA *et al.*, 2018; BOTELHO *et al.*, 2020).

O cultivo do tomate

O tomate, *Solanum lycopersicum* Linnaeus, 1753, é uma planta originária dos Andes e possui muitas variedades cultivadas pelo mundo (PERALTA & SPOONER, 2007; FRANCESCHINELLI *et al.*, 2019). É dos principais produtos no mercado internacional e culturas olerícolas em importância econômica no Brasil (CAMPOS *et al.*, 2014), seu principal produtor da América Latina, onde a produção está concentrada nos estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais (DIEESE, 2010; FRANCESCHINELLI *et al.*, 2019). Globalmente estima-se que seu rendimento anual seja de \$ 10,8 bilhões de dólares (COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021).

O tomateiro é uma planta anual, com ciclo de 120 dias, tendo melhores resultados quando plantado de agosto a dezembro nas regiões sul e sudeste do Brasil e de março a outubro nas demais regiões brasileiras. Ele possui flores bissexuais e anteras poricidas, que não produz néctar e é capaz de se autopolinizar (BARTELLI *et al.*, 2014; TONI *et al.*, 2020). Mesmo assim, a polinização pela agitação das anteras (pelo vento, movimento mecânico ou visitação de insetos) para liberar o pólen de suas anteras, ainda é necessária para a frutificação completa (TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021). As flores com anteras poricidas do tomate liberam uma grande quantidade de pólen quando vibradas por abelhas capazes de realizar polinização por vibração ou *buzz-pollination* (BUCHMANN & HURLEY, 1978; BARTELLI *et al.*, 2014; FRANCESCHINELLI *et al.*, 2019; KLEIN *et al.*, 2020; TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021). Esse comportamento é específico de certas espécies de

abelhas, que ao visitar a flor vibram seus músculos de voo em alta frequência, liberando o pólen encerrado nas anteras (KLEIN *et al.*, 2020).

A importância de atividades sustentáveis no entorno de áreas protegidas

Áreas protegidas são necessárias e suas bordas são parte importante na mudança da paisagem. Os limites de Unidades de Conservação (UC) estão intimamente relacionados com a mudança da paisagem (MARTIN *et al.*, 2006). Elas sofrem diretamente caça e captura de animais, coleta indiscriminada de plantas (medicinais e ornamentais), expansão urbana desordenada e grandes empreendimentos econômicos como mineração, agronegócio e especulação imobiliária. Essas áreas, também conhecidas como zonas de amortecimento (ZA), devem funcionar como filtros, impedindo que atividades antrópicas externas coloquem em risco os ecossistemas naturais dentro de áreas protegidas (VITALLI *et al.*, 2009). Para isso, sempre que possível, a exploração dessas zonas deverá estar relacionada com práticas tradicionais, estilos de vida localmente adaptados e o manejo sustentável dos recursos naturais (IWAMOTO & RODRIGUES, 2011).

Promover formas inovadoras de gestão da paisagem, que combinem a produção com a conservação e recuperação dos recursos naturais é urgente. Agricultura sustentável procura utilizar, de forma inteligente, os serviços prestados pelo ecossistema, destacando os oferecidos pela polinização (LIMA & ROCHA, 2012). Por isso o uso de polinizadores nativos para maximizar a produção, aumentar o lucro e consequentemente, conservar o meio ambiente é tão indicada (GIANNINI *et al.*, 2020). É essencial estimular o desenvolvimento de atividades com esses propósitos em comunidades rurais presentes em ZA e que fazem fronteira com UC.

Democratização do conhecimento acadêmico

Produzir ciência se faz importante, mas agora diante das dúvidas e críticas que comprovaram a desvalorização do conhecimento científico no Brasil, devemos trazer para nossa prática as estratégias de divulgação das produções acadêmicas. Tornar o conhecimento científico acessível e compreensível ao público em geral, é necessário e urgente. O patamar da ciência brasileira é resultado de séculos de trabalho

desempenhando importante papel no desenvolvimento destinado ao avanço econômico, social, ambiental, tecnológico e de diversos setores de atuação do Estado (RALIN NETO *et al.*, 2020). Com as características próprias da contemporaneidade, o conhecimento científico poderia ser considerado um elemento de transformação da cultura (VOGT & MORALES, 2018).

A percepção pública da ciência e da tecnologia no Brasil mostra que mais da metade dos brasileiros declaram ter interesse pela ciência e tecnologia, mas a grande maioria desconhece a ciência do país (ESCOBAR, 2018; RIGUETTI, 2018). Isso acontece, pois, a ciência está isolada da sociedade e, como consequência ela não demonstra sua importância e relevância para o bem comum. Os cientistas precisam aprender a dialogar com a sociedade, democratizando o conhecimento científico, o que implica em uma forma de divulgação além dos artigos científicos.

Atualmente existe um esforço para suprir esse gargalo entre ciência e sociedade pela democratização do conhecimento científico, conhecida como *Open Science* (HOLBROOK, 2019). Porém, esse esforço dialoga apenas com a comunidade científica. É preciso expandir e criar estratégias de divulgação do conteúdo científico nacional, mantidos e produzidos com recursos públicos governamentais sobre temas, em geral, de relevância nacional (RIGUETTI, 2018), além de estimular as pessoas a “consumirem” esses recursos.

Objetivos e apresentação da tese

O presente estudo, tem como objetivo geral avaliar os benefícios da polinização em cultivos de tomate orgânico na Associação de Agricultores BioDinâmicos da Serra do Rola Moça (AABD – Rola Moça), em Ibirité-MG, assim como avaliar os benefícios do incremento de abelhas polinizadoras em estufas de tomate orgânico. Dessa forma, a tese foi estruturada em três capítulos que serão apresentados na forma de artigos.

O capítulo 1 tem como objetivo analisar a influência da polinização por *Melipona quadrifasciata* em cultivo protegido de tomate orgânico em uma área localizada na AABD – Rola Moça. Para isso, a produção e a qualidade dos frutos produzidos no cultivo aberto e no cultivo protegido serão comparadas.

O capítulo 2 tem como objetivo compreender a população de abelhas do local de estudo, ampliar o conhecimento sobre amostragem de abelhas utilizando armadilhas de queda (*pan traps*), avaliando como as cores das armadilhas e do *S. lycopersicum* são discriminadas pelas abelhas. Para isso, testamos a eficiência das cores mais utilizadas em *pan traps* para estudo da diversidade de abelhas, na cultura de tomate orgânico em ambiente aberto e no entorno de uma área de vegetação natural protegida.

Já o capítulo 3 tem como objetivo investigar a história e importância da divulgação científica nacional, para a população em geral e comparar o número, tipo, idioma e tema dos recursos encontrados em três plataformas de divulgação científica, após a busca com palavras-chaves simples. Esse capítulo surgiu de um interesse pessoal em investigar a democratização do conhecimento científico devido a tamanha falta de credibilidade da comunidade científica e desinformação da população em geral no atual cenário brasileiro.

Referências Bibliográficas

ALLSOPP, M. H.; DE LANGE, W. J.; VELDTMAN, R. Valuing insect pollination services with cost of replacement. **PLoS ONE**, v. 3, n. 9, p. e3128, 10 set. 2008. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>

BARONIO, G. J. et al. Different visitation frequencies of native and non-native bees to vines: how much vegetation is necessary to improve fruit production? **Plant Biology**, v. 23, n. 6, p. 923–930, 1 nov. 2021. doi:10.1111/plb.13327. <https://doi.org/10.1111/plb.13327>

BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Pollination Services Provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 510–516, 1 dez. 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.510-516>

BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). **Sociobiology**, v. 61, n. 1, p. 60–67, mar. 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.60-67>

BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Documentos 72. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003.

BILHALVA, N. et al. Agricultura Sustentável: Conservação de Sementes de Arroz Orgânico Através do Uso de Plantas Medicinais/Condimentares. *In: Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão - SIEPE, Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 2018.*

BISPO DOS SANTOS, S. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 2, p. 751–757, 2009. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr015>

BISPO DOS SANTOS, S. A. **Polinização em culturas de manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini).** 73 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Entomologia) – FFCLRP- Departamento de Biologia. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2008.

BOTELHO, M. G. L. et al. Agrotóxicos na agricultura: agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e396985806, 9 jul. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5806>
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5806>

BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P. A Biophysical Model for Buzz Pollination in Angiosperms. **Journal of Theoretical Biology**, v. 72, p. 639–657, nov. 1978. doi: 10.1016/0022-5193(78)90277-1. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90277-1](https://doi.org/10.1016/0022-5193(78)90277-1)

CAMPOS, M. J. C. et al. Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros. Em: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo.** Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 369–399.

CELESTRINO, R. B. et al. Novos olhares para a produção sustentável na agricultura familiar: Avaliação da alface americana cultivada com diferentes tipos de adubações orgânicas. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 3, n. 1, p. 66-87, jan./jun. 2017. ISSN: 2448-0452.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Pib do agronegócio alcança participação de 26,6% no pib brasileiro em 2020.** PIB do

Agronegócio. ESALQ/USP. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em 15 de mai de 2021.

COOLEY, H.; VALLEJO-MARÍN, M. Buzz-Pollinated Crops: A Global Review and Meta-analysis of the Effects of Supplemental Bee Pollination in Tomato. **Journal of economic entomology**, v. 114, n. 2, p. 505–519, 13 abr. 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab009>

CUNHA, D.A. DA S.; NÓBREGA, M.A. DOS S.; ANTONIALLI JUNIOR, W.F. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 18, n. 4, p. 185-194, 2014.

DEPRÁ, M. S. et al. Pollination Deficit in Open- Field Tomato Crops (*Solanum Lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro State, Southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2014. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2014\)7](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014)7)

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **A Produção Mundial e Brasileira de Tomate**. Goiana: DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, jul. 2010. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/projetos/informalidade/estudoSobreAproducaoDeTomateIndustrialNoBrasil.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Agricultura e preservação ambiental: uma análise do cadastro ambiental rural**. Campinas, 2020. Disponível em: < www.embrapa.br/car >. Acesso em: 26 out. 2021.

ESCOBAR, H. Divulgação Científica: faça agora ou cale-se para sempre. Em: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (Eds.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2018. v. 200p. 31–36. ISBN: 978-85-85783-90-7

FERRARO, A. E. **Influência da polinização de variedades cítricas comerciais no número de sementes e nas qualidades organolépticas de Tangelo Nova**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Campinas, SP: Instituto Agrônomo, abr. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200020>

FRANCESCHINELLI, E. V. et al. Native bee fauna of tomato crops: A comparison of active sampling and pan trapping methods. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 109, p. e2019030, 9 set. 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019030>

GAMITO, L. M.; MELERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 4, p. 483–488, out. 2006. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i4.612>

GARIBALDI, L. A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388–391, 22 jan. 2016. <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>

GIANNINI, T. C. et al. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3>

GONZÁLEZ-CHAVES, A. et al. Forest proximity rather than local forest cover affects bee diversity and coffee pollination services. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 8, p. 1841–1855, 1 ago. 2020. doi:10.1007/s10980-020-01061-1. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01061-1>

HOLBROOK, J. B. Open Science, Open Access and Democratization of knowledge. **Issues in Science and Technology**, p. 26–28, 2019.

HUAIS, P. Y. et al. Forest fragments influence pollination and yield of soybean crops in Chaco landscapes. **Basic and Applied Ecology**, v. 48, p. 61–72, 1 nov. 2020. doi:10.1016/j.baae.2020.09.003. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.09.003>

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. LSPA – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. v. 30, n. 12, p. 1–85, dez. 2017.

IWAMOTO, P. K.; RODRIGUES, M. G. Uma Proposta de Delimitação da Zona de Amortecimento do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Nordestina de Ecoturismo**, v. 4, n. 2, p. 5–14, 18 mar. 2011.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. Dossiê Brasil rural: agronegócio e comércio exterior brasileiro. **Revista USP**, São Paulo, n. 64, p. 14-27. 2005. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i64p14-27>

JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. **Apidologie**, v. 48, n. 2, p. 131–

140, 1 mar. 2017. doi:10.1007/s13592-016-0458-2. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0458-2>

KLEIN, A.-M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 7 fev. 2007. doi: 10.1098/rspb2006.3721. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

KLEIN, A.-M. et al. **A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil - Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas**. 149 p. Freiburg e Fortaleza: Albert-Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020.

LANA, M. A. et al. Yield stability and lower susceptibility to abiotic stresses of improved open-pollinated and hybrid maize cultivars. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 4, 1 ago. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0442-x>

LIMA, M. C.; ROCHA, A. **Efeitos dos Agrotóxicos sobre as Abelhas Silvestres no Brasil**. 2. ed. Brasília: Ibama, 2012.

LOURENÇO, A. V.; SCHNEIDER, S.; GAZOLLA, M. A Agricultura Orgânica no Brasil: Um Perfil a partir do Censo Agropecuário 2006. **Extensão Rural**, v. 24, n. 1, p. 42–61, jan. 2017. <https://doi.org/10.5902/2318179624514>

MAGALHÃES, C. B.; FREITAS, B. M. Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, v. 44, n. 2, p. 234–239, mar. 2013. doi:10.1007/s13592-012-0175-4. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0175-4>

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 1–11, 2012.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pêra-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 237–242, maio 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-95962003000400001>

MARTÍN, M. J. R.; DE PABLO, C. L.; DE AGAR, P. M. Landscape changes over time: Comparison of land uses, boundaries and mosaics. **Landscape Ecology**, v. 21, p. 1075–1088, out. 2006. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-7245-9>

MELO, P. C. T. DE; VILELA, N. J. **Importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliças. A importância da Cadeia Produtiva Brasileira de Hortaliças**. Brasília. 13a Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças - MAPA, 22 nov. 2007.

MILFONT, M. DE O. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, n. 4, p. 335–341, dez. 2013. doi:10.1007/s10311-013-0412-8. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0412-8>

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade Brasileira**. 2018. Disponível em <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso 19 de abril de 2018.

MONTEIRO, E. S. et al. Inovação e tecnologia no arranjo produtivo de apicultura no nordeste paraense. **Revista de Política Agrícola**, v. XXIII, n. 4, p. 23–34, out. 2014.

MORSE, R. A.; CALDERONE, N. W. The Value of Honey Bees As Pollinators of U.S. Crops in 2000. **Bee Culture Magazine - Pollination 2000**, v. 128, n. 1, p. 1–15, 2000.

NASCIMENTO, W. M. et al. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 494–498, set. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300023>

OLLERTON, J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst**, v. 48, p. 353–376, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: RAZDAN, M.K.; MATTOO, A. K. (Eds.). **Genetic improvement of solanaceous crops**. v. 2, p.1-27. Enfield, Nueva Hampshire: Science Publishers, 2007. <https://doi.org/10.1201/b10744-2>

PORTO, R. G. et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. **Food Security**, v. 12, n. 6, p. 1425–1442, 1 dez. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>

RALIN NETO, R.; PORTO, C. DE M.; CONCEIÇÃO, V. A DOS SANTOS. As Redes Sociotécnicas no Processo de Difusão Científica: a Democratização do Conhecimento.

Interfaces Científicas - Educação, v. 10, n. 2, p. 154–164, 16 nov. 2020. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n2p154-164>

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, n.1, p.37-47. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100005>

RIGHETTI, S. Ciência na mídia: onde estão os estudos de pesquisadores brasileiros? Em: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (Eds.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2018. v. 200p. 23–30. ISBN: 978-85-85783-90-7

ROCHA, E.; FREITAS, B.; DURAN CORDEIRO, G. Forest Remnants Enhance Wild Pollinator Visits to Cashew Flowers and Mitigate Pollination Deficit in Ne Brazil. **Journal of Pollination Ecology**12, v. 12, n. 4, p. 22–30, fev. 2014. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2014\)10](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2014)10)

SANTOS, R. S. DA et al. Bee pollination services and the enhancement of fruit yield associated with seed number in self-incompatible tangelos. **Scientia Horticulturae**, v. 276, p. 109743, 27 jan. 2021. doi:10.1016/j.scienta.2020.109743. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109743>

SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. DA. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza on line**, v. 10, n. 3, p. 146–152, 28 set. 2012.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. 1. ed. 253 p. Belo Horizonte: MMA (PROBIO - PNUD) e Fundação Araucária, 2002.

STAUB, R. **A influência do agronegócio no resultado da agência do Banco do Brasil em Bagé**. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Gestão de Negócios Financeiros) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Bagé. 2007.

TONI, H. C. et al. Tomato (*Solanum lycopersicum*) pollinators and their effect on fruit set and quality. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, p. 1–13, 2020. doi:10.1080/14620316.2020.1773937. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1773937>

VIEIRA, M. G. M. et al. Agricultura sustentável: favorecendo ambientes saudáveis e o empoderamento feminino. **Rev. Ed. Popular, Uberlândia**, v. 18, n. 2, p. 4–25, 2019. <https://doi.org/10.14393/REP-v18n22019-46405>

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília**, v. 17, p. 71–89, 2000.

VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no triângulo mineiro. **Original Article Bioscience Journal**, v. 1, n. 23, p. 14–23, nov. 2007.

VINÍCIUS-SILVA, R. et al. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 349–360, set. 2017. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-07/2017>

VITALLI, P. DE L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, v. 12, n. 1, p. 67–82, jun. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000100006>

VOGT, C.; MORALES, A. P. Cultura Científica. Em: VOGT, C.; GOMES, M.; MUNIZ, R. (Eds.). **ComCiência e divulgação científica**. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2018. v. 200p. ISBN: 978-85-85783-90-7

WILLIAMS, I. H. Insect Pollination and Crop Production: A European Perspective. KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ FONSECA V. L. (Eds.). *Pollinating Bees: The conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 59-65 2002.

WOLOWSKI, M. et al. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. ISBN 978-85-60064-83-0. Disponível em: <www.bpbes.net.br>. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>

CAPÍTULO 1

Polinização por abelhas e o incremento na produção em cultivos orgânicos de tomate

Polinização por abelhas e o incremento na produção em cultivos orgânicos de tomate

RESUMO - A preocupação com a insegurança alimentar e o impacto ambiental da produção de alimentos cresce mundialmente. Ações que aumentam o lucro e conservam o meio ambiente são cada vez mais necessárias, principalmente próximas a reservas ambientais. Este estudo tem como objetivo analisar a influência da polinização por *Melipona quadrifasciata* em cultivos orgânicos de tomate em uma área localizada no entorno de uma unidade de conservação. O trabalho foi realizado em Ibirité (MG), na zona de amortecimento de uma unidade de conservação, entre junho e agosto de 2019, em cultivos aberto e protegido, comparando-se a eficiência de polinização por *M. quadrifasciata*. Cada cultivo teve 80 botões florais marcados, divididos igualmente em dois tratamentos. A razão entre flores e frutos formados resultou na proporção de frutos produzidos e os parâmetros tamanho, peso e número de sementes foram usados para avaliar a qualidade dos frutos. O efeito dos tratamentos foi analisado por análise de variância não paramétrica. A proporção de frutos produzidos no cultivo aberto e na casa de vegetação foi similar (48,48% e 52,70%, respectivamente). Ao todo foram coletados 51 frutos, que se mostraram diferentes entre os grupos analisados com relação a todos os parâmetros avaliados. Tomates polinizados pela abelha introduzida apresentaram os maiores valores, diferentes dos tomates autopolinizados dentro e fora da casa de vegetação, mas similares aos tomates produzidos pelo tratamento controle no cultivo aberto (CCA). A introdução de *M. quadrifasciata* em casa de vegetação, levou ao aumento da qualidade e da produtividade de tomates orgânicos. *M. quadrifasciata* foi considerada um polinizador eficiente em cultivos de tomate, na proporção de um ninho para cada 50 plantas.

Palavras-chave: *Melipona quadrifasciata*, *Solanum lycopersicum*, produção orgânica, unidade de conservação.

INTRODUÇÃO

A importância econômica dos polinizadores tem sido muito reconhecida na agricultura moderna (BISPO DOS SANTOS, 2008). Estima-se que eles gerem benefício econômico global avaliado entre US\$ 195-387 bilhões (PORTO *et al.*, 2020). Entre os polinizadores, as abelhas se destacam por possuírem hábito alimentar generalista e diferentes comportamentos sociais (SILVEIRA, 2002; RAMALHO, 2004). Isso as torna o mais importante grupo de insetos polinizadores para a reprodução da maioria das angiospermas (SILVA & PAZ, 2012; OLLERTON, 2017). Há mais de 20.000 espécies ao redor do mundo, todas são antofílicas e atuantes em ecossistemas naturais e agrícolas (CUNHA *et al.*, 2014). Essa importância no meio agrônomo e ambiental, faz com que os polinizadores apresentem interesse social e ecológico (CUNHA *et al.*, 2014). Porém, estudos atuais sugerem a existência de uma crise na polinização de plantas tropicais de impacto global (CUNHA *et al.*, 2014; DICKS, *et al.*, 2016; TONI *et al.*, 2020). Ela seria consequência da fragmentação do habitat, da redução da abundância e riqueza de espécies, da alteração do comportamento e padrões de voo, da disseminação de doenças e do uso de herbicidas e pesticidas (KLEIN *et al.*, 2007; AIZEN *et al.*, 2009; CUNHA *et al.*, 2014; DICKS *et al.*, 2016, GIANNINI *et al.*, 2020). A intensificação da agricultura tem grande impacto na mudança da paisagem, assim como o manejo dessas áreas (FERREIRA *et al.*, 2013; KENNEDY *et al.*, 2013; NOVAIS *et al.*, 2016).

A preocupação com a insegurança alimentar e o impacto ambiental da produção de alimento cresce mundialmente. Consequentemente, cada vez mais consumidores procuram por alternativas a essa produção convencional (REMBIALKOWSKA, 2007; HIDALGO-BAZ, MARTOS-PARTAL, & GONZÁLEZ-BENITO, 2017; AMBROSANO *et al.*, 2018). A produção orgânica de alimentos, um sistema de produção natural, sustentável e sem o uso de produtos químicos industrializados (como fertilizantes e defensivos agrícolas), é uma das alternativas. Nos últimos anos, houve um aumento de 50% no número de produtores e as áreas destinadas ao cultivo orgânico, considerando o extrativista sustentável, já alcançam quase seis milhões de hectares, movimentando cerca de R\$ 2,5 bi em 2016 (BRASIL, 2016; MELO *et al.*, 2017). A agricultura orgânica pode ser vantajosa para pequenos produtores rurais que cultivam em áreas pequenas (CASTRO NETO *et al.*, 2010; MELO *et al.*, 2017) e o tomate se destaca economicamente entre os vegetais cultivados (AMBROSANO *et al.*,

2018; MACHADO-NETO *et al.*, 2018). Em 2015 a colheita brasileira alcançou uma produção de 4.1 milhões de toneladas (IBGE, 2016; AMBROSANO *et al.*, 2018), com o sudeste responsável por cerca de 50%, e, dentro disso, Minas Gerais produziu quase 20% desta parte (IBGE, 2016; MACHADO-NETO, 2018).

Outra forma de cultivo cada vez mais disseminada é o protegido. Esse tipo de produção é realizado pela proteção física, para o estabelecimento de um ambiente interno favorável ao desenvolvimento das plantas, independentemente das condições ambientais externas, feitas com estruturas de diversos tipos de materiais, que evoluíram com o tempo (FARIA JUNIOR & HORA, 2018). Ele apresenta benefícios como a possibilidade de redução de variações climáticas (FERREIRA *et al.*, 2017) e mais eficiência na condução do controle fitossanitário (BEZERRA, 2003). Também conhecido como casas de vegetação, esse tipo de cultivo pode apresentar problemas no que diz respeito ao controle de pragas e ao estabelecimento de populações de inimigos naturais para o manejo delas (CALIMAN *et al.*, 2005). Além disso, ele pode inviabilizar a atuação de polinizadores devido a efeitos adversos relacionados a temperatura/humidade, iluminação (luz UV e intensidade de luz), orientação (comportamento de voo, direção e capacidade de retorno para a colmeia), alimentação (deficiência de néctar, pólen e nutrientes) e exposição a produtos químicos (KENDALL *et al.*, 2021). Casas de vegetação são cada vez mais usadas na produção agrícola para melhorar a qualidade, o rendimento e a eficiência da produção (KENDALL *et al.*, 2021), como por exemplo na produção de tomates.

O tomateiro, *Solanum lycopersicum* Linnaeus, 1753, é uma planta originária da região andina da América Latina e, atualmente é dos principais produtos no mercado internacional e das principais culturas olerícolas em importância econômica no Brasil (DE OLIVEIRA CAMPOS *et al.*, 2014; FRANCESCHINELLI *et al.*, 2019). Globalmente estima-se que seu rendimento anual seja de \$ 10,8 bilhões de dólares (TRIDGE, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021). Ele possui flores bissexuais e anteras poricidas, que não produz néctar e capaz de se autopolinizar (BARTELLI *et al.*, 2014; TONI *et al.*, 2020). Mesmo assim, a polinização pela agitação das anteras (pelo vento, movimento mecânico ou visitação de insetos) para liberar o pólen de suas anteras poricidas, ainda é necessária para a frutificação completa (TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021).

As flores com anteras poricidas do tomate liberam uma grande quantidade de pólen quando vibradas por abelhas capazes de realizar um comportamento de vibração,

denominado polinização por vibração ou *buzz-pollination* (BUCHMANN & HURLEY, 1978; BARTELLI *et al.*, 2014; FRANCESCHINELLI *et al.*, 2019; KLEIN *et al.*, 2020; TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021). Esse comportamento é específico de certas espécies de abelhas, que ao visitar a flor vibram seus músculos de vôo em alta frequência, liberando o pólen encerrado nas anteras (KLEIN *et al.*, 2020). Algumas famílias de abelhas nativas brasileiras, incluindo Andrenidae, Apidae (com exceção de *Apis*), Colletidae, Halictidae e Megachilidae, são capazes polinizar flores por *buzz-pollination* (BUCHMANN & HURLEY, 1978, HARTER *et al.*, 2002; SILVA-NETO *et al.*, 2018). Dentre elas, a espécie *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, realiza polinização por vibração. Ela possui uma distribuição ampla, estando presente por todo o território brasileiro, além da Argentina e Paraguai (CAMARGO & PEDRO, 2012; BARTELLI *et al.*, 2014). Essa espécie é um polinizador eficiente em diferentes variedades de tomate (BISPO-DOS-SANTOS *et al.*, 2009; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014; BARTELLI *et al.*, 2014; VINÍCIUS-SILVA *et al.*, 2017; SILVA-NETO *et al.*, 2018; TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021; KENDALL *et al.*, 2021). Além disso, abelhas sem ferrão são promissoras para uso como polinizadoras comerciais, já que elas não ferroam, apresentam baixa agressividade, possuem ninhos populosos e perenes, possuem um expressivo comportamento de recrutamento de operárias e armazenam grandes quantidades de alimento (HEARD, 1999; CRUZ & CAMPOS, 2009; BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014).

Consideradas importantes refúgios para espécies da fauna e flora brasileira, Unidades de Conservação (UC) tem o uso restrito, geralmente sem possibilidade de intervenções (NASCIMENTO *et al.*, 2022). Populações de abelhas nativas podem ser protegidas e preservadas por esses locais. Porém seus limites estão intimamente relacionados com a mudança da paisagem (MARTIN *et al.*, 2006). Essas áreas, também conhecidas como zonas de amortecimento (ZA), devem funcionar como filtros, impedindo que atividades antrópicas externas coloquem em risco os ecossistemas naturais dentro de áreas protegidas (VITALLI *et al.*, 2009). Para isso, sempre que possível, a exploração dessas zonas deverá estar relacionada com práticas tradicionais, estilos de vida localmente adaptados e o manejo sustentável dos recursos naturais (IWAMOTO & RODRIGUES, 2011). Promover formas inovadoras de gestão da paisagem, que combinem a produção com a conservação e recuperação dos recursos naturais é urgente e a agricultura sustentável é uma das opções viáveis para isso. Ela procura utilizar, de

forma inteligente, os serviços prestados pelo ecossistema, com destaque para aqueles oferecidos pela polinização (LIMA & ROCHA, 2012). É essencial estimular o desenvolvimento de atividades com esses propósitos em comunidades rurais presentes em ZA e que fazem fronteira com UC. Por isso a agricultura orgânica e o uso de polinizadores nativos para maximizar a produção, aumentar o lucro e consequentemente, conservar o meio ambiente é tão indicada (GIANNINI *et al.*, 2020) e deveria ser implantada em ZA de UC.

A hipótese testada é de que a introdução de polinizador em cultivo protegido é uma metodologia possível e lucrativa para pequenos produtores de tomate orgânico. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a influência da polinização por *M. quadrifasciata* em cultivo protegido de tomate orgânico. Para isso, a produção, a qualidade e a germinação das sementes dos frutos produzidos no cultivo aberto e no protegido serão comparadas. O trabalho visa também disseminar a importância e os benefícios do uso sustentável de polinizadores nativos e manejados na produção agrícola orgânica e da importância de atividades sustentáveis em ZA de UC.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no sítio Demétria (20°02'33" S e 44°01'57" W), na cidade de Ibirité, Minas Gerais. Ele pertence à Associação dos Agricultores Agroecológicos e Biodinâmicos da Serra do Rola Moça (AABD – Rola Moça), fundada em 2014 por agricultores que desenvolvem sua produção com agricultura sustentável e economia solidária. Situado na ZA do PESRM, o sítio também faz divisa com outras propriedades, que produzem olerícolas de modo tradicional e com uso de defensivos agrícolas, mas devido as metodologias de barreira aplicadas, evitam a contaminação cruzada desses produtos. A associação investe em produzir e distribuir alimentos livres de agrotóxicos e possui certificação de produção de orgânicos pela Organic Content Standard (OCS), recebida do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) desde 2018. O clima da região é do tipo Cwa (tropical de altitude) com inverno seco e verão chuvoso e precipitação anual variando de 1.300 a 2.100 mm. A estação chuvosa geralmente vai de novembro a janeiro com os meses mais secos entre junho e agosto. A temperatura média anual varia de 18° a 21° C.

O PESRM localiza-se entre as coordenadas 20°00'26"- 20°08'42" S e 43°96'74"- 44°06'62" W e situa-se em uma zona de transição de Cerrado e Mata Atlântica. Apresenta relevo irregular, altitudes de 900 a 1450 m, que consiste em quatro cordilheiras: Serra da Calçada, Serra do Cachimbo, Serra do Ouro Fino e Serra do Rola-Moça. Ele é habitat natural para espécies ameaçadas de extinção e abriga seis importantes fontes de água que abastecem a cidade de Belo Horizonte. Além disso, é rico em Campo Rupestre, que possui alta diversidade vegetal e animal atribuída ao seu mosaico de ambientes e Campo Ferruginoso, muito raro e encontrado apenas em MG (em Quadrilátero Ferrífero) e Pará (em Carajás).

Os cultivos de tomate e a introdução de ninhos em casa de vegetação

O estudo de polinização foi realizado no período de junho a agosto de 2019, em um cultivo aberto e em um cultivo protegido de tomate, ambos da variedade Santa Cruz Kada (Paulista) da ISLA, cultivados em canteiros no solo, usando o método de estaquia. Os cultivos apresentavam o mesmo tempo de plantio, além de que o uso de insumos agrícolas para a manutenção e produção orgânica das plantas foram realizados de forma similar. Durante todo o período de coleta de dados, os cultivos foram manejados diariamente pela equipe de agricultores da AABD-Rola Moça.

O cultivo aberto era mantido em uma área de aproximadamente 195 m², com quatro canteiros que abrigavam cerca de 280 plantas (Figura 1). Já o cultivo protegido era mantido em casa de vegetação de 3,6 m x 34 m, totalizando uma área de 122,4 m² com dois canteiros e cerca de 150 plantas (Figura 1). A casa de vegetação era totalmente fechada nas laterais com sombrite tela forte especial 70% e coberta com filme plástico para estufa agrícola com resistência aos raios ultravioleta (UV) 105 mesh na parte superior, deixando os tomateiros completamente isolados do meio externo (Figura 1).



Figura 1: Área onde os experimentos foram realizados no sítio Demétria (Ibirité-MG), mostrando em primeiro plano a área do cultivo aberto de tomate e ao lado a casa de vegetação onde os tomateiros foram mantidos.

Para a realização dos experimentos, em junho de 2019, foram introduzidos no sítio Demétria, três ninhos de *M. quadrifasciata*, conforme proposto por Antunes (2005), para a casa de vegetação deste experimento (uma colônia a cada 41 m² ou 50 plantas). Esses com tamanhos populacionais e condição da colmeia similares, acondicionados em caixas de madeira com tamanho aproximado de 40x25x25cm, sustentadas por suportes de eucalipto (Figura 2). Com o intuito de ambientar as abelhas no plantio de tomate, as colônias foram instaladas próximas ao cultivo por 14 dias, antes de serem introduzidas na casa de vegetação (Figura 2). Durante esse período nenhuma intervenção nas colônias foi realizada.



Figura 2: Ninho de *Melipona quadrifasciata* em fase de adaptação, instalado no Sítio Demétria, ao lado do plantio de tomate.

No dia 19 de junho, após o anoitecer e com o intuito de evitar a mortalidade de operárias campeiras (CUYPERS, 1968; BARTELLI *et al.*, 2014) e garantir que todas elas estivessem no ninho, as três colônias de *M. quadrifasciata* foram transferidas para o interior da casa de vegetação (Figura 3A). Foram dispostas de forma uniforme a fim de permitir uma distribuição homogênea das operárias nas flores, quando iniciassem o forrageamento, conforme sugerido por Free (1993). No interior da casa de vegetação, foi disponibilizado, próximo às colônias, alimentadores contendo água (constantemente) e, a cada cinco dias, xarope (mistura de mel de *A. mellifera* água e açúcar na proporção de 1:1:1), ao longo de todo o período de confinamento, uma vez que as flores do tomateiro não produzem néctar (Figura 3B). Dessa forma, as abelhas poderiam coletar livremente esses recursos.



Figura 3: Interior da casa de vegetação. a) Ninho de *M. quadrifasciata*; b) Alimentadores contendo água ou xarope.

Para incentivar o forrageamento das operárias no interior da casa de vegetação, foi realizado um treinamento com um pedaço de madeira de aproximadamente 20 cm de comprimento com gotas de xarope, que foi apresentado às operárias na entrada dos ninhos. Ele era disponibilizado de forma estática até que uma operária saísse da colônia e pousasse sobre ele. Em seguida, a operária era cuidadosamente levada até o alimentador que continha xarope. Esse procedimento, uma técnica de treinamento, foi realizado para que a abelha aprendesse um local de alimentação, o comunicasse a outras operárias e, servisse de estímulo para que saíssem do ninho outras vezes em busca de alimento. Ao retornar para seu ninho original, quase que de forma imediata, outras abelhas iam em direção ao recipiente com xarope e conseqüentemente, exploravam a área procurando outras fontes de alimento e acabam por forragear as plantas floridas.

Os experimentos de polinização

Para avaliar a eficiência de polinização por *M. quadrifasciata*, após o início das atividades de forrageamento das operárias nas flores na casa de vegetação, a produtividade dos cultivos aberto e protegido foi comparada (Figura 4). Botões florais de 160 plantas foram selecionadas de forma arbitrária, levando em consideração o estado de saúde do indivíduo, a disponibilidade de flor na pré-antese e localização do botão floral no ramo.

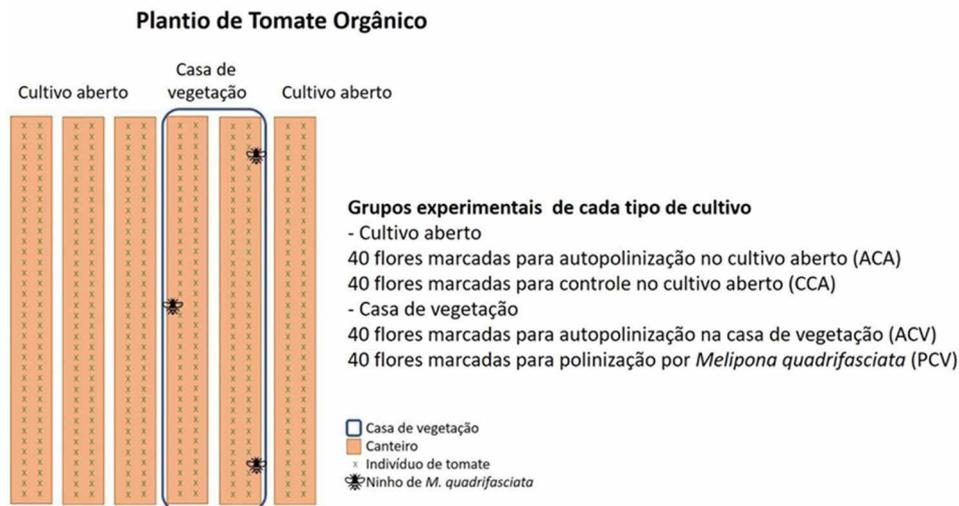


Figura 4: Desenho esquemático do experimento realizado ilustrando as linhas de cultivo, o número de plantas em cada uma delas e a posição da casa de vegetação em relação ao cultivo aberto. O local em que os ninhos de *M. quadrifasciata* foram introduzidos na casa de vegetação também estão marcados.

Como os frutos de tomates diminuem de tamanho e de peso ao longo da produção das safras e idade do cultivo (HILL, 2001), a posição que cada botão floral ocupava no ramo, no momento da marcação, foi levada em consideração. Para efeito de padronização, eram utilizados apenas botões florais a um metro do solo e até o quarto cacho da planta. Cada planta teve apenas um botão floral ou flor marcados em cada cacho, dos ramos selecionados. Para isso, os outros botões/flores daquele cacho eram retirados e descartados, para permitir que o investimento da planta naquele ramo fosse direcionado completamente para o indivíduo marcado (Figura 5).



Figura 5: Manipulação realizada durante a marcação dos botões florais nos experimentos de polinização. A- Cacho de botões florais e flores antes da manipulação. B- Ramo após a redução do número de botões, com a flor restante aberta.

Cada cultivo teve 80 botões florais marcados, divididos igualmente em dois tratamentos diferentes. No cultivo aberto, 40 botões florais foram marcados, denominados como controle no cultivo aberto (CCA), utilizados para representar a polinização de forma natural, com a atuação livre dos polinizadores presentes na área e dos fatores ambientais, como o vento, temperatura e umidade. Além disso, esse cultivo também teve outros 40 botões florais marcados e isolados, utilizando-se sacos de organza com malha (1,5 mm de tamanho de poro), excluindo a presença de visitantes florais, mas permitindo a atuação dos fatores ambientais e a possibilidade de dispersão de grãos de pólen, mesmo que de forma minimizada. Esse tratamento foi denominado autopolinização no cultivo aberto (ACA).

Já na casa de vegetação, onde os três ninhos foram introduzidos, para verificar se a polinização adicional realizada por *M. quadrifasciata* melhora a qualidade do tomate produzido, outros 80 botões florais foram marcados de forma semelhante. Sendo 40 deles ensacados com saco de organza, conforme descrito anteriormente e outros 40 botões florais marcados e não ensacados. Desta forma, após a antese, as flores desse grupo ficaram livre para visitação por *M. quadrifasciata* e sujeito à ação de fatores ambientais, que poderiam influenciar a frutificação, de forma reduzida dentro da casa de vegetação. Os tratamentos foram denominados respectivamente como autopolinização na casa de vegetação (ACV) e polinização na casa de vegetação (PCV) por *M. quadrifasciata*. No dia 30 agosto de 2019, os ninhos de abelhas foram retirados da casa de vegetação devido a finalização do experimento, pois os frutos das flores marcadas já haviam sido formados.

A proporção de frutos produzidos foi calculada como a razão entre o número de frutos formados e o número de flores presentes em ramos de plantas marcadas. Para isso, 11 plantas de cada tipo de cultivo (aberto e protegido) e diferentes das utilizadas nos experimentos anteriores, tiveram o número de flores presentes no cacho de um ramo e número de frutos produzidos nesse mesmo cacho, marcados contabilizados.

Análise dos frutos

Em todos os grupos experimentais, quando a formação de fruto ocorria, seu desenvolvimento era acompanhado semanalmente. Ao chegar próximo da sua maturação

total (fase avermelhada quase completa), o fruto era colhido, armazenados em sacos de papel kraft e etiquetados para análise e mensuração individual no dia posterior a colheita.

Para verificar se havia benefício na utilização de polinizadores manejados no cultivo, a qualidade dos frutos coletados foi avaliada através dos seguintes parâmetros: tamanho (medida do maior diâmetro longitudinal e equatorial), utilizando um paquímetro digital; peso, mediante a utilização de uma balança digital; e número de sementes, contadas de forma direta.

Análise de dados

Para testar o efeito dos tratamentos (ACA, CCA, ACV e PCV) na produtividade dos cultivos aberto e protegido de tomate foi realizada uma análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis, testes posthoc de Dunn (método Bonferroni para ajuste do valor de p), foram aplicados para comparação múltipla e para amostras independentes (ZAR, 2000). Este teste foi utilizado, pois os tratamentos, dentro e fora da casa de vegetação, foram realizados em plantas diferentes, gerando independência na resposta. Além disso, este desenho experimental tem a vantagem de eliminar as possíveis diferenças na produção, resultantes de diferenças individuais nas plantas, fertilidade do solo e possíveis diferenças nos procedimentos agrícolas.

A escolha do teste estatístico se deu devido ao não atendimento de alguns dos pressupostos da one-way ANOVA. Os grupos apresentaram entre eles ausência de distribuição normal, analisados a partir do teste Shapiro, e presença de outliers. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R, versão 4.0.2 (R CORE TEAM, 2020).

RESULTADOS

Foram coletados ao todo 51 frutos, sendo 11 do tratamento autopolinização no cultivo aberto (ACA), 12 no controle no cultivo aberto (CCA), 13 na autopolinização na casa de vegetação (ACV) e 15 na polinização por *M. quadrifasciata* (PCV). O tratamento ACA apresentou o menor número de frutos coletados, enquanto o PCV, teve a maior quantidade de frutos coletados. A proporção de frutos produzidos no cultivo aberto e na casa de vegetação foi respectivamente de 48,48% e 52,70%.

O teste de Kruskal-Wallis mostrou que há diferenças estatísticas entre os grupos com relação ao peso ($X^2_{(3)}=22,592$, $p<0,05$), diâmetro longitudinal ($X^2_{(3)}=20,845$, $p<0,05$), diâmetro equatorial ($X^2_{(3)}=19,911$, $p<0,05$) e número de sementes ($X^2_{(3)}=35,611$, $p<0,05$). Os tomates produzidos na casa de vegetação e polinizados pela abelha introduzida (PCV), não apresentaram diferenças significativas dos tomates produzidos pelo tratamento CCA em nenhum dos parâmetros analisados ($P > 0.05$, Dunn comparison). A Tabela 1 apresenta os valores de p significativos encontrados para os resultados descritos anteriormente.

Tabela 1: Estatística inferencial não paramétrica (Kruskal-Wallis e Teste Dunn's Multiple Comparisons) executada para os parâmetros avaliados nos cultivos de tomate Santa Cruz, com os resultados apenas entre o tratamento PCV (polinização na casa de vegetação por *M. quadrifasciata*) e os outros grupos.

	ACA (n=11)	CCA (n=12)	ACV (n=13)
Peso (g)	0,0000283*	Ns	0,0000404*
DE (mm)	0,0000269*	Ns	0,000173*
DL (mm)	0,000127*	Ns	0,0000678*
Nº sementes	0,0000466*	Ns	0,00000111*

Legenda: ACA: autopolinização no cultivo aberto; CCA: controle no cultivo aberto, ACV: autopolinização na casa de vegetação; * valor de p; ns: valor de p não significativo

Com relação ao peso, os tomates mais pesados foram coletados na casa de vegetação e pertenciam ao tratamento PCV. Esses tomates eram mais pesados do que os tomates submetidos aos tratamentos de autopolinização – ACA e ACV ($P \leq 0.05$, Kruskal-Wallis test; $P \leq 0.05$, Dunn comparison). Os tomates mais leves eram os procedentes do tratamento ACA (Figura 6).

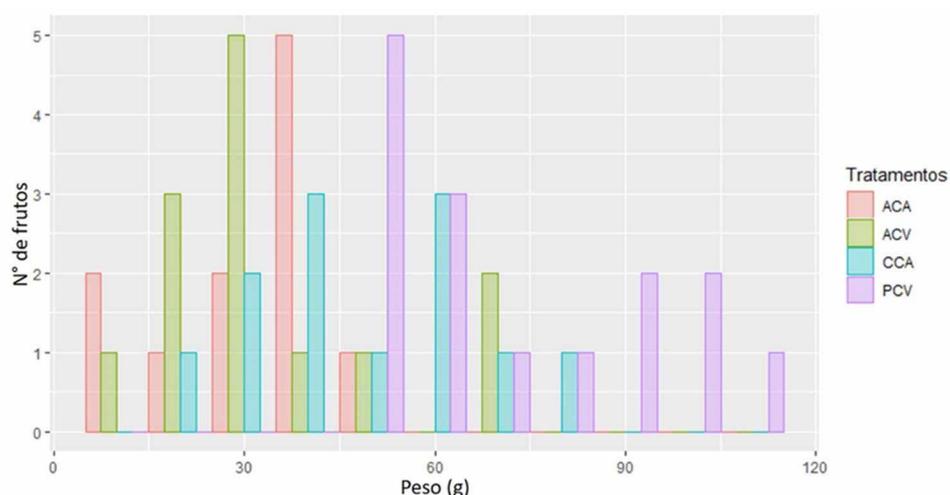


Figura 6: Peso dos frutos resultantes de cada tratamento em cultivo orgânico de tomate. ACA: autopolinização no cultivo aberto; ACV: autopolinização na casa de vegetação; CCA: controle no cultivo aberto; PCV: polinização na casa de vegetação por *M. quadrifasciata*.

Diferenças significativas entre as medidas de circunferência (diâmetro equatorial) também foram encontradas. Assim como o observado para o parâmetro peso, tomates do tratamento PCV eram mais largos do que aqueles produzidos pelos tratamentos ACA e ACV ($P \leq 0.05$, Kruskal-Wallis test; $P \leq 0.05$, Dunn comparison), sendo que os menores tomates foram coletados no tratamento ACV. Como descrito anteriormente, não houve diferença significativa dos frutos coletados e analisados resultantes do tratamento CCA ($P > 0.05$, Dunn comparison) quando comparados com os frutos dos outros tratamentos (Figura 7).

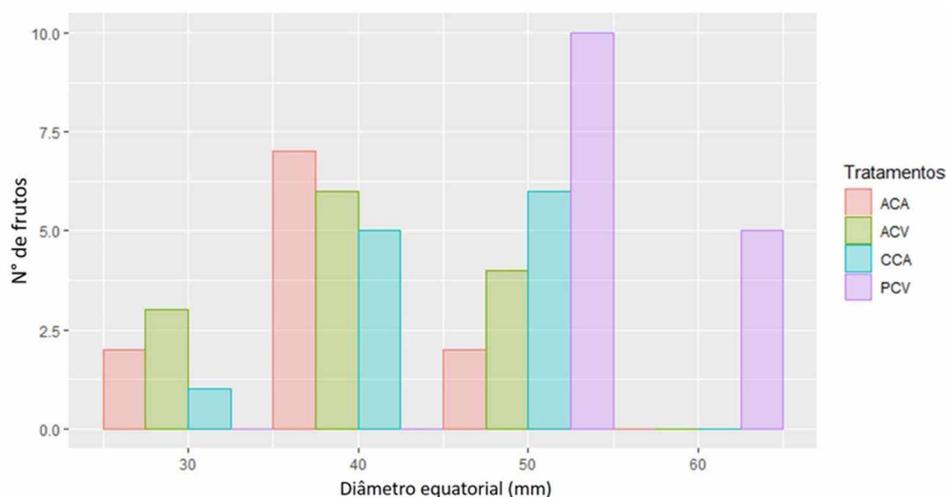


Figura 7: Diâmetro equatorial dos frutos produzidos por grupo de tratamento. ACA: autopolinização no cultivo aberto; CCA: controle no cultivo aberto, ACV: autopolinização na casa de vegetação; PCV: polinização por *M. quadrifasciata* na casa de vegetação.

O mesmo padrão também foi encontrado para o parâmetro altura (maior diâmetro longitudinal). Entretanto, os tomates mais baixos pertenciam ao grupo do tratamento de autopolinização do cultivo aberto (ACA) (Figura 8).

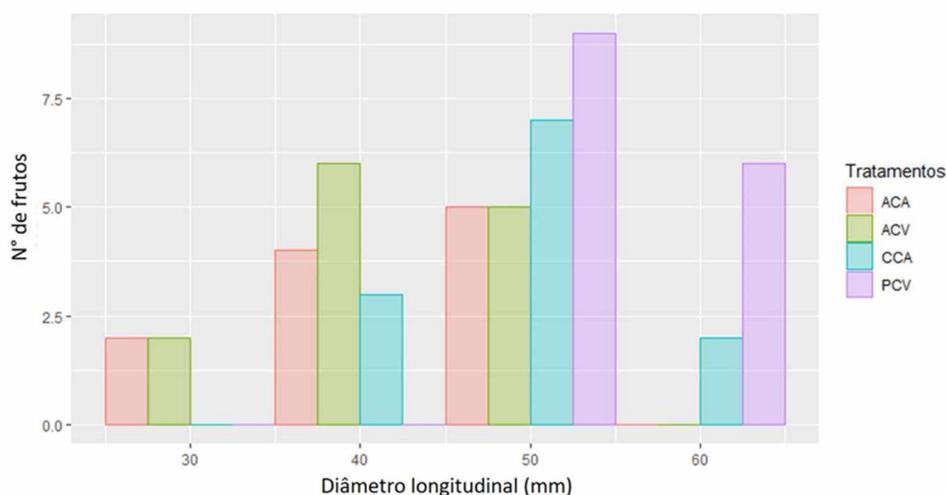


Figura 8: Diâmetro longitudinal dos frutos produzidos por grupo de tratamento. ACA: autopolinização no cultivo aberto; CCA: controle no cultivo aberto, ACV: autopolinização na casa de vegetação; PCV: polinização por *M. quadrifasciata* na casa de vegetação.

No que diz respeito ao número de sementes, esse foi o parâmetro que apresentou o maior número de diferença significativa entre os grupos analisados (Figura 9). O tratamento PCV apresentou os maiores valores e diferiu estatisticamente dos tratamentos de autopolinização ($P \leq 0.05$, Kruskal-Wallis test; $P \leq 0.05$, Dunn comparison). O tratamento CCA também apresentou valores superiores e estatisticamente diferentes dos tratamentos de autopolinização ($P \leq 0.05$, Kruskal-Wallis test; $P \leq 0.05$, Dunn comparison), mas não apresentou diferença para os valores encontrados no tratamento PCV ($P > 0.05$, Dunn comparison). Os tratamentos de autopolinização ACA e ACV não apresentaram diferença significativa entre eles.

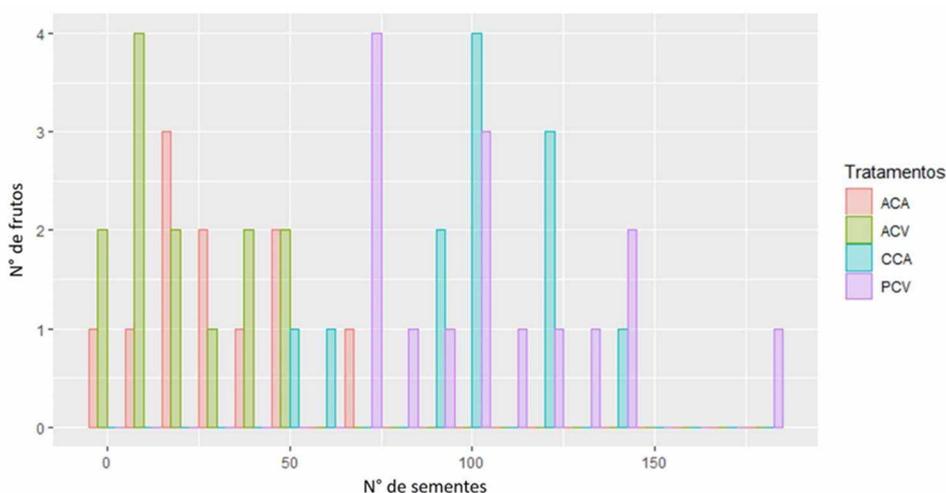


Figura 9: Número de sementes dos frutos produzidos por grupo de tratamento. ACA: autopolinização no cultivo aberto; CCA: controle no cultivo aberto, ACV: autopolinização na casa de vegetação; PCV: polinização por *M. quadrifasciata* na casa de vegetação.

A Tabela 2 apresenta uma descrição estatística dos frutos coletados por grupo experimental, mostrando esses valores. Com relação a polinização por agentes polinizadores bióticos e abióticos, mesmo apresentando valores superiores, os frutos do tratamento PCV não apresentou diferença significativa do CCA.

Tabela 2: Estatística descritiva (medianas e desvios-padrão), executada entre os grupos de tratamentos para os parâmetros avaliados de cultivos de tomate Santa Cruz.

Parâmetros analisados	Cultivo aberto		Casa de vegetação	
	ACA (n=11)	CCA (n=12)	ACV (n=13)	PCV (n=15)
Peso (g) ^{1,2}	36 (±14,5)	45,5 (±27,8)	32 (±17)	64 (±35,5)
DE (mm) ^{1,2}	41,9 (±5,38)	45 (±7)	41,9 (±7,43)	49,3 (±9,35)
DL (mm) ^{1,2}	44,6 (±8,36)	47,4 (±9,67)	43,4 (±11,7)	53,8 (±9,04)
Nº sementes ^{1,2,3,4}	32 (±20)	99 (±27,3)	16 (±27)	102 (±52)

Legenda: ACA: autopolinização no cultivo aberto; CCA: controle no cultivo aberto, ACV: autopolinização na casa de vegetação; PCV: polinização por *Melipona quadrifasciata*; DE: diâmetro equatorial; DL: diâmetro longitudinal; 1: diferença significativa entre ACV e PCV; 2: diferença estatística entre ACA e PCV; 3: diferença significativa entre ACV e CCA; 4: diferença estatística entre ACA e CCA.

DISCUSSÃO

A introdução de *M. quadrifasciata* em cultivo de tomate, orgânico e protegido, trouxe benefícios em relação ao tamanho dos frutos e ao número de sementes, indicando que a introdução de ninhos em casa de vegetação pode aumentar a produtividade dos tomateiros. Resultados semelhantes já foram demonstrados anteriormente em outros estudos que utilizaram abelhas sem ferrão na polinização do tomateiro em cultivo protegido (DEMPSEY & BOYNTON 1965, IMANISHI & HIURA 1975, CAUICH *et al.*, 2004, PALMA *et al.*, 2008, BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009, HIKAWA & MIYANAGA 2009, HOGENDOORN *et al.*, 2010; SILVA-NETO *et al.*, 2018; TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021).

A proporção de ninhos introduzidos para a área da casa de vegetação foi de uma colônia a cada 41 m² ou 50 plantas, aproximadamente. Antunes (2005) apresentou valores semelhantes de área (42,5 m²) ao avaliar que a ação de *Tetragonisca angustula* na produção de morangos foi positiva, causando aumento da produtividade da cultura em ambiente protegido. Alguns trabalhos não obtiveram resultados positivos para o aumento da produtividade com a introdução de colônias e apresentaram dificuldade em manter as colônias dentro da casa de vegetação, Del Sarto *et al.*, 2005 e Bartelli & Nogueira-Ferreira, 2014, que utilizaram uma proporção muito inferior a sugerida aqui, sendo um ninho para cada 429 e 767 plantas e uma colônia a cada 1344 plantas, respectivamente.

No que diz respeito aos parâmetros avaliados nos tomates, o tratamento polinização por abelha na casa de vegetação (PCV), apesar de apresentar valores superiores, não demonstrou diferença significativa em relação ao tratamento controle no cultivo aberto (CCA). Entretanto, devemos enfatizar que em ambos os casos, nos testes realizados dentro e fora da casa de vegetação, existiu a presença de abelhas forrageando nas flores e certamente, elas colaboram para a polinização e a consequente formação de formação de frutos. No cultivo aberto de tomates, foi observada pelo menos 34 espécies diferentes de abelhas (obs. pessoal). A diversidade de abelhas na área, principalmente daquelas que realizam a polinização por vibração, já se comprou benéfica para cultura de tomates, assim como outras (TONI *et al.*, 2020; COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

Cultivos mantidos em ambientes protegidos apresentam benefícios como a possibilidade de redução de variações climáticas (FERREIRA *et al.*, 2017) e maior

eficiência na condução do controle fitossanitário (BEZERRA, 2003). Luz *et al.* (2007) relatam que em cultivo protegido de tomate, o sistema orgânico apresentou-se agronomicamente viável, devido ao custo de produção mais baixo e lucratividade maior, quando comparado com o convencional. Além disso, a utilização de polinizadores naturais e nativos também pode auxiliar nessa redução de custos (TONI *et al.*, 2020)

Os frutos resultantes da polinização por *M. quadrifasciata* foram, respectivamente, 14,35% e 9,89% mais pesados, 5,86% e 4,11% mais largos, 5,15% e 3,28% mais compridos e 7,43% e 1,46% com mais sementes do que os frutos originados por autopolinização (ACV e ACA). SILVA-NETO *et al.* (2018) encontrou resultados semelhantes para o ganho de massa e esses valores estão dentro da faixa constatada pelo levantamento de Toni *et al.* (2020). De forma contrastante, Del Sarto *et al.* (2005) demonstraram que tomates polinizados por abelhas apresentaram 10,8% menos sementes do que os polinizados manualmente. Outros estudos apresentaram ganhos ainda maiores com relação aos parâmetros avaliados nos frutos polinizados por *M. quadrifasciata* (SANTOS *et al.*, 2009; SILVA-NETO *et al.*, 2018), chegando a 47% de aumento no número de sementes (BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014) e de mais de 50% no peso dos frutos (SILVA-NETO *et al.*, 2018). O fato de os frutos resultantes da autopolinização serem inferiores aos frutos formados a partir da livre visitação por abelhas, expressa a importância das abelhas no aumento da qualidade dos frutos. Devemos considerar também que a formação de frutos no grupo controle no ambiente aberto (CCA), deve ter sofrido influência da visitação por abelhas, mas também da ação do vento que sabidamente colabora com o transporte de pólen entre as flores.

Existe uma tendência global que faz com que a produção e o consumo de alimentos orgânicos estejam crescendo de forma rápida. Esse sistema de gestão está ganhando popularidade em muitas partes do mundo (HOBBS *et al.*, 2008). O Brasil, apesar de ainda apresentar produção pouco expressiva, no contexto mundial possui lugar significativo em termos de área de produção orgânica, principalmente frente à América Latina (LOURENÇO *et al.*, 2017). Luz *et al.* (2007) relata que, em cultivo protegido de tomate, o sistema orgânico apresentou-se agronomicamente viável devido ao custo de produção mais baixo e lucratividade maior, quando comparado com o convencional.

Apesar de *Solanum lycopersicum* ser uma planta autofértil (BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014), a atuação de polinizadores, especialmente os que realizam polinização por vibração (*buzz polination*), já mostrou resultados positivos na

produção de tomates em casas de vegetação (HOGENDOORN *et al.*, 2000; MORANDIN *et al.*, 2001; CAUICH *et al.*, 2004; HOGENDOORN *et al.*, 2006; PALMA *et al.*, 2008; BISPO DOS SANTOS *et al.*, 2009; HIKAWA & MIYANAGA, 2009; SILVA NETO *et al.*, 2018; TONI *et al.*, 2020), sendo que, os resultados deste estudo, vem reforçar esse conhecimento científico.

A associação de polinizadores naturais às culturas agrícolas, apesar de antiga, está voltando a ser aplicada com intuito de otimizar a produção e novos métodos. Ela é uma das principais técnicas incentivadas pelo “Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture, through an ecosystem approach” da [Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação](#) – FAO (VALISSIÈRE *et al.*, 2011). O uso de abelhas nativas em casas de vegetação tem apresentado excelentes resultados e se difundido cada vez mais no território brasileiro (CRUZ & CAMPOS, 2009; BARTELLI, 2013; SILVA-NETO *et al.*, 2018). Porém o conhecimento de técnicas de multiplicação e manejo específico das espécies adequadas ainda é incipiente (BARTELLI & NOGUEIRA-FERREIRA, 2014; SILVA-NETO *et al.*, 2018).

Melipona quadrifasciata são dóceis, de fácil manejo, resistentes e tem sido utilizada em experimentos de polinização em ambientes fechados. Entretanto, técnicas de manejo, principalmente relativas à aclimação das colônias em casas de vegetação devem ser mais bem estudadas e compreendidas, pois as operárias apresentam desorientação espacial no voo e muitas não conseguem retornar aos ninhos e morrem (BARTELLI *et al.*, 2014; DEL SARTO *et al.*, 2005). Importante evidenciar que no estudo aqui realizado, apesar de não ter sido medido, houve enfraquecimento das colmeias ao final do experimento e algumas operárias eram observadas mortas no encontro do plástico com a estrutura de suporte. Porém as colmeias continuaram com tamanho aceitável e apresentavam movimentação extensa de operárias nas flores disponíveis. Dois motivos podem ter colaborado com este resultado: o tamanho pequeno da estufa (142 m²) e a ausência de uso de pesticidas, já que se tratava de um manjo orgânico, diferentemente de Bartelli *et al.* (2014), cujo estudo foi desenvolvido em casas de vegetação de mais de 1000m² com manejo convencional.

Outros fatores impedem o amplo atendimento da demanda já existente para o incremento de polinizadores em cultivos agrícolas, com o aluguel e manutenção de colônias nestas áreas. Apesar de já existir pesquisas realizadas nessa linha, ainda não existe amplo conhecimento e domínio de técnicas de divisão e manutenção de ninhos de

abelhas (GIANINNI et al., 2019). Portanto, identificar polinizadores mais adequados e aproveitar suas qualidades pode aumentar consideravelmente o rendimento e a qualidade da cultura (COOLEY & VALLEJO-MARÍN, 2021). Além disso, identificar polinizadores nativos da região pode limitar os riscos associados à introdução de espécies exóticas, como a competição por recursos, cruzamento com espécies nativas e a importação de novas patologias (TONI *et al.*, 2020)

A implantação de técnicas que visem recuperar e preservar os habitats naturais de ocorrência das abelhas também deve ser considerada. A preservação da vegetação e dos processos ecossistêmicos é de suma importância para manutenção da biodiversidade, dos ecossistemas e da produção de alimentos. A procura de soluções que atendam a demanda de produção e consumo da sociedade e as particularidades dos polinizadores resulta em um processo de produção sustentável. É em busca desses processos que devemos caminhar.

CONCLUSÕES

- A partir do que foi apresentado nesse estudo, podemos concluir que abelhas nativas sem ferrão podem ser usadas para melhorar a produtividade de tomates cultivados de forma orgânica em casas de vegetação, devido ao aumentando da qualidade e quantidade de frutos produzidos.
- A abelha *M. quadrifasciata* é um polinizador eficiente para ser usado em casa de vegetação com cultivos orgânicos de tomate, devido ao fato de ser uma espécie dócil, de fácil manejo e realizar a polinização por vibração (*buzz pollination*), o que é importante em plantas da família Solanaceae.
- Buscando um resultado positivo no uso de polinizadores em casas de vegetação, deve-se observar a proporção de ninhos introduzidos por plantas/área. Proporções muito baixas não trazem resultados significativos. Aqui foi encontrada a proporção satisfatória de um ninho de *M. quadrifasciata* para cada 50 plantas ou 43 m².
- A produção de tomates orgânicos em casa de vegetação é vantajosa e lucrativa, devido ao investimento realizado na produção e a qualidade do cultivo.
- Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram com a literatura existente que relata um aumento na qualidade (peso, tamanho e número de sementes) de frutos

polinizados com o incremento de polinizadores naturais, quando comparados com frutos não polinizados por eles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZEN, M. A. et al. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, v. 103, n. 9, p. 1579–1588, 7 abr. 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>

AMBROSANO, E. J. et al. Organic cherry tomato yield and quality as affect by intercropping green manure. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 40, n. 1, p. 36530, 15 maio 2018. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.36530>

ANTUNES, O. T. et al. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 94–99, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100018>

BARTELLI, B. F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Pollination Services Provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, n. 4, p. 510–516, 1 dez. 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.510-516>

BARTELLI, B. F.; SANTOS, A. O. R.; NOGUEIRA-FERREIRA, F. H. Colony performance of *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Meliponina) in a Greenhouse of *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, n. 1, p. 60–67, mar. 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.60-67>

BEZERRA, F. C. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. 2003.

BISPO DOS SANTOS, S. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, v. 8, n. 2, p. 751–757, 2009. <https://doi.org/10.4238/vol8-2kerr015>

BISPO DOS SANTOS, S. A. Polinização em culturas de manjeriço, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2008.

BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P. A Biophysical Model for Buzz Pollination in Angiosperms. *Journal of Theoretical Biology*, v. 72, p. 639–657, nov. 1978. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90277-1](https://doi.org/10.1016/0022-5193(78)90277-1)

CALIMAN, F. R. B. et al. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 2, p. 255–259, maio 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200018>

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. Disponível em: <<http://moure.cria.org.br/catalogue?id=30363>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CAMPOS, M. J. C. et al. Manejo agrícola e conservação de abelhas com potencial para a polinização de tomateiros. Em: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (Eds.). *Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de Manejo*. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 369–399.

CASTRO NETO, N. et al. Produção Orgânica: uma Potencialidade Estratégica para a Agricultura Familiar. *Revista Percurso - NEMO*, v. 2, n. 2, p. 73–95, 2010.

CAUICH, O. et al. Behavior and Pollination Efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, v. 97, n. 2, p. 475–481, 28 out. 2004. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.475>

COOLEY, H.; VALLEJO-MARÍN, M. Buzz-Pollinated Crops: A Global Review and Meta-analysis of the Effects of Supplemental Bee Pollination in Tomato. *Journal of economic entomology*, v. 114, n. 2, p. 505–519, 13 abr. 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab009>

CRUZ, D. DE O.; CAMPOS, L. A. DE O. Polinização por abelhas em Cultivos Protegidos. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 15, n. 1–4, p. 5–10, 2009.

CUNHA, D. A. DA S.; NÓBREGA, M. A. DOS S.; ANTONIALLI JUNIOR, W. F. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas Insect Pollinators in Agricultural Systems. *Cienc. Biol. Agrar. Saúde*, v. 18, n. 4, p. 185–194, 2014.

DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator

of Greenhouse Tomatoes. **Apiculture and Social Insects J. Econ. Entomol**, v. 98, n. 2, p. 260–266, 2005. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.260>

DICKS, L. V. et al. Ten policies for pollinators - What governments can do to safeguard pollination services. *Science*, v. 354, n. 6315, p. 975–976, 25 nov. 2016. <https://doi.org/10.1126/science.aai9226>

FARIA JUNIOR, M. J. DE A.; HORA, R. C. DA. Cultivo Protegido. Em: Hortaliças-fruto. [s.l.] EDUEM, 2018. p. 451–487. <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0016>

FREE, J.B. Insect pollination of crops. **San Diego: Academic**. 1993.

FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. What do we know about the effects of landscape changes on plant-pollinator interaction networks? **Ecological Indicators**, v. 31, p. 35–40, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.025>

FERREIRA, E. R. et al. Benefícios do Cultivo Hidropônico em Ambiente Protegido. *Rev. Conexão Eletrônica*, v. 14, n. 1, p. 485–491, 2017.

FRANCESCHINELLI, E. V. et al. Native bee fauna of tomato crops: A comparison of active sampling and pan trapping methods. *Iheringia - Serie Zoologia*, v. 109, p. e2019030, 9 set. 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019030>

GIANNINI, T. C. et al. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. *Apidologie*, v. 51, n. 3, p. 406–421, 1 jun. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00727-3>

HARTER, B. et al. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: A community study. *Journal of Apicultural Research*, v. 41, n. 1–2, p. 9–16, 2002. <https://doi.org/10.1080/00218839.2002.11101063>

HEARD, T. A. The Role of Stingless Bees in Crop Pollination. *Annu. Rev. Entomol*, v. 44, p. 183–206, 1999. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.183>

HIDALGO-BAZ, M.; MARTOS-PARTAL, M.; GONZÁLEZ-BENITO, Ó. Attitudes vs. purchase behaviors as experienced dissonance: The roles of knowledge and consumer orientations in organic market. *Frontiers in Psychology*, v. 8, n. FEB, p. 1–8, 24 fev. 2017. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00248>

HIKAWA, M.; MIYANAGA, R. Effects of pollination by *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) on tomatoes in protected culture. **Applied Entomology and Zoology**, v. 44, n. 2, p. 301–307, 2009. <https://doi.org/10.1303/aez.2009.301>

HILL, D. E. Grape Tomato Trials. **Bulletin** 978, p. 1–6, mar. 2001.

HOBBS, P. R.; SAYRE, K.; GUPTA, R. The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 543–555, 12 fev. 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>

HOGENDOORN, K. et al. Increased Tomato Yield Through Pollination by Native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae). **J. Econ. Entomol**, v. 99, n. 3, p. 828–833, 2006. <https://doi.org/10.1093/jee/99.3.828>

HOGENDOORN, K.; BARTHOLOMAEUS, F.; KELLER, M. A. Chemical and sensory comparison of tomatoes pollinated by bees and by a pollination wand. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 4, p. 1286–1292, ago. 2010. <https://doi.org/10.1603/EC09393>

HOGENDOORN, K.; STEEN, Z.; SCHWARZ, M. P. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. **Journal of Apicultural Research**, v. 39, n. 1–2, p. 67–74, 2000. <https://doi.org/10.1080/00218839.2000.11101023>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola (v.29). Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2016.

IWAMOTO, P. K.; RODRIGUES, M. G. Uma Proposta de Delimitação da Zona de Amortecimento do Parque Nacional do Itatiaia, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Nordestina de Ecoturismo*, v. 4, n. 2, p. 5–14, 18 mar. 2011.

KENDALL, L. K. et al. The effect of protective covers on pollinator health and pollination service delivery. *Agriculture, Ecosystems and Environment Elsevier B.V.*, 1 out. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107556>

KENNEDY, C. M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecology Letters**, v. 16, n. 5, p. 584–599, maio 2013. <https://doi.org/10.1111/ele.12082>

KLEIN, A.M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 7 fev. 2007. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

KLEIN, A.M. et al. A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil - Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. Freiburg e

Fortaleza: Albert-Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020.

LIMA, M. C.; ROCHA, A. Efeitos dos Agrotóxicos sobre as Abelhas Silvestres no Brasil. 2. ed. Brasília: Ibama, 2012.

LOURENÇO, A. V.; SCHNEIDER, S.; GAZOLLA, M. A Agricultura Orgânica no Brasil: Um Perfil a partir do Censo Agropecuário 2006. **Extensão Rural**, v. 24, n. 1, p. 42–61, jan. 2017. <https://doi.org/10.5902/2318179624514>

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. DA. Comparação dos Sistemas de Produção de Tomate Convencional e Orgânico em Cultivo Protegido. **Original Article Biosci. J**, v. 23, n. 2, p. 7–15, abr. 2007.

MARTÍN, M. J. R.; DE PABLO, C. L.; DE AGAR, P. M. Landscape changes over time: Comparison of land uses, boundaries and mosaics. *Landscape Ecology*, v. 21, p. 1075–1088, out. 2006. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-7245-9>

MELO, A. P. C. DE et al. Solanáceas em sistema orgânico no Brasil: tomate, batata e physalis. *Scientia Agropecuaria*, v. 8, n. 3, p. 279–290, maio 2017. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.11>.

MORANDIN, L. A.; LAVERTY, T. M.; KEVAN, P. G. Effect of bumble bee (Hymenoptera: Apidae) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 1, p. 172–179, 2001. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.1.172>

NASCIMENTO, D. R. et al. **Cerrado: Reserva ecológica do PANGA**. [s.l.] Regência e Arte Editora, 2022. <https://doi.org/10.4322/978-65-86906-15-8>

NETO, A. DA S. M. et al. Costs, viability and risks of organic tomato production in a protected environment. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 49, n. 4, p. 584–591, 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180066>

NOVAIS, S. M. A. et al. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–12, 1 nov. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167292>

OLLERTON, J. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst**, v. 48, p. 353–376, 2017. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>

PALMA, G. et al. Comparative efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and mechanical vibration on fruit production of enclosed habanero pepper. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 1, p. 132–138, fev. 2008. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.132>

PORTO, R. G. et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, v. 12, n. 6, p. 1425–1442, 1 dez. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2014.

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. [s.l: s.n.].

REMBIAŁKOWSKA, E. Quality of plant products from organic agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87, p. 2757–2762, dez. 2007. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3000>

SANTOS, R. S. DA et al. Bee pollination services and the enhancement of fruit yield associated with seed number in self-incompatible tangelos. **Scientia Horticulturae**, v. 276, p. 109743, 27 jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109743>

SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. DA. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. *Natureza on line*, v. 10, n. 3, p. 146–152, 28 set. 2012.

SILVA-NETO, C. DE M. E. et al. The stingless bee mandaçaia (*Melipona quadrifasciata* Lepeletier) increases the quality of greenhouse tomatoes. **Journal of Apicultural Research**, p. 1–8, 19 set. 2018. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1494913>

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. 1. ed. Belo Horizonte: MMA (PROBIO - PNUD) e Fundação Araucária, 2002.

TONI, H. C. et al. Tomato (*Solanum lycopersicum*) pollinators and their effect on fruit set and quality. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, p. 1–13, 2020. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1773937>

TRIDGE. 2020. Tridge: your global sourcing hub. <https://www.tridge.com/products/tomato>.

VAISSIÈRE, B. E.; FREITAS, B. M.; GEMMILL-HERREN, B. **Protocol to Detect and Assess Pollination Deficits in Crops: A Handbook for its Use**. Rome: FAO, 2011.

VINÍCIUS-SILVA, R. et al. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open-field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea*, v. 44, n. 3, p. 349–360, set. 2017. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-07/2017>

VITALLI, P. DE L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. *Ambiente e Sociedade*, v. 12, n. 1, p. 67–82, jun. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000100006>

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 5 ed. Nova Jersey: Prentice-Hall/Pearson. 2010.

Capítulo 2

Can the color of pan traps influence the abundance and diversity of native bees collected in organic tomato crops in Ibirité (Minas Gerais, Brazil)?

Can the color of pan traps influence the abundance and diversity of native bees collected in organic tomato crops in Ibirité (Minas Gerais, Brazil)?

This chapter was prepared for submission to the Neotropical Entomology and the formatting complies with the journal's rules.

ABSTRACT: The economic importance of pollinators is widely recognized. Intensification of agriculture has impacted the environment making understanding local bee populations urgent. This work evaluates the bee population of the area, expands the knowledge regarding bee sampling using pan traps and evaluates how colors of pan traps and tomato flowers are discriminated by bees. It was conducted in Ibirité/MG, Brazil, from June to August 2019 on organic tomato fields. Spectral reflectance of pan traps (blue, yellow, and white) and *S. lycopersicum* flowers (petals and anther cone) was determined using a spectrophotometer. The hexagon model evaluates how colors are discriminated by bees and measurements revealed differences in the reflectance patterns. Pan traps were grouped into three traps, one of each color, randomly arranged. Each group was considered a sampling unit. Traps were checked every 24h and insect samples collected and identified. A total of 6480 h of sampling effort, with an average of 2160 h per month, on 15 days were performed. Comparison among trap colors were made by measures of abundance, richness, similarity, and community assemblage patterns of bees. The effect of color was assessed by GLMM, with site and month coded as random effects. We sampled 185 bees 30 species from 20 genera. Bee abundance, specie richness, accumulation curves differed among trap colors. Species composition was greatest among yellow and blue traps, whereas the most dissimilar species composition was from white traps. Halictinae was more attracted to yellow traps and Apinae bees prefer yellow and blue traps. We confirm that a consortium of different colored pan traps should be used, and the three most common colors use are efficient especially on the crop chosen because tomato flowers and trap color are chromatically different for bees.

Key words: bee, pan trap, spectral reflectance, hexagon model

INTRODUCTION

It is estimated that 98-99% of tropical plants are pollinated by animals (Bawa 1990; Prado et al. 2017) and similarly most agricultural plants, utilized in the production of food, also depend on animal pollination (Cunha et al. 2014). The economic importance of pollinators has been widely recognized in modern agriculture (Cunha et al. 2014). Many works have been developed around the world (Morse and Calderone 2000; Williams 2002; Klein et al. 2007; Allsopp et al. 2008; Garibaldi et al. 2016) and in Brazil (Malerbo-Souza et al. 2003; Ferraro et al. 2006; Vilhena and Augusto 2007; Gamito and Melerbo-Souza 2006; Santos 2010; Malerbo-Souza and Halak 2012; Nascimento et al. 2012; Bartelli and Nogueira-Ferreira 2014). Bees are considered the most important pollinators for wild flowering plants and many economically important crops (Silva and Paz 2012; Acharya et al. 2021), in tropical and subtropical regions (Koethe et al. 2018) providing a critical ecosystem service upon which many angiosperms rely for successful reproduction (Prado et al. 2017).

However, in recent years, the intensification of agriculture has negatively impacted the environment and subsequently decreased bee populations (le Féon et al. 2010; Vanbergen and Insect Pollinators Initiative 2013; Acharya et al. 2021). Available data suggests that wild pollinator worldwide is declining (Ghazoul 2005; Lebuhn et al. 2013; Dicks et al. 2016; Prado et al. 2017; Sircom et al. 2018; Franceschinelli et al. 2019; Acharya et al. 2021), but status of many species in tropics remain virtually unknown (Ghazoul 2005; Lebuhn et al. 2013; Prado et al. 2017). This reality has made monitoring pollinators, especially bees, increasingly important (Sircom et al. 2018; Acharya et al. 2021).

With the decline of bee population worldwide and growing interest in pollinator conservation, due to its importance, a need to understand local bee populations has emerged rapidly. Pan Traps has become an attractive alternative to traditional bee sampling because is an effective, cost-effective, requires fewer person-hours, is not dependent on trained collectors, and relatively unbiased method of assessing the abundance and diversity of native bees (Campbell and Hanula 2007; Westphal et al. 2008; Wilson et al. 2008; Gonçalves and Oliveira 2013; Sircom et al. 2018; Franceschinelli et

al. 2019; Acharya et al. 2021). Pan traps consist of a compartment (plate, bowls) partially filled with liquid, usually soapy water, that decreased the surface tension of the water and consequently capture its visitors by drowning (Sircom et al. 2018). They are increasingly used to monitor bee communities because it is simple to use and allow extensive and long-term sampling that would otherwise be impossible using most common sampling methods (Sircom et al. 2018). They are effective in all geographical regions, agriculture lands, and semi natural habitats, and measurements of abundance, species richness and diversity collected may be influenced by the color being used and the type of ecosystem in which the sampling occurred (Acharya et al. 2021).

Most studies often use pan traps in white, yellow, and blue, as suggested by Lebuhn et al. (2013), but empirical evidence to support the importance of using a mix trap color is scattered and it is vital to understand how trap colors influence population and activity estimates (Sircom et al. 2018). Bees have a trichromatic visual system with a remarkable degree of similarity in color perception, based on photoreceptors sensitive to ultraviolet, blue, and green (Briscoe and Chittka 2001; Dyer et al. 2011; Dyer et al. 2016; Shrestha et al. 2019; Howard et al. 2021).

Therefore, with our results, we aim to understand about the bee population of the area as the main goal is to expand the knowledge regarding bee sampling using pan traps in open organic tomato crops evaluating how the colors of the pan traps and *S. lycopersicum* flower are discriminated by the bees.

MATERIALS AND METHODS

Site Description

This study was conducted during June, July, and August of 2019 on tomato fields sustained by the Associação de Agricultores Agroecológicos e Biodinâmicos da Serra do Rola Moça - AABD Rola Moça (20°02'33" S 44°01'57" W), in Ibirité, Minas Gerais, Brazil (Figure 1). The region's climate is tropical of altitude, with dry winter and rainy summer and annual rainfall ranging from 1,300-2,100 mm (IEF 2018). The rainy season usually corresponds to November to January and the driest months are June to August. The average annual temperature varies from 18° to 21° C.



Figure 1: Location map of Associação de Agricultores Agroecológicos e Biodinâmicos da Serra do Rola Moça – (AABD Rola Moça), in Ibirité, Minas Gerais, Brazil (Google Earth, 2021).

Study Site: History and Preparation

The AABD – Rola Moça was founded in 2014 by farmers working with agroecology and solidarity economy, developing its vegetable production on the border of the Rola-Moça State Park (RMSP). They invest in technical and human training to ensure the mission of promoting, producing, and distributing food free of pesticides, applying biodynamic agricultural acknowledgement as described by Patel (2021). The association produces diverse crops of medicinal herbs and spices, leaves for stir-fries and salads, fruits, vegetables, flowers, tubercles, and bulbs in an area of three hectares on the buffer zoner of the RMSP.

Consider a Natural Patrimony, RMSP is one of the most important green areas of MG and the third largest park in urban area of Brazil with 4,006 ha (IEF, 2018). Situated in a transition zone of Cerrado and Atlantic Forest, it is a natural habitat for endangered species and houses six important water sources that supply Belo Horizonte city. The Park belongs to the Espinhaço Range, represented by five massifs, separated from each other by areas located at altitudes below 800 m, known as “Médio Espinhaço”, “Serra do Cabral”, “Norte de Minas”, “Chapada Diamantina” and “Quadrilátero Ferrífero” (Azevedo et al. 2008). Among them, the "Quadrilátero Ferrífero", located at the southern

end of the chain, differs from the others because of the “canga” (armored and nodular ferruginous concretions), where its high-altitude vegetation has developed instead of the sand on the quartzite outcrops (Rizzini, 1976 and 1979 *apud* Azevedo 2008). The RMSP belongs to the "Quadrilátero Ferrífero" massifs of the Espinhaço Range, and for this reason we considered that of the four species listed for this range (*Psaenythia* sp.1, *Exomalopsis fernandoi*, *Melitoma segmentaria* e *Habralictus* sp.1) and not present in previously studies, only *Exomalopsis fernandoi* could be considered a new register for the area. It was listed for the “Chapada Diamantina” massifs, located on the northern end of the chain.

Pan Traps and Sampling

Over the course of the study, a total of 6480 h of sampling effort, with an average of 2160 h per month, on 15 days were performed. Pan traps were placed in the field forming a trapeze with three sides of 10 m (between groups of three traps), and one side of six meters (with one group of three traps), adapted from Moreira et al. (2016) (Figure 2a). Each trap was placed on a support of galvanized wire (10 mm) wrapped around the bowl which suspended it ~5 cm from the floor, making it always visible in the crops line, and preventing it from toppling and being attacked by ants (Figure 2b). Traps groups consisted of three traps, one of each color (blue, yellow, and white), randomly arranged. They were established at the tomato crops according to available space, allowing it to be arranged differently, consequently, to standardize the analyses, each set of three traps was considered as a sampling unit. To optimize the sampling, pan traps were arranged with as many sampling units as possible on the two tomato crops available.

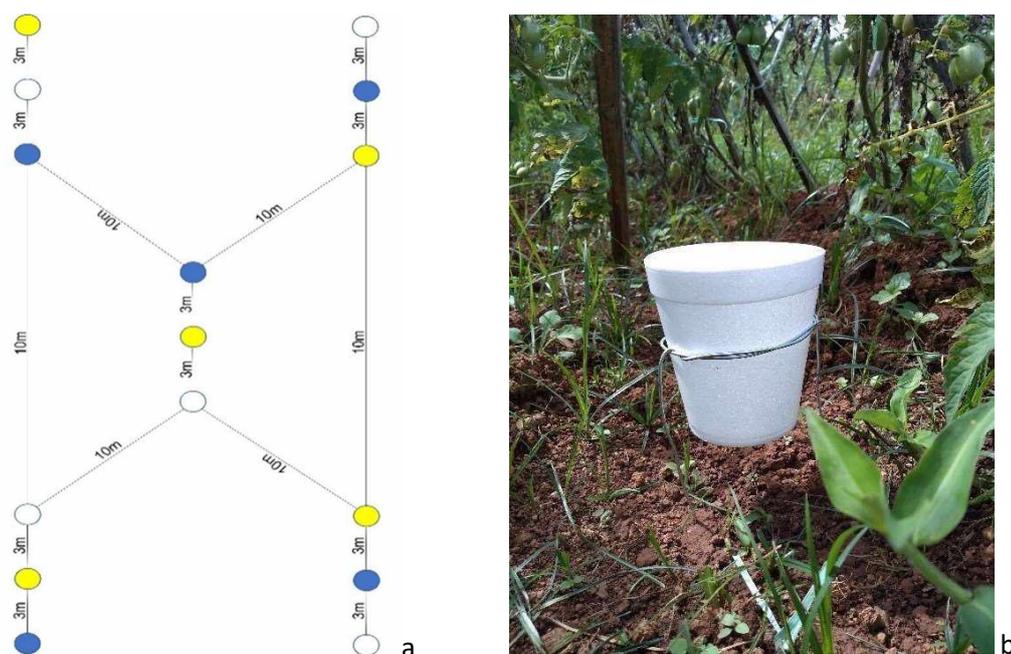


Figure 2: Pan traps. (a) design with the sampling unit consisted of three different color pan traps (blue, yellow, and white), randomly organized, distant three meters from each other, and (b) with the galvanized wire wrapped around the bowl to suspension and protection on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil), in 2019.

Pan traps consisted of 500 mL polystyrene bowls, in which blue (color: blue; Colorgin luminosa), and yellow (color: yellow; Colorgin luminosa) were painted on the inside while white bowls were left unpainted. For each sampling event, two-thirds of each bowl were filled with soapy water, prepared with a few drops of unscented liquid dishwashing detergent mixed in two liters of tap water. Traps were checked 24h after the settlement and insect samples were collected with a strainer, drained, stored in identified plastic bags, and frozen until identification.

Subsequently, the bees were mounted on entomological pins, labeled, and dried at 40°C for at least 24h. The identification of bees was performed with the highest taxonomic resolution possible, following the classification proposed by Silveira et al. (2002) and based on comparisons with the material deposited in the Entomological Collection of the Taxonomic Collections of Federal University of Minas Gerais (UFMG). Vouchers specimens were deposited in the Entomological Collection of Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas Universidade Federal de Uberlândia (LECA-UFU).

Spectral reflectance of pan traps and tomato floral structures

The spectral reflectance of the pan traps (blue, yellow, and white) and *S. lycopersicum* flowers (petals and anther cone) was determined using a spectrophotometer (USB2000+UV-VIS-ES, Ocean Optics) radiometrically calibrated between 250 and 750 nm with a deuterium/tungsten light (DH-2000- BAL, Ocean Optics). The reflected-light capture was determined using a bifurcated optical fibre probe (R400-7-UV-VIS, Ocean Optics) connected to a pulsed xenon light source (PX-2, 220 Hz, 220–750 nm, Ocean Optics) and a spectrophotometer. We mounted the optical fibre light sensor on opaque black support (RPH-1, Ocean Optics), standardizing the angle (45°) and the distance (0.5 cm) between the light and the sample to be measured.

Spectrophotometric measurements revealed differences in the reflectance pattern of petals and anther cone of *Solanum lycopersicum* flowers (Figure 3A). Two peaks of reflectance were measured in petals: one in the UV region of the spectrum (350 – 400 nm) and the other in the green-red region (500 – 650 nm, peak at ~525 nm). The anther cone, however, has one peak of reflectance in the green-red region of the spectrum (500–650 nm). According to the color hexagon model, both floral structures differ chromatically for bee eyes ($\Delta S = 0.1$) (Figure 3B).

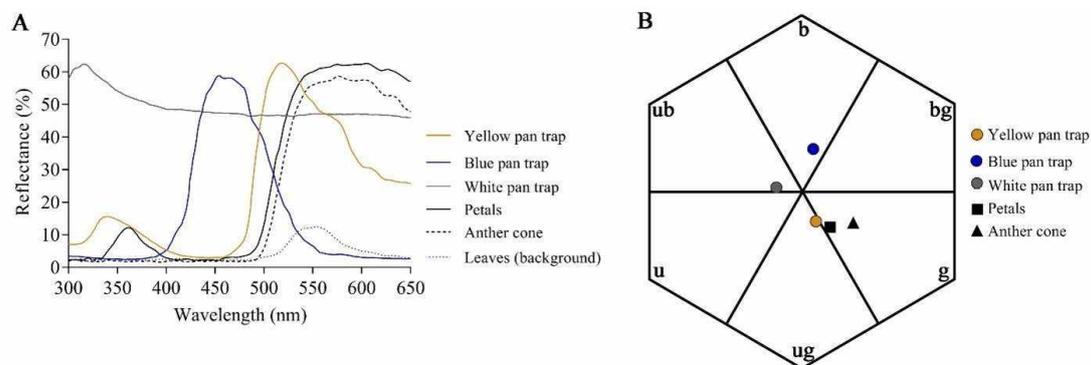


Figure 3. Spectral reflectance and perceptual distances of the floral structures of *S. lycopersicum* and pan traps. A) mean relative reflectance spectra of the *S. lycopersicum* flowers (black lines) and pan traps (color lines). Black bold line = petals; large black bold line = anther cone, short black bold line = leaves; gray line = white pan trap; blue line = blue pan trap; yellow line = yellow pan trap. B) color loci of floral structures of *S. lycopersicum* and pan traps in the hexagon model for trichromatic hymenopterans. Yellow circle: yellow pan trap; blue circle = blue pan trap; gray circle = white pan trap; black square = petals, black triangle = anther cone. The center of the figure represents the reflectance of the foliage, used as a common background to the floral structures. The distance between dots indicates how similar the colors appear to the bees.

The hexagon model was used to evaluate how the colors of the pan traps and *S. lycopersicum* flower are discriminated by the bees (Figure 3B), based on the spectral absorption curves of the hymenopteran photoreceptors (Peitsch et al., 1992; Chittka and Menzel 1992). Each color locus indicates the angular position and perceptual distance of the pan traps and the floral structures from the center of the hexagon, representing the background's reflectance (tomato leaves). The corners of the hexagon represent the colors

of the bee trichromatic vision (UV, blue and green) and their combinations (UV-blue, UV-green, and blue-green). The greater the perceptual distance (ΔS) from the center, the more the color of the visual structure contrasts with the background (Figure 3B). Likewise, the greater the ΔS between two colors in the hexagon, the greater the contrast between them.

Reflectance measurements of the white pan trap revealed a broad spectrum in all regions of the light spectrum (300 – 650 nm) (Figure 6A). The blue pan trap only has reflectance in the blue region (400 – 500 nm) (Figure 5A). Yellow pan trap has three peaks of reflectance that correspond the UV, green and red regions (Figure 3A). According to color hexagon model, the white, blue and yellow pan traps differ chromatically for the petal and anther cone of *S. lycopersicum* flowers (respectively, $\Delta S \geq 1.6$ and $\Delta S \geq 2.6$) (Figure 3B).

Data Analyses

Comparison among trap colors were made by measures of abundance, richness, similarity, and community assemblage patterns of bees. To identify significant differences on the overall effect of trap color on bee abundance an analysis of variance (ANOVA) with a post hoc Tukey test was conducted. When data did not assume anything about the underlying distribution, the nonparametric Kruskal-Wallis test with a post hoc Dunn test (with Bonferroni adjustment) was conducted to identify significant differences.

Data were summed within each of the 15 sampling days for each trap color. Because of the preponderance of low values, abundances in the original data set were square-root transformed prior to analysis to addressing the right-skewness. Species richness was compared by developing sample based and individual-based rarefaction curves which allows for direct comparison of expected species richness among treatments at a standardized number of samples or individuals collected. Based on the number of rare species, the Chao1-richness estimator was used to plot extrapolated species accumulation curves. To characterize the extent of species similarity among each pairwise combination of traps colors, incidence-based (Sorensen Classic) and abundance-based (Chao-Sorensen raw abundance-based) similarity measures were calculated. In addition, the number of unique species found in each trap color was also reported.

To examine the effect of color on the taxonomic group of bees captured, a generalized linear mixed effects model (GLMM), with “lme4” (Bates et al. 2015) and “multcomp” (Hothorn et al. 2008) packages, was assessed. Site and month were coded as random effects and Poisson error distribution used. Significance was assessed using a Likelihood Ratio Test comparing the full model with models omitting the variable of interest. Due to the sample size that made reliable statistical tests unfeasible to examine trap color preference among families and species, for the most expressive ones were assessed a chi-square test for giving probabilities was assessed to check that preference.

All statistical analyses were performed using EstimateS v9.1.0 (Colwell 2019), PAST 4.03 (Hammer et al. 2001) and R software version 4.0.2 (R Core Team 2020)

RESULTS

Abundance and Diversity

The pan traps sampled 185 bees, performing a total of 30 species from 20 genera. Four families collected were identified at least to genus level (Table 1). *Habralictus sp.1* was the most abundant genus (39.1%), followed by *Melitoma segmentaria* (22.7%), *Apis mellifera* (8.1%), *Paratrigona subnuda* (4.3%), and *Psaenythia sp.1* (3.2%). Bee abundance (Table 2) differed among trap colors ($F_{2,42}=8.01$; $p = 0.001$). Blue traps captured the greatest number of bees ($n=80$), followed by yellow ($n=74$) and white ($n=31$) traps (Figure 4, Table 2). Blue and yellow traps show no significant difference between the number of bees captured ($p = 0.9958$) but were significantly different from white ones ($p = 0.0031$ and $p = 0.0039$, respectively). Differently, observed and extrapolated (Chao1) species richness was highest in yellow traps, followed by blue and white traps, respectively (Table 2). Rarefaction curves revealed different accumulation curves ($F_{2,42}=24.3$; $p < 0.05$) in species accumulation, showing no significant difference between blue and yellow curves but were significantly different from white one (Figure 5A). Conversely, significant difference in species accumulation ($X^2_{(2)}=60.75$; $p<0.05$) could be detected among all trap colors using individual-based rarefaction (Figure 5B).

Table 1: Bee species diversity (family, genus, and species) collected using different color pan traps (blue, yellow, and white) on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil) in 2019.

Diversity of Bees			Pan Trap Color			
Family	Genus	Species	Blue	Yellow	White	Total
Andrenidae	<i>Psaenythia</i>	<i>Psaenythia</i> sp.1	1	5	0	6
Apidae	<i>Aparatrigona</i>	<i>Aparatrigona</i> sp.1	1	0	0	1
	<i>Apis</i>	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	1	14	0	15
	<i>Ceratina (Crewella)</i>	<i>Ceratina</i> sp.1	1	1	0	2
	<i>Ceratina (Crewella)</i>	<i>Ceratina</i> sp.2	2	0	0	2
	<i>Ceratina (Crewella)</i>	<i>Ceratina</i> sp.3	1	0	0	1
	<i>Exomalopsis</i>	<i>Exomalopsis analis</i> Spinola, 1853	0	4	1	5
	<i>Exomalopsis</i>	<i>Exomalopsis auropilosa</i> Spinola, 1853	0	1	0	1
	<i>Exomalopsis</i>	<i>Exomalopsis fernandoi</i> Moure, 1990	0	1	0	1
	<i>Exomalopsis</i>	<i>Exomalopsis iridipennis</i> Smith, 1879	0	1	0	1
	<i>Leurotrigona</i>	<i>Leurotrigona</i> sp.1	0	1	0	1
	<i>Melitoma</i>	<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	42	0	0	42
	<i>Paratrigona</i>	<i>Paratrigona subnuda</i> Moure, 1947	3	4	1	8
	<i>Ptilothrix</i>	<i>Ptilothrix</i> sp.1	0	1	0	1
	<i>Ptilothrix</i>	<i>Ptilothrix</i> sp.2	1	0	0	1
	<i>Thygater</i>	<i>Thygater analis</i> Lepeletier, 1841	1	1	1	3
Colletidae	<i>Hylaeus (Hylaeopsis)</i>	<i>Hylaeus</i> sp.1	0	0	1	1
	<i>Lonchopria</i>	<i>Lonchopria</i> sp.1	0	1	0	1
	<i>Paracolletinae</i>	<i>Paracolletinae</i> sp.1	1	0	0	1
	<i>Sarocolletes</i>	<i>Sarocolletes</i> sp.1	0	1	0	1
Halictidae	<i>Augochlorella</i>	<i>Augochlorella</i> sp.1	0	1	1	2
	<i>Augochlorella</i>	<i>Augochlorella</i> sp.2	0	1	0	1
	<i>Augochloropsis</i>	<i>Augochloropsis</i> sp.1	0	1	0	1
	<i>Habralictus</i>	<i>Habralictus</i> sp.1	17	30	25	72
	<i>Paroxystoglossa</i>	<i>Paroxystoglossa</i> sp.2	3	0	0	3

<i>Paroxystoglossa</i>	<i>Paroxystoglossa</i> sp.3	2	1	0	3		
<i>Paroxystoglossa</i>	<i>Paroxystoglossa</i> sp.4	3	2	0	5		
<i>Pseudagapostemon</i>	<i>Pseudagapostemon</i> sp.1	0	1	0	1		
<i>Ptilocleptis</i>	<i>Ptilocleptis</i> sp.1	0	1	0	1		
<i>Ptilocleptis</i>	<i>Ptilocleptis</i> sp.2	0	0	1	1		
TOTAL		20	30	80	74	31	185

Table 2: A comparison of bee diversity measures among three colors of pan traps (blue, yellow, and white) deployed on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil) in 2019.

	Pan Trap Color		
	Blue	Yellow	White
Abundance	80	74	31
Richness (observed)	15	20	7
Richness (extrapolated; Chao1) ¹	40	110	22
Number of unique specimens	8	11	2
Similarity Indices ²	Blue	1	
	Yellow	0.46 (0.5)	1
	White	0.3 (0.4)	0.36 (0.7)

¹ Rounded to nearest whole number. ² Sorensen classic and Chao-Sorensen raw abundance-based (in parentheses) similarity indices

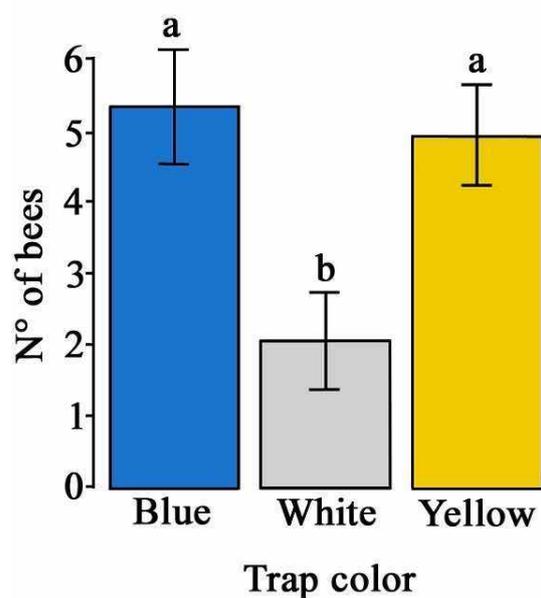


Figure 5: Number of bees capture (\pm SE) among three pan trap colors (blue, yellow, and white) during the sampling on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil) in 2019. Different letters between parentheses indicate significant differences among trap colors.

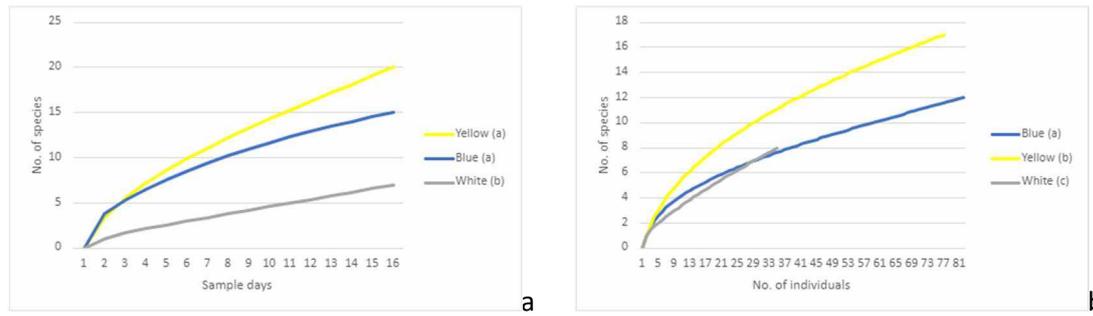


Figure 5: Rarefaction curve showing accumulation of the number of species in relation of the number of samples (a) and number of individuals (b) collected in three colors of trap (blue, yellow, and white) on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil) in 2019. Different letters between parenthesis in the caption indicate significant differences among trap colors

Yellow traps had the highest number of unique species ($n=11$) followed by blue ($n=8$), and white ($n=2$) traps, respectively (Table 2). Species composition based on pairwise comparisons was greatest among yellow and blue traps, whereas the most dissimilar species composition was from white traps when compared to other trap colors (Table 2).

Besides trap color ($\chi^2=257$, $df=2$, $p<0.001$) and taxonomic group ($\chi^2=181$, $df=3$, $p<0.001$) had a significant effect on the number of bees collected individually, there was also an interaction between these two variables ($\chi^2_{\text{color*subfamily}}=43.2$, $df=6$, $p<0.001$) (Figure 6). Halictinae was more attracted to yellow than blue and white traps ($p<0.001$ to both). The number of Halictinae that are attracted to blue and white traps are similar ($p=0.668$). On the other hand, the number of Apinae bees found in yellow and blue trap is similar ($p>0.05$) and higher than white traps (both $p<0.001$) (Figure 6).

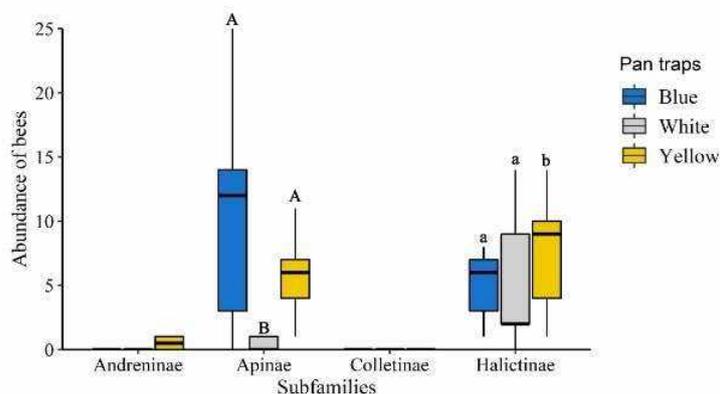


Figure 6: Boxplot of bee abundance, standardized to 15 trap-days, collected in three colors of trap (blue, yellow, and white) with (a) bee abundance by subfamily and (b) bee abundance by trap color, on an agroecosystem tomato crop of AABD Rola Moça (Ibirité, MG, Brazil) in 2019

Most species were represented by few individuals, with 60% ($n=18$) of them by singletons or doubletons, making reliable statistical tests unfeasible. Among subfamilies and species that were possible to investigate, Halictinae was the most captured one

(n=90), and although this subfamily was most attracted to yellow traps, any of its species specifically show a trap color preference ($X^2=3.2667$, $df=2$, $p>0.05$). Within this subfamily, the genus *Habralictus* was the most expressive one (n=72) and had almost 42% of its exemplars captured in yellow pan traps but no preference for any trap color could be inferred ($X^2=3.5833$, $df=2$, $p>0.05$). Concerning the Apinae subfamily, the second most representative one (n=85), it was possible to detect a preference among trap colors ($X^2=44.141$, $df=2$, $p<0.05$) with great part of its individuals (62%) being collected by blue pan traps.

DISCUSSION

Several bee surveys using pan traps have been conducted in North America, Europe, and Australia, but only few have been done in tropical regions (Prado et al. 2017; Viana and Lourenço 2020). Among the Brazilian surveys, only recently pan traps have been used in inventories (Krug and Alves-dos-Santos 2008, de Souza et al. 2008; Gonçalves and Ferreira Brandão 2008). Our surveys using pan-traps to sample bees in AABD – Rola Moça indicate a low abundance (185 individuals) and richness (30 species) of bees when compared to a study previously conducted in RMSP which registered 115 (Azevedo et al. 2008) and 101 species (Martins et al. 2012). But when compared with Silva-Neto et al. (2017), who also identified pollinator richness of tomato flowers, the richness of species was almost equivalent with the one of this work. Although the knowledge available about the region's bee fauna is incipient, our study reported 26% - 29% of the number of species documented on these studies. Contrasting the sampling methodology used here, these works used intensive sampling efforts with entomological nets and survey obtained from previously published works (Azevedo et al. 2008; Martins et al. 2012), and with observations of two collectors (Silva-Neto et al. 2017).

Most of the bees sampled belong to Halictidae family (48.6%) which is like others reporting in Brazil (Krug and Alves-dos-Santos 2008; de Souza et al. 2008; Cruz and Freitas 2013; Gonçalves and Oliveira 2013), India (Basu et al. 2016); United States (Campbell and Hanula 2007; Wilson et al. 2008; Droege et al. 2010; Adhikari et al. 2019; Acharya et al. 2021), Europa (Westphal et al. 2008). Among bees, Halictinae is one of the commonest groups, overcoming other bees in many areas (Michener 2007; Gonçalves and Oliveira 2013), indicating that the group is easily attracted and sampled (Gonçalves

and Oliveira 2013). Bees from Apidae family were the second most abundant ones (45.9%), as reported for Brazil (Krug and Alves-dos-Santos 2008; Cruz and Freitas 2013; Gonçalves and Oliveira 2013), and other localities (Westphal et al. 2008; Adhikari et al. 2019). The Apidae family is among the richest in the Brazilian fauna (Silveira et al. 2002). These two families, Halictidae and Apidae, were reported also as the most common ones in other Brazilian studies (Gonçalves and Ferreira Brandão 2008; Abrahamczyk et al. 2010; Moreira et al. 2016; Andrade et al. 2021). Although the species list reported on other studies for adjacent area was greater than this, some divergences were found. Of the 30 species listed here, there was no report in previous study of eight specimens, identified at least to genus level (*Aparatrigona* sp.1, *Exomalopsis iridipennis*, *Ptilothrix* sp.1, *Ptilothrix* sp.2, *Lonchopria* sp.1, *Sarocolletes* sp.1, *Ptilocleptis* sp.1, and *Ptilocleptis* sp.2), and four were listed to the Espinhaço Ridge, but not for the RMSP area (*Psaenythia* sp.1, *Exomalopsis fernandoi*, *Melitoma segmentaria*, and *Habralictus* sp.1).

Regarding studies from the Espinhaço Ridge, especially the "Quadrilátero Ferrífero", the divergence on species listed may be because of the area, timing, and collection method. Martins et al. (2012) only surveyed natural areas (including the RMSP where they sampled 101 species) and although the area of this study was a buffer zone of heterogeneous agroecosystem, it also borders anthropized areas of small rural properties. This border area practices conventional agriculture using pesticides, lacking a diverse flowering plant, stay near to an urban area and with habitat loss. Those parameters, together with climate change, the introduction of invasive plants and disease are some of the causes of this decline of pollinators. Related to timing, our study was performed during the winter of 2019 (June, July, and August) whereas other studies were performed throughout years, between October 2004 and May 2006 for Azevedo et al. (2008) and January 2010 to January 2011 for Martins et al. (2012). Another relevant point was the collection method used for the survey. The current study used only pan traps while previous studies used information available in literature and in scientific collections in addition to transects and entomological nets. Such differences could be the reason we documented fewer bee species in comparison with these studies.

Our results showed that traps of different colors increase the richness of bee samples in the areas. This result is evident when we evaluate the distribution of bee subfamilies in traps of different colors. Although the number of bees was the same in the blue and yellow traps, bees from different subfamilies showed different color preferences.

The bee subfamilies more sample in this study were Halictinae and Apinae. Halictinae bees were more collected in yellow traps and Apinae bees, on the other hand, were frequently collected in both yellow and blue pan traps. A great part of Apinae bees' sample here are solitary, however, studies showed that eusocial bees of this subfamily were described to prefer blue color flowers, like bumblebees, honeybees and some stingless bees (Raine et al. 2006; Raine and Chittka 2007; Giurfa et al. 1995; Koethe et al. 2018; Koethe et al. 2020).

Studies in honeybees show that the chromaticity of structures is perceived as distinct for bees when $\Delta S \geq 0.11$ (Dyer et al. 2012). When $\Delta S > 0.04$ and < 0.1 , stimuli are hardly discriminated. Visual stimuli with $\Delta S \leq 0.04$ are indistinguishable (Dyer et al. 2012). Although tomato flowers and yellow traps appear yellow to human eyes, the percentage distance calculated on the color hexagon showed that these structures are chromatically different for bees ($\Delta S \geq 1.6$ for petals and $\Delta S \geq 2.6$ cone) (Figure 6B). In this way, the choice of bees for the yellow traps can be an innate choice and not a reinforcement created by the tomato flowers. Few bees were sampled in the white traps. The color of the white traps was closer to the center of the hexagon (Figura 6B). Therefore, this trap distinguished little chromatically from the background, tomato leaves. So maybe the bees did not distinguish the white trap from the tomato crop very well.

Among the three pan trap colors that were tested in this study, bee capture rates were highest in blue pan traps and species accumulation rates were highest in yellow pan traps. This finding agrees with other studies that have shown blue traps (Stephen and Rao 2005; Stephen and Rao 2007; Toler et al. 2005; Campbell and Hanula 2007; Wilson et al. 2008; Grundel et al. 2011; Cruz and Freitas 2013; Gonçalves and Oliveira 2013; Saunders and Luck 2013; Geroff et al. 2014; Moreira et al. 2016; Gonçalves and Oliveira 2013; Viana and Lourenço 2020; Acharya et al. 2021) and yellow (Krug and Alves-dos-Santos 2008; Krug et al. 2010; Abrahamczyk et al. 2010; Gollan et al. 2011; Vrdoljak and Samways 2012; Heneberg and Bogusch 2014; Howard et al. 2021) to be particularly attractive to bees.

Similarity in community composition between yellow and blue traps suggest that the use of both traps is expendable. However, the number of unique species of both traps, 11 and eight respectively, and the distinct family and genera grouping, suggests that including both traps in field sampling should be considered, as recommended by Gonçalves and Oliveira (2013), and Moreira et al. (2016).

Overall, blue pan traps were most effective to attract the greatest number of bees (of all groups), but yellow pan traps were most effective to attract the greatest number of species (n=22). This difference highlights the importance of trap color selection when monitoring targeted insect groups. White pan traps were the least effective of the three trap colors, but it also captured two unique species. Furthermore, white flowers are the most frequent color globally (Dyer et al. 2016; Howard et al. 2021) and the ones that are UV-absorbing are frequently observed in surveys of bee-pollinated species (Kevan et al. 1996; Dyer et al. 2012; Bischoff et al. 2013; Dyer et al. 2019; Howard et al. 2021). According to the Chao1-richness estimator, which extrapolated species accumulation curves, blue traps captured 37.5% of its capacity while white traps captured almost 32% of bees. Although yellow traps capture the greatest species richness, they captured 18% of their capacity. This shows that more samplings are needed to achieve the asymptotic bee species richness at this site, as in Viana and Lourenço (2020), and as in Moreira et al. (2016), which presented a greater sample.

Halictinae was the family with most specimens captured and although was found greatly among yellow traps, show no trap color preference. This might be because the genus *Habralictus*, with one species (*Habralictus sp.1*), was the most expressive (n=72) with specimens in all trap colors but showing no preference for any of them. The second most representative family was the Apinae with 85 specimens captured and identified. This family shows a preference among trap colors with great part of its individual being collected by blue pan traps. *Melitoma segmentaria* and *Apis mellifera* were the most expressive species captured. The first one found only blue pan traps (n=42) and the second one found majority on yellow pan traps (n=14).

Understanding the effects of anthropogenic changes on groups that perform key ecosystem services is essential for conservation and maintenance of them in landscapes (Flores et al. 2019). Intensification of agriculture has negatively impacted the environment and subsequently decreased bee populations (le Féon et al. 2010; Vanbergen and Insect Pollinators Initiative 2013; Acharya et al. 2021). A need to monitor and understand local bee populations has emerged rapidly. Pan Traps has become an attractive alternative to traditional bee sampling. They are simple to use, allow extensive and long-term sampling (Lebuhn et al. 2013; Sircom et al. 2018), and are effective in all geographical locations, agricultural lands, and semi-natural habitats (Acharya et al. 2021). This expands global understanding, capacity and awareness of the conservation and

sustainable use of pollinators for agriculture, enables the maintenance of biodiversity and the better use of ecosystem services for human development.

CONCLUSIONS

This study points out important aspects related to bee sampling methodology in open areas. We confirm that the consortium of different colored pan traps should be used (yellow, blue and white), and the three most common colors used are efficient. Blue pan traps were most effective to attract the greatest number of bees (of all groups), but yellow pan traps were most effective to attract the greatest number of species. Although white traps sampled fewer bees, they also added important information. Its color was closer to the center of the hexagon, therefore, this trap distinguished little chromatically from the background, tomato leaves. According to the color hexagon model, the percentage distance calculated for tomato flowers and trap color are chromatically different for bees. The choice of bees for the yellow traps can be an innate choice and not a reinforcement created by the tomato flowers. The agroecosystems can support a variety of bees and should be considered in pollinators conservation schemes in agricultural landscapes.

REFERENCES

- Abrahamczyk S, Steudel B, Kessler M (2010) Sampling Hymenoptera along a precipitation gradient in tropical forests: The effectiveness of different coloured pan traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 137:262–268. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.01063.x>
- Acharya RS, Leslie T, Fitting E, et al (2021) Color of pan trap influences sampling of bees in livestock pasture ecosystem. *Biology (Basel)* 10:1–14. <https://doi.org/10.3390/biology10050445>
- Adhikari S, Burkle LA, O'Neill KM, et al (2019) Dryland Organic Farming Partially Offsets Negative Effects of Highly Simplified Agricultural Landscapes on Forbs, Bees, and Bee-Flower Networks. *Environmental Entomology* 48:826–835. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz056>

- Allsopp MH, de Lange WJ, Veldtman R (2008) Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PLoS ONE* 3:e3128. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>
- Andrade T.O., Ramos K dos S, Perioto NW, et al (2021) Bee (Hymenoptera: Apidae) inventory in the Parque Estadual Morro do Diabo, São Paulo, Brazil. *Journal of Natural History* 54:2529–2541. <https://doi.org/10.1080/00222933.2020.1856432>
- Azevedo A.A. (2008) Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da cadeia do espinhaço e biogeografia de espécies endêmicas em formações campestres altimontanas do centro-leste do Brasil. Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais
- Azevedo A.A., Silveira FA, Aguiar CML, Pereira VS (2008) Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia, Brasil): riqueza de espécies, padrões de distribuição e ameaças para conservação. *Megadiversidade* 4:126–157
- Bartelli BF, Nogueira-Ferreira FH (2014) Pollination Services Provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Sociobiology* 61:510–516. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.510-516>
- Basu P, Parui AK, Chatterjee S, et al (2016) Scale dependent drivers of wild bee diversity in tropical heterogeneous agricultural landscapes. *Ecology and Evolution* 6:6983–6992. <https://doi.org/10.1002/ece3.2360>
- Bates D, Mächler M, Bolker BM, Walker SC (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67:. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bawa KS (1990) Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:399–422. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.21.110190.002151>
- Bischoff M, Lord JM, Robertson AW, Dyer AG (2013) Hymenopteran pollinators as agents of selection on flower colour in the New Zealand mountains: Salient chromatic signals enhance flower discrimination. *New Zealand Journal of Botany* 51:181–193. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2013.806933>

- Briscoe AD, Chittka L (2001) The Evolution of Color Vision in insects. *Annu Rev Entomol* 46:471–510. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.471>
- Camargo JMF, Moure JS (1996) Meliponini Neotropicais: o gênero *Geotrigona* Moure, 1943 (Apinae, Apidae, Hymenoptera), com especial referência à filogenia e biogeografia. *Arquivos de Zoologia - Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo* 33:95–161. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v33i2-3p95-161>
- Campbell JW, Hanula JL (2007) Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *J Insect Conserv* 11:399–408. <https://doi.org/10.1007/~10841-006-9055-4>
- Chittka L, Menzel R (1992) The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. *J Comp Physiol A* 171:171–181. <https://doi.org/10.1007/BF00188925>
- Coelho, BWT (2004) A review of the bee genus *Augochlorella* (Hymenoptera:Halictidae: Augochlorini). *Systematic Entomology*. London, 29(3), p. 282-323. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6970.2004.00243.x>
- Colwell RK (2019) EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9.1.0. User's Guide and Application. <http://purl.oclc.org/estimates>
- Cruz D de O, Freitas BM (2013) Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil / Diversity of bee species floral visitors and potential pollinators of oleaginous crops in Northeast of Brazil. *Revista Ambiência* 9:411–418. <https://doi.org/10.5777/ambiencia.2013.02.02nt>
- Cunha DA da S, Nóbrega MA dos S, Antonialli Junior WF (2014) Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas Insect Pollinators in Agricultural Systems. *Cienc Biol Agrar Saúde* 18:185–194
- de Souza L, De MJ, Campos O (2008) Composition and diversity of bees (Hymenoptera) attracted by Moericke traps in an agricultural area in Rio Claro, state of São Paulo, Brasil. *Iheringia, Séries Zoológicas* 98:236–243. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000200012>

- Dicks L V., Viana B, Bommarco R, et al (2016) Ten policies for pollinators - What governments can do to safeguard pollination services. *Science* (1979) 354:975–976. <https://doi.org/10.1126/science.aai9226>
- Droege S, Tepedino VJ, Lebuhn G, et al (2010) Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity* 3:15–23. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2009.00074.x>
- Dyer AG, Boyd-Gerny S, Mcloughlin S, et al (2012) Parallel evolution of angiosperm colour signals: Common evolutionary pressures linked to hymenopteran vision. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:3606–3615. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0827>
- Dyer AG, Boyd-Gerny S, Shrestha M, et al (2016) Innate colour preferences of the Australian native stingless bee *Tetragonula carbonaria* Sm. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 202:603–613. <https://doi.org/10.1007/s00359-016-1101-4>
- Dyer AG, Boyd-Gerny S, Shrestha M, et al (2019) Colour preferences of *Tetragonula carbonaria* Sm. stingless bees for colour morphs of the Australian native orchid *Caladenia carnea*. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 205:347–361. <https://doi.org/10.1007/s00359-019-01346-0>
- Dyer AG, Paulk AC, Reser DH (2011) Colour processing in complex environments: insights from the visual system of bees. *Proceedings of The Royal Society B* 278:952–959. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2412>
- Ferraro AE, Pio RM, Azevedo FA (2006) Influência da polinização com variedades de laranja-doce sobre o número de sementes de tangelo nova. *Rev Bras Frutic* 28:244–246. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200020>
- Flores LMA, Zanette LRS, Boscolo D, Araújo FS (2019) Landscape structure effects on bee and wasp assemblages in a semiarid buffer zone. *Landscape Online* 76:1–17. <https://doi.org/10.3097/LO.201976>
- Franceschinelli E v., Bergamini LL, Silva-Neto CM, et al (2019) Native bee fauna of tomato crops: A comparison of active sampling and pan trapping methods.

Iheringia - Serie Zoologia 109:e2019030. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019030>

- Freitas, FV, Silveira, FA. (2017) Synopsis of the bee genus *Thygater* Holmberg 1884 (Hymenoptera, Apidae) in the Brazilian state of Minas Gerais, with the description of a new species and a key to all Brazilian species. Zootaxa. Auckland, 4238(1), p. 1-29. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4238.1.1>
- Gamito LM, Melerbo-Souza DT (2006) Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Acta Sci Anim Sci 28:483–488. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v28i4.612>
- Garibaldi LA, Carvalheiro LG, Vaissière BE, et al (2016) Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. Science (1979) 351:388–391. <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>
- Geroff RK, Gibbs J, McCravy KW (2014) Assessing bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity of an Illinois restored tallgrass prairie: methodology and conservation considerations. Journal of Insect Conservation 18:951–964. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9703-z>
- Ghazoul J (2005) Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. Trends in Ecology and Evolution 20:367–373. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.026>
- Giurfa M, Chittka L, Menzel R, Nfifiz J (1995) Colour preferences of flower-naive honeybees. J Comp Physiol A 177:247–259. <https://doi.org/10.1007/BF00192415>
- Gollan JR, Ashcroft MB, Batley M (2011) Comparison of yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Australian Journal of Entomology 50:174–178. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2010.00797.x>
- Gonçalves RB, Ferreira Brandão CR (2008) Diversidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae) ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000400004>
- Gonçalves RB, Oliveira PS (2013) Preliminary results of bowl trapping bees (Hymenoptera, Apoidea) in a southern Brazil forest fragment. Journal of Insect Biodiversity 1:1–9. <https://doi.org/10.12976/jib/2013.1.2>

- Grundel R, Frohnapple KJ, Jean RP, Pavlovic NB (2011) Effectiveness of bowl trapping and netting for inventory of a bee community. *Environmental Entomology* 40:374–380. <https://doi.org/10.1603/EN09278>
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis
- Heneberg P, Bogusch P (2014) To enrich or not to enrich? Are there any benefits of using multiple colors of pan traps when sampling aculeate Hymenoptera? *Journal of Insect Conservation* 18:1123–1136. <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9723-8>
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008) Simultaneous Inference in General Parametric Models*. *Biometrical Journal* 50:346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Howard SR, Garcia JE, Dyer AG (2021) Comparative psychophysics of colour preferences in two species of non-eusocial Australian native halictid bees. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 207:657–666. <https://doi.org/10.1007/s00359-021-01504-3>
- Instituto Estadual de Florestas - IEF. APA-SUL RMBH. 2018. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protetidas/apa-sul-rmbh>. Acesso em 23 de abril de 2018.
- Kevan P, Giurfa M, Chittka L (1996) Why are there so many and so few white flowers? *Trends in Plant Science* 1:252–284. [https://doi.org/10.1016/1360-1385\(96\)20008-1](https://doi.org/10.1016/1360-1385(96)20008-1)
- Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, et al (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274:303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Koethe S, Banysch S, Alves-Dos-Santos I, Lunau K (2018) Spectral purity, intensity and dominant wavelength: Disparate colour preferences of two Brazilian stingless bee species. *PLoS ONE* 13:e0204663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204663>
- Koethe S, Fischbach V, Banysch S, et al (2020) A Comparative Study of Food Source Selection in Stingless Bees and Honeybees: Scent Marks, Location, or Color. *Frontiers in Plant Science* 11:. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00516>

- Krug C, Alves-dos-Santos I (2008) O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology* 37:265–278. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000300005>
- Krug C, Alves-dos-Santos I, Cane J (2010) Abelhas visitantes de flores de *Cucurbita* (Cucurbitaceae), com ênfase sobre a presença de *Peponapis Fervens* Smith (Eucerini - Apidae) - Santa Catarina, Sul do Brasil. *Oecologia Australis* 14:128–139. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.06>
- le Féon V, Schermann-Legionnet A, Delettre Y, et al (2010) Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: A large scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137:143–150. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.015>
- Lebuhn G, Droege S, Connor EF, et al (2013) Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales. *Conservation Biology* 27:113–120. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01962.x>
- Malerbo-Souza DT, Halak AL (2012) Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho” Pollinators and grain production in *Arabica coffee* crop cv. “Catuai Vermelho.” *Científica* 40:1–11
- Malerbo-Souza DT, Nogueira-Couto RH, Couto LA (2003) Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 40:237–242. <https://doi.org/10.1590/S1413-95962003000400001>
- Martins C, Silveira RA, Nascimento N de O, Antonini Y (2012) Fauna de abelhas de campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *MG.Biota* 5:21–34
- Michener CD (2007) *The Bees of the World*, 2nd edn. The Johns Hopkins University Press, Maryland
- Moreira EF, Santos RL da S, Penna UL, et al (2016) Are pan traps colors complementary to sample community of potential pollinator insects? *Journal of Insect Conservation* 20:583–596. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9890-x>

- Morse RA, Calderone NW (2000) The Value of Honey Bees As Pollinators of U.S. Crops in 2000. *Bee Culture Magazine - Pollination* 2000 128:1–15
- Moure JS (1989) Espécies Novas de Abelhas da Região Central do Estado de Minas Gérias, Brasil (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biol Par* 18:115–127. <https://doi.org/10.5380/abpr.v18i0.800>
- Nascimento WM, Gomes EML, Batista EA, Freitas RA (2012) Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 30:494–498. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000300023>
- Patel RS (2021) Biodynamic Agriculture: A form of Alternative Agriculture. 1–4
- Peitsch D, Fietz A, Hertel H, de Souza J, Ventura DF, Menzel R (1992) The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. *J Comp Physiol A* 170: 23-40. <https://doi.org/10.1007/BF00190398>
- Prado SG, Ngo HT, Florez JA, Collazo JA (2017) Sampling bees in tropical forest and agroecosystems: a review. *Journal of Insect Conservation* 21:753–770. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-0018-8>
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Raine NE, Chittka L (2007) The adaptive significance of sensory bias in a foraging context: Floral colour preferences in the bumblebee *Bombus terrestris*. *PLoS ONE* 2:. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000556>
- Raine NE, Ings TC, Ramos-Rodriguez O, Chittka L (2006) Intercolony Variation in Learning Performance of a Wild British Bumblebee Population (Hymenoptera: Apidae: *Bombus terrestris* Audax). *Entomol Gener* 28:241–256. <https://doi.org/10.1127/entom.gen/28/2006/241>
- Santos AB (2010) Abelhas nativas: polinizadores em declínio. *Nat On Line* 8:103–106
- Saunders ME, Luck GW (2013) Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Australian Journal of Entomology* 52:106–113. <https://doi.org/10.1111/aen.12008>

- Shrestha M, Dyer AG, Garcia JE, Burd M (2019) Floral colour structure in two Australian herbaceous communities: It depends on who is looking. *Annals of Botany* 124:221–232. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz043>
- Silva WP, Paz JRL da (2012) Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. *Nat On Line* 10:146–152
- Silva-Neto CM, Bergamini LL, Elias MAS, et al (2017) High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. *Brazilian Journal of Biology* 77:506–513. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.17515>
- Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB (2002) Abelhas brasileiras: sistemática e identificação, 1st edn. MMA (PROBIO - PNUD) e Fundação Araucária, Belo Horizonte
- Smith, F (1879) Descriptions of New Species of Hymenoptera in Collection of the British Museum. London: British Museum
- Sircom J, Jothi GA, Pinksen J (2018) Monitoring bee populations: are eusocial bees attracted to different colours of pan trap than other bees? *Journal of Insect Conservation* 22:433–441. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0071-y>
- Stephen W. P. & Rao S. 2005. Unscented color traps for non-*Apis* bees (Hymenoptera: Apiformes). *Journal of Kansas Entomological Society* 78: 373–380. <https://doi.org/10.2317/0410.03.1>
- Stephen WP; Rao S (2007) Sampling native bees in proximity to a highly competitive food resource (Hymenoptera: Apiformes). *Journal of Kansas Entomology Society* 80:369–376. [https://doi:10.2317/0022-8567\(2007\)80\[369:SNBIPT\]2.0.CO;2](https://doi:10.2317/0022-8567(2007)80[369:SNBIPT]2.0.CO;2)
- Toler TR, Evans EW, Tepedino VJ (2005) Pan-trapping for bees (Hymenoptera: Apiformes) in Utah's West Desert: the importance of color diversity. *Pan-Pac Entomol* 81:103–113
- Vanbergen AJ, Insect Pollinators Initiative (2013) Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:251–259. <https://doi.org/10.1890/120126>

- Viana TA, Lourenço AP (2020) Surveys of the bee (Hymenoptera: Apiformes) community in a neotropical Savanna using pan traps. *Papeis Avulsos de Zoologia* 60:e202060311. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2020.60.31>
- Vilhena AMGF, Augusto SC (2007) Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no triângulo mineiro. *Original Article Biosci J* 1:14–23
- Vrdoljak SM, Samways MJ (2012) Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. *Journal of Insect Conservation* 16:345–354. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9420-9>
- Westphal C, Bommarco R, Carré G, et al (2008) Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs* 78:653–671. <https://doi.org/10.1890/07-1292.1>
- Williams IH (2002) Insect Pollination and Crop Production: A European Perspective. IN: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) - *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature* - Ministry of Environment / Brasília. p.59-65.
- Wilson JS, Griswold T, Messinger OJ (2008) Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient? *J Kans Entomol Soc* 81:288–300. <https://doi.org/10.2317/JKES-802.06.1>

Capítulo 3

A produção do conhecimento científico sobre abelhas e sua divulgação

A produção do conhecimento científico sobre abelhas e sua divulgação

Esse capítulo foi escrito para submissão no periódico Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência e sua formatação está de acordo com suas normas

RESUMO – Essa proposta de pesquisa foi elaborada devido à necessidade de divulgação do conhecimento científico sobre as abelhas, já que são um grupo de insetos que está em declínio há alguns anos. A divulgação científica é uma estratégia viável para levar o conhecimento produzido na academia para a comunidade em geral, de forma democrática. Esse estudo teve como objetivo conhecer e quantificar as pesquisas realizadas no Brasil ligadas à produção do conhecimento científico sobre as abelhas nativas, identificar possíveis lacunas sobre esse conhecimento e sua divulgação. Nessa perspectiva, o estado da arte sobre as abelhas foi estudado por meio de um levantamento bibliográfico nos periódicos CAPES, SciELO-Brasil e na Revista Ciência Hoje. A busca por artigos publicados entre os anos de 2012 e 2022 usou as palavras “Abelha” e “Brasil”. O Periódico CAPES teve maior quantidade de artigos sobre abelhas encontrados, seguido pelo periódico SciELO-Brasil. O SciELO-Brasil e a Ciência Hoje indexaram 92,35% e 97,88%, respectivamente, menos artigos do que o Periódicos CAPES. Entre SciELO-Brasil e a Revista Ciência Hoje, a diferença foi de 28%. O idioma da maioria dos artigos foi o inglês e o tema abordado foi relacionado a Ciências Biológicas. O portal SciELO-Brasil é 100% de acesso aberto, enquanto o Periódicos CAPES disponibiliza cerca de 80% e a Revista Ciência Hoje, cerca de 27% de acesso aberto. Foi constatado que o conhecimento acadêmico ainda é elitista e o público em geral tem pouco ou nenhum acesso a ele, seja pela indisponibilidade de artigos com acesso abertos, pela dificuldade de procura, pelo público-alvo restrito, pela terminologia científica utilizada, pela língua de divulgação. É necessário que além do apoio governamental para a produção da ciência, que exista de fato a democratização desse conhecimento, levando-o até a sociedade por meio de propostas e projetos que estimulem o uso do conhecimento científico, seja inserido nos currículos escolares, seja na vida cotidiana das pessoas.

Palavras- chave: Ciência, democratização do conhecimento, educação, alfabetização científica, pesquisa.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de conhecimento científico. Em 2021 ocupou o 13º lugar no ranking de produção científica mundial (Escobar, 2021). Os cortes de investimento na ciência estão colocando programas de pesquisa e monitoramentos da biodiversidade a longo prazo em risco (Fadini & Fernandes, 2017). Segundo relatório da Unesco que avaliou, no período de 2014 a 2018, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento no mundo, a produção científica brasileira segue crescendo mesmo com a redução drástica dos investimentos em pesquisa no país (Escobar 2021; Unesco, 2021). Mesmo assim, atualmente pode-se observar uma crescente onda de descredibilidade da produção científica, baseada no negacionismo e disseminação de desinformação, como por exemplo o ressurgimento de movimentos antivacinas e terraplanistas.

O negacionismo científico se caracteriza como um fenômeno utópico e crítico que é propagado vertiginosamente por redes sociais com o intuito de distorcer fundamentos teóricos e dados científicos de anos de produção e pesquisa científica (Marques & Raimundo, 2021). Ele contesta todo o processo da produção científica - base, história, argumentos, metodologia – trazendo a ideia de que opiniões também tem valor e credibilidade. O discurso negacionista é fragmentado, anacrônico e antagônico, baseado num senso comum ideológico, como argumento de igual valor, para contradizer o conhecimento científico (Marques & Raimundo, 2021). Para contestar esse movimento, é necessário que a sociedade se aproprie do conhecimento científico, proporcionando a criação de uma visão de mundo analítica que contribui para o desenvolvimento da criticidade e fomenta seu protagonismo (Farias & Maia, 2020). Essa apropriação deve estar relacionada com o acesso e compreensão do conhecimento científico, para que ele possa ser inserido no contexto e aplicado na realidade da sociedade. Para isso, conceitos básicos devem ser compreendidos evitando uma alienação sobre a relevância da ciência no desenvolvimento e no progresso da sociedade, bem como o aumento da descredibilidade e desconfiança nos resultados da pesquisa (Farias & Maia, 2020).

Produzir ciência se faz importante, mas agora diante das dúvidas e críticas que comprovaram a desvalorização do conhecimento científico no Brasil, devemos trazer para nossa prática as estratégias de divulgação das produções acadêmicas. Tornar o conhecimento científico acessível e compreensível ao público em geral, é necessário e

urgente. Esse capítulo surgiu de um interesse pessoal em investigar a democratização do conhecimento científico devido a tamanha falta de credibilidade da comunidade científica e desinformação da população em geral no atual cenário brasileiro. Para isso optamos por utilizar o tema dessa tese para verificar, o alcance da produção científica brasileira sobre o tema abelhas na população em geral, no Brasil

Breve histórico do conhecimento relativo à divulgação científica

A humanidade se interessa pela compreensão das ciências naturais desde os primórdios. Caçadores coletores, considerados como “profissionais primitivos”, iniciaram um processo de domesticação de espécies vegetais e animais no final do Pleistoceno, que resultou numa mudança de comportamento, na agricultura e na pecuária (Serenio et al., 2008). Talvez seja possível considerar que os primeiros experimentos científicos foram realizados por esses indivíduos, mesmo que de forma inconsciente.

Filósofos gregos da escola jônica, dos séculos VII e VI a.C., representaram os primórdios pensadores das ciências naturais (Medeiros, 2002). A compreensão das ciências naturais só é completa quando o aprendizado é passado de forma clara. Isso faz com que a comunicação científica seja imprescindível e um importante passo na aquisição de conhecimento.

No que diz respeito a comunicação científica, o marco da comunicação escrita de pesquisas ocorreu na Grécia Antiga, onde os debates de Aristóteles na Academia, local de debate de filósofos, foram conservados em manuscritos (Meadows, 1999 apud Santos-D’amorim, 2021). Entre os séculos I a.C. e XVI d.C. as referências sobre ciências da natureza se tornaram escassas devido ao Cristianismo, seus dogmas e a propagação do conceito antropocêntrico da natureza (Medeiros, 2002). Porém, no século XV, a difusão de cartas e livros impressos aumentou significativamente na Europa com a invenção da máquina de impressão tipográfica, pelo alemão Johannes Gutenberg (Santos-D’amorim, 2021), ampliando a possibilidade de comunicação e divulgação de conhecimento.

Apenas nos séculos XVI e XVII, com a revolução científica ocorrida na Renascença, cientistas como Nicolau Copérnico (1473 – 1543), Giordano Bruno (1548 – 1600), Francis Bacon (1561 – 1626), Galileu Galilei (1564 – 1642), Kepler (1571 – 1630), Descartes (1592 – 1650) começaram a difundir novas ideias (Medeiros, 2002). Inclusive,

Galileu, Bacon e Descartes foram os responsáveis pela instituição das bases para a realização da pesquisa da ciência moderna (Clark & Castro, 2003).

A partir do século XVII, de maneira quase que concomitante, surge na Europa (França e Inglaterra) revistas científicas com formato próximo ao atual (Vieira, 2010; Santos-D'Amorim, 2021). Na França, o *Journal de Sçavans*, focado em notícias locais para um público especializado, foi o veículo utilizado, enquanto na Inglaterra, a Royal Society veiculava estudos experimentais no *Phillosophical Transactions* (Vieira, 2010; Santos-D'Amorim, 2021). Pesquisadores da época se reuniam de forma periódica e oficial nos “colégios invisíveis”. Essas reuniões desempenharam importante papel na interação entre cientistas e difusão da comunicação científica (Santos-D'Amorim, 2021). Mesmo com repressões do governo e da Igreja, após a institucionalização dos colégios invisíveis, muitas sociedades científicas, fundamentais no desenvolvimento da comunicação científica e consolidação de periódicos, puderam ser originadas (Mueller & Caribe, 2010; Santos-D'Amorim, 2021).

No que diz respeito à história da divulgação científica brasileira, esse conhecimento parece ser incipiente. Moreira & Massarani (2017) classificaram a divulgação científica como inexistente ou insignificante no Brasil até a década de 80, quando ela começa a ser mais expressiva. Porém, Fioravanti (2022) indicou as descrições feitas em cartas pelos jesuítas, a partir de 1549, como início da divulgação de conhecimento sobre ciência e antropologia, já que eles descreviam para um público crescente os hábitos dos nativos brasileiros. A transferência da Corte Portuguesa para o Brasil no início do século XIX, possibilitou iniciativas mais organizadas de difusão da ciência moderna: os portos foram abertos, a impressão deixa de ser proibida e surgem instituições de ensino superior ou com algum interesse científico (Moreira & Massarani, 2017).

A partir de 1810 começa a produção e difusão de textos manuais sobre educação científica pela Imprensa Régia (Moreira & Massarani, 2017) e a impressão dos primeiros jornais, como “A Gazeta do Rio de Janeiro”, “O Patriota” e o “Correio Braziliense”, que publicam artigos e notícias relacionados à ciência (Marcolin, 2004;(Freitas, 2006); Moreira & Massarani, 2017; Santos-D'Amorim, 2021).

A produção de conhecimento científico no Brasil ocorre lentamente, o que pode ser explicado pelos seguintes fatores: 1. o Brasil é um país escravagista, que possui um alto índice de analfabetismo; 2. a educação científica ocorre de forma limitada, sendo acessível a uma pequena elite e 3. financiamentos escassos para o desenvolvimento da ciência no país. Apenas na segunda metade do século XIX, seguindo a segunda revolução industrial, as atividades de divulgação científica se intensificaram em todo o mundo e no Brasil, mesmo que de forma mais tímida (Moreira & Massarani, 2017).

Apenas no início do século XX é possível observar um crescimento das atividades de divulgação científica no Rio de Janeiro, mesmo que o Brasil ainda não tivesse desenvolvido uma tradição de pesquisa científica consolidada (Moreira & Massarani, 2017). Foi nessa época também que o rádio ajudou na democratização do conhecimento com programas de cursos e palestras sobre divulgação científica.

Seguindo esse mesmo conceito de popularização do conhecimento, a partir da década de 80, o papel de revistas e do jornalismo científico se tornaram importantes. No que diz respeito a revistas de divulgação científica, destaca-se a revista a Ciência Hoje, da Sociedade Brasileira para o Progresso Científico (SBPC), uma publicação brasileira multidisciplinar escrita por cientistas para o público em geral com o objetivo de divulgar a ciência produzida no Brasil (Ciência Hoje, 2022).

Com atuação um pouco mais recente, a internet também tem mostrado um papel de destaque na divulgação do conhecimento científico. De acordo com a Teoria do Devir de Heráclito, o modo de comunicar ciência sempre esteve em movimento (Santos-D'Amorim, 2021). De maneira bem resumida, podemos colocar que a Era Digital facilitou a interação e colaboração entre os cientistas, a submissão e publicação de manuscritos e a padronização e organização das bibliotecas digitais, ampliando a disponibilidade e acesso dessas informações (Hurd, 2000; Valério & Pinheiro, 2008; Santos-D'Amorim, 2021).

A partir dessa abordagem histórica, fica claro que a pesquisa científica é papel de poucos e, no Brasil, ela ocorre basicamente em universidades e em algumas empresas públicas ou particulares. Entretanto, para que realmente as descobertas científicas sejam democratizadas é necessário que além de artigos acadêmicos de ampla divulgação, que esse conhecimento seja transcrito em uma linguagem clara e simples para que o acesso e

a compreensão sejam possíveis por todos os interessados, independentemente de nível social, cultural ou econômico.

Conceito forma e objetivo da divulgação científica

A divulgação científica é conceituada por Bueno (1985) como a utilização de recursos, técnicas e processos para a propagação de informações científicas e tecnológicas ao público em geral. Sua principal função deveria ser a democratização do acesso ao conhecimento científico e o estabelecimento de condições para uma alfabetização científica (Bueno, 1985; Santos-D'amorim, 2021; Silva & Sasseron, 2021). Mas nem sempre isso ocorre.

A forma mais comum de divulgação do conhecimento produzido é o artigo científico, que é considerado um artefato de registro, disseminação, arquivo e certificação na comunidade científica. Esses artigos científicos, escritos por diferentes autores são organizados em coletâneas denominadas periódicos que, com o auxílio da internet, podem ter uma publicação continuada, que tem como finalidade acelerar o processo de comunicação científica (Santos-D'amorim, 2021). Na maioria das vezes, as revistas científicas têm acesso restrito exigindo a assinatura de periódicos para que os artigos e textos resultantes da produção científica sejam acessados e lidos, o que certamente restringe o acesso ao público não acadêmico.

Apesar do conceito e objetivo da divulgação científica ser o de disseminar o conhecimento para um público em geral, o conhecimento científico sempre foi elitizado. Mesmo com os esforços de alguns pesquisadores para a divulgação desse conhecimento, muitos artigos são de difícil leitura, apresentando terminologia e conceitos pouco difundidos ou artigos que não possuem acesso aberto na internet. Tornar o conhecimento científico acessível e compreensível ao público em geral, é necessário e urgente. O patamar da ciência brasileira é resultado de séculos de trabalho desempenhando importante papel no desenvolvimento destinado ao avanço econômico, social, ambiental, tecnológico e de diversos setores de atuação do Estado (Ralin Neto et al., 2020). Com as características próprias da contemporaneidade, o conhecimento científico poderia ser considerado um elemento de transformação da cultura (Vogt & Morales, 2018).

O conhecimento científico nos traz novas possibilidades, hipóteses e caminhos a serem trilhados na busca por soluções para questões relacionadas à vida de forma ampla.

Nessa perspectiva, entendemos que questões urgentes ligadas à manutenção dos polinizadores no mundo demandam estudos em busca de soluções. Nas últimas décadas, a constatação do declínio de polinizadores mobilizou pesquisadores no mundo todo. Em 2002, foi criada a Iniciativa Internacional para Conservação e Uso Sustentável dos Polinizadores e a partir daí muitas pesquisas foram incentivadas e realizadas.

Com os resultados desse trabalho pretendemos verificar como se apresenta a divulgação científica brasileira, com enfoque relacionado às abelhas. Sendo assim, este estudo teve como objetivo conhecer e quantificar as pesquisas realizadas no Brasil ligadas à produção do conhecimento científico sobre as abelhas nativas e identificar a existência de possíveis lacunas sobre esse conhecimento e sua divulgação.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho será realizado por meio do estudo do Estado da Arte, a partir da realização de um levantamento bibliográfico (Cardoso & Jacomeli, 2010) relativo ao conhecimento científico sobre as abelhas. A revisão da literatura especializada será feita identificando artigos que apresentem conteúdo relacionado ao estudo das abelhas e por meio da discussão das contribuições científicas desses artigos, utilizando o método de revisão narrativa, não sistemático e não exaustivo, como sugerido por e Boccatto (2006), Rother (2007) e Rosa (2021).

Considerando os objetivos desta pesquisa, optou-se por levantar fontes de informação que possibilitassem discussões relacionadas a democratização do conhecimento científico sobre abelhas. Uma busca sistemática em todas as bases de dados disponíveis não foi a intenção dessa pesquisa. Optamos por utilizar apenas fontes que trouxessem subsídios para comparação entre o que se produz no Brasil e está disponível para a população em geral. As estratégias de busca se basearam em métodos comumente adotados pela técnica da pesquisa bibliográfica, definindo como bases de dados o portal de Periódicos CAPES, de caráter restrito ao público acadêmico, o portal SciELO-Brasil, de caráter aberto, porém focado no público acadêmico e o portal da revista Ciência Hoje, focado na divulgação do conhecimento científico.

Os artigos encontrados na pesquisa foram separados por meio idioma utilizado na escrita (português, inglês ou espanhol). Após essa etapa, somente os artigos escritos

utilizando a língua portuguesa tiveram seu conteúdo analisado. Para especificar o tema e conteúdo, optou-se por fazer uma busca na internet utilizando as palavras “abelhas” e “Brasil”. Foram utilizadas publicações realizadas nos últimos 10 anos (de 2012 a 2022).

Concluída a pesquisa bibliográfica, os resultados foram organizados em tabelas para facilitar a análise. Os artigos encontrados foram agrupados por temática e área de conhecimento (Ciências agrárias, Ciências Biológicas, Ciências da Saúde e Ciências Humanas), desta forma, foi possível realizar uma análise comparativa do que estava disponível para cada grupo nos respectivos portais. Com este mapeamento, foram identificados aspectos relacionados ao conteúdo e quantidade de textos disponíveis. Desta forma, foi possível calcular a porcentagem de informação disponibilizada para o público não cientista.

RESULTADOS

Ao realizar a busca em plataformas especializadas em comunicação científica e levando em consideração a publicação de artigos em periódicos, sejam eles artigos, de comunicação rápida ou de revista, a quantidade de produção científica publicada sobre a temática abelhas no Brasil, na última década, foi de 706 artigos no portal de Periódicos da CAPES, 54 no portal da SciELO-Brasil e 15 no portal da Revista Ciência Hoje (Quadro 1), num total de 776 artigos.

Pode-se perceber uma grande diferença entre os portais focados no público acadêmico, sendo que o Periódicos CAPES indexou 92,35% mais publicações ligadas ao tema do que o SciELO-Brasil. No que diz respeito aos portais de Periódicos CAPES e da Revista Ciência Hoje, essa diferença foi ainda maior (97,88%). O portal da Revista Ciência Hoje indexou pouco mais de 2% do número total de artigos indexados pelo portal de Periódicos da CAPES e pouco menos de 28% do número total de periódicos publicados pelo portal SciELO-Brasil (Quadro 1).

Quadro 1: Quantidade e tipos de recursos da produção científica exibida nos três portais especializados em comunicação científica, sobre a temática abelhas no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Tipo de recursos	Periódicos CAPES	SciELO Brasil	Ciência Hoje
Artigos de periódicos	706	54	-
Artigos de revista	-	-	15
Conjunto de dados*	602	-	-
Dissertações	7	-	-
Relatório	1	-	-
Comunicação Rápida	-	-	-
Total	1316	54	15

*publicações referentes a coleções de dados que não foram publicados no formato de artigo científico (p.ex espécimes depositados em museus, dados tabulados).

No que diz respeito ao idioma escolhido para a publicação (Quadro 2), o portal de Periódicos da Capes apresentou a maioria dos seus artigos publicados em inglês (74,47%), seguido por publicações em português (24,77%) e espanhol (0,76%). O portal SciELO-Brasil publicou 75,9% dos seus artigos em inglês e 24,1% em português. Já o portal da Revista Ciência Hoje publicou todos os seus artigos em português.

Quadro 2: Idioma utilizado na escrita dos textos ou artigos científicos existentes nos três portais especializados em comunicação científica utilizados, sobre a temática abelhas no Brasil, entre os anos de 2012 e 2022.

Idioma	Periódicos CAPES	SciELO Brasil	Ciência Hoje
Espanhol	10	-	-
Inglês	980	41	-
Português	326	13	15
Total	1316	54	15

Com relação as áreas temáticas disponíveis nos portais investigados (Quadro 3), todos eles tiveram como maioria, recursos publicados dentro do tema de Ciências Biológicas. O portal de Periódicos Capes teve 1021 recursos relacionados com esse tema (77,5%), enquanto os portais SciELO-Brasil e Revista Ciência Hoje tiveram 34 (62,9%) e 10 (66,6%) recursos, respectivamente. O portal Periódicos CAPES teve 132 recursos relacionados às Ciências da Saúde, 101 às Ciências Agrárias e 70 às Ciências Humanas. Já o portal SciELO-Brasil teve 11 recursos relacionados Ciências Agrárias, oito às Ciências da Saúde e apenas um às Ciências Humanas. E o portal da Revista Ciência Hoje teve 3 recursos relacionados às Ciências Humanas, um às Ciências Agrárias e um às Ciências da Saúde.

Quadro 3: Área temática dos textos ou artigos científicos existentes nos três portais especializados em comunicação científica, sobre a temática abelhas no Brasil entre os anos de 2012 e 2022.

Área Temática	Periódicos CAPES	SciELO Brasil	Ciência Hoje
Ciências Agrárias	101	11	1
Ciências Biológicas	1021	34	10
Ciências da Saúde	132	8	1
Ciências Humanas	70	1	3
Total	1316	54	15

No que diz respeito a produção científica disponível em acesso aberto sobre a temática abelhas no Brasil entre os anos de 2012 e 2022, o portal SciELO-Brasil disponibiliza 100% dos seus artigos para o público em geral, enquanto o Periódicos CAPES disponibiliza cerca de 80% (564 artigos) e a Revista Ciência Hoje, cerca de 27% (quatro artigos).

DISCUSSÃO

O desenvolvimento da Ciência e Tecnologia deve ser considerado uma importante estratégia de crescimento econômico e social, que certamente irá colaborar com progresso do país. Porém, para que essa estratégia seja eficaz, deve possuir grande alcance. Conforme citado por Mateus & Gonçalves (2012) a informação e a comunicação interativa se destacam entre as inúmeras características da sociedade brasileira. De acordo com o primeiro parágrafo do Artigo 27 da Declaração de Direitos Humanos (1948), toda pessoa tem o direito de participar do processo científico e usufruir dos seus benefícios. Sendo assim, a comunicação científica é uma importante ferramenta para alcançar esse objetivo, e para que ela seja completa, deve ter como foco o público em geral, incluindo acadêmicos e não acadêmicos.

Atualmente o número de publicações em revistas indexadas e bem avaliadas é um importante fator avaliativo da produtividade acadêmica. Isso tem causado um movimento generalizado de “publicar ou perecer” entre estudantes de doutorado e pesquisadores brasileiros (Serra et al., 2008; Santos-D’amorim, 2021). Conseqüentemente, nota-se que na comunidade científica não existem estímulo ou priorização para a realização da divulgação científica daquilo que é produzido, para o público não acadêmico.

A internet revolucionou a forma como a informação é repassada, devido a surpreendente facilidade, alcance e velocidade de disseminação. Atualmente, mecanismos de busca são os principais meios de acesso a informações científicas (Buchinger et al., 2014), especialmente durante e após o isolamento causado pela pandemia de COVID-19.

A percepção pública da ciência e da tecnologia no Brasil mostra que mais da metade dos brasileiros declaram ter interesse pela ciência e pela tecnologia, mas a maioria desconhece a ciência do país (Escobar, 2018; Righetti, 2018). Desconhece como ela é produzida e sua importância. Isso acontece, pois, a ciência está isolada da sociedade e, como consequência ela não demonstra sua importância e relevância para o bem comum. Os cientistas precisam aprender a dialogar com a sociedade, democratizando o conhecimento científico, o que implica em uma forma de divulgação para além dos artigos científicos.

Conforme observado nesse trabalho, existe uma grande diferença entre a disponibilidade de informações entre os portais analisados, mesmo que o alvo seja o público especializado. Os portais de Periódicos CAPES e SciELO-Brasil, são focados no público acadêmico. Para utilizar o Portal de Periódicos CAPES, era necessária uma autorização permitida pelo pagamento de uma assinatura, normalmente mantida pelas universidades e instituições de pesquisa, utilizando um dispositivo com IP reconhecido, porém, após a pandemia, o acesso remoto foi facilitado e o usuário passou a necessitar apenas de login com senha institucional (CAPES, 2022). Já SciELO-Brasil indexa e publica periódicos científicos brasileiros selecionados e em acesso aberto para aumentar a visibilidade, acessibilidade, qualidade, uso e impacto deles (FAPESP, 2022). Mesmo esses dois portais sendo brasileiros, com apoio e investimento governamental e focado no público acadêmico, encontramos uma grande diferença de artigos sobre abelhas disponíveis, sendo que o portal SciELO indexou menos do que 8% do número de artigos indexados na plataforma de Periódicos CAPES.

A Revista Ciência Hoje, instituição brasileira de referência na divulgação científica em todas as áreas, surgiu no início da década de 80 com a missão de divulgar ciência, contribuindo com o desenvolvimento do Brasil. Além disso a revista leva em conta o rigor acadêmico e a adequação na forma e linguagem, visando a acessibilidade da informação para o público em geral e tem como pilares a qualidade de informação

superior, apoio à educação e responsabilidade social (Ciência Hoje, 2022). Mesmo assim, ela teve um índice ainda mais baixo de artigos sobre abelhas indexados, menos do que 1% quando comparado com o portal Periódicos CAPES e quase 28% quando comparado com o portal SciELO-Brasil.

No que diz respeito ao idioma, o inglês é amplamente usado como a principal língua da comunicação científica a nível mundial (Oliveira, 2019). Sabemos que a publicação em inglês é para que os artigos sejam lidos em outros países, já que o inglês é considerado uma língua universal. Entretanto, como é o acesso dos brasileiros à leitura de textos escritos na língua inglesa? De acordo com o British Council, (2014), no Brasil apenas 5,1% da população acima de 16 anos afirma possuir algum conhecimento do idioma inglês e destes, 47% relatam possuir um nível básico (Yonaha et al., 2021). No que diz respeito a fluência, de acordo com um estudo realizado pela Education First (2020), o Brasil é considerado com baixa proficiência na língua inglesa, já que ocupa o 53º lugar entre 100 países analisados (Yonaha et al., 2021). Mesmo com essa realidade, apenas o portal da Revista Ciência Hoje disponibiliza todo o seu material em português. Tanto o portal Periódicos CAPES, quanto o SciELO-Brasil, disponibilizam a maior parte do material indexado, em inglês (75,47% e 75,9% respectivamente).

Com relação ao gargalo que ocorre entre ciência e sociedade pela democratização do conhecimento científico, atualmente existe um esforço para supri-lo, conhecido como *Open Science* (Holbrook, 2019) ou Ciência de Acesso Aberto. Porém, mais uma vez esse esforço dialoga apenas com a comunidade científica. Como foi observado nos resultados dessa pesquisa onde apenas o portal SciELO-Brasil disponibiliza 100% dos recursos indexados em acesso aberto e a plataforma Periódicos CAPES disponibiliza cerca de 80%. Ao contrário, o portal da Revista Ciência Hoje disponibiliza apenas pouco mais de 25% dos seus artigos em acesso aberto.

Com a pesquisa realizada, foi possível constatar que o conhecimento produzido sobre abelhas no Brasil, na última década, é considerável, entretanto, grande parte do conhecimento fica restrito ao público acadêmico, já que existem fatores que afastam o público em geral dos resultados da ciência no Brasil.

É preciso expandir e criar estratégias de divulgação do conteúdo científico brasileiro, mantidos e produzidos com recursos públicos governamentais sobre temas, de

relevância nacional (Righetti, 2018). Entretanto, é necessário que além de haver apoio governamental para a produção da ciência, que exista de fato a democratização desse conhecimento, levando-o até a sociedade por meio de propostas e projetos que estimulem o uso do conhecimento científico, seja inserido nos currículos escolares, seja inserido na vida cotidiana das pessoas.

CONCLUSÃO

O conhecimento acadêmico ainda é extremamente elitista e o público em geral tem pouco ou nenhum acesso a ele, seja pela indisponibilidade de artigos com acesso abertos, pela dificuldade de procura, pelo público-alvo restrito, pela terminologia científica utilizada, pela língua de divulgação. Esses fatores podem afastar a produção do conhecimento científico do público não acadêmico. Enquanto o mundo acadêmico ainda estiver no modelo “publicar ou perecer”, a disseminação do conhecimento científico continuará nas mãos da elite intelectual, que não tem tempo e/ou interesse em transformar esse conhecimento comunicável a um acesso amplo.

Esse processo inviabiliza a construção do sentimento de pertencimento da população sobre a ciência e seus resultados, podendo causar até descrença ou construção equivocada de alguns conceitos. É necessário que haja incentivo governamental para que projetos que incluam a divulgação científica sejam realizados e disseminados, para que o pesquisador possa se dedicar também a divulgação do conhecimento, levando em conta a linguagem utilizada e a acessibilidade da informação. Além disso, faz-se necessário também políticas públicas que estimulem os estudantes e a comunidade em geral a se interessarem por assuntos ligados à ciência e tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bocato, V. R. C. (2006). Metodologia da Pesquisa Bibliográfica na Área Odontológica e o Artigo Científico como forma de comunicação. *Revista Odontológica Da Universidade Cidade de São Paulo*, 18(3), 265–274. <http://www.pubmed.gov>
- British Council. (2014). *Demandas de Aprendizagem de Inglês no Brasil*.
- Buchinger, D., Cavalcanti, G. A. de S., & Hounsell, M. D. S. (2014). Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, 6(1). <https://doi.org/10.5335/rbca.2014.3452>

- Bueno, W. da C. (1985). Jornalismo científico: conceito e funções. *Ciência e Cultura*, 37(9), 1420–1427.
- CAPES. (2022). *CAFe e acesso remoto ao Portal de Periódicos*. Periódicos CAPES. <http://mailer.periodicos.capes.gov.br/?m=138&p=view&pi=ViewBrowserPlugin&uid=2f8fa7c8723efa19b1958db739494389>
- Cardoso, M. A., & Jacomeli, M. R. M. (2010). Estado da Arte Acerca das Escolas Multisseriadas. *Revista HISTEDBR On-Line*, 174–193. <https://doi.org/10.20396/rho.v10i37e.8639788>
- Ciência Hoje. (2022). *Missão, visão e valores*. Missão, Visão e Valores. <https://cienciahoje.org.br/instituto/missao-visao-e-valores/#>
- Clark, O. A. C., & Castro, A. A. (2003). A pesquisa. Em *Pesqui Odontol Bras* (Vol. 17). <https://doi.org/10.1590/S1517-74912003000500011>
- Education First. (2020). *Índice de Proficiência em Inglês da EF Um ranking de 100 países e regiões por domínio da língua inglesa*. www.efset.orgwww.ef.com/epi
- Escobar, H. (2018). *Divulgação Científica: faça agora ou cale-se para sempre*. Em C. Vogt, M. Gomes, & R. Muniz (Orgs.), *Com Ciência e divulgação científica* (Vol. 200, p. 31–36). BCCL/UNICAMP.
- Escobar, H. (2021). *Dados mostram que ciência brasileira é resiliente, mas está no limite*. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/universidade/politicas-cientificas/dados-mostram-que-ciencia-brasileira-e-resiliente-mas-esta-no-limite/>>. Acesso em: 21 out. 2022.
- Fadini, R.; Fernandes, G. W. (2017). *Brazil's scientists and churches share goals*. *Science*, v. 358, n. 6360, p. 179–180, 13 out. <https://doi.org/10.1126/science.aap9188>
- Farias, M. G. G.; Maia, F. C. DE A. (2020). *Proposição de Observatório Científico para Popularização da Ciência*. *Informação & Sociedade: Estudos*, v. 30, n. 3, p. 1–19. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1809-4783.2020v30n3.53866>
- FAPESP. (2022). *SciELO - Scientific Eletronic Library OnLine*. SciELO. <https://fapesp.br/scielo>
- Fioravanti, C. (2022). *Das cartas jesuítas aos blogs de ciência: a diversidade de vozes e formas de noticiar o conhecimento científico no Brasil*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.2539>
- Freitas, M. H. (2006). Considerações acerca dos primeiros periódicos científicos brasileiros. *Ciência Da Informação*, 35(3), 54–66. <https://doi.org/10.1590/S0100-19652006000300006>

- Holbrook, J. B. (2019). Open Science, Open Access and Democratization of knowledge. *Issues in Science and Technology*, 26–28.
- Hurd, J. M. (2000). The Transformation of Scientific Communication: A Model for 2020. *Journal of the American Society for Information Science*, 51(14), 1279–1283. [https://doi.org/10.1002/1097-4571\(2000\)9999:9999<::AID-ASI1044>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1097-4571(2000)9999:9999<::AID-ASI1044>3.0.CO;2-1)
- Marcolin, N. (2004). Primórdios da divulgação científica. *Pesquisa FAPESP*.
- Marques, R.; Raimundo, J. A. (2021). O Negacionismo científico refletido na pandemia da COVID-19. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, v. 7, n. 10, p. 67–78.
- Mateus, W. D. D., & Gonçalves, C. B. (2012). Discutindo a divulgação científica: o discurso e as possibilidades de divulgar ciência na internet. *Rev. ARETÉ*, 5(9), 29–43.
- Medeiros, M. G. L. de. (2002). *Natureza e naturezas na construção humana: construindo saberes das relações naturais e sociais*. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100006>
- Moreira, I. de C., & Massarani, L. (2017). *Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil*.
- Mueller, S. P. M., & Caribe, R. de C. do v. (2010). A comunicação científica para o público leigo: breve histórico. *Informação & Informação*, 15(supl), 13–30. <https://doi.org/10.5433/1981-8920.2010v15nesp.p13>
- Oliveira, S. S. de. (2019). A língua da Ciência. *Pesquisa FAPESP*.
- Ralin Neto, R., Porto, C. de M., & dos Santos Conceição, V. A. (2020). As redes sociotécnicas no processo de difusão científica: a democratização do conhecimento. *Interfaces Científicas - Educação*, 10(2), 154–164. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n2p154-164>
- Righetti, S. (2018). Ciência na mídia: onde estão os estudos de pesquisadores brasileiros? Em C. Vogt, M. Gomes, & R. Muniz (Orgs.), *ComCiência e divulgação científica* (Vol. 200, p. 23–30). BCCL/UNICAMP.
- Rosa, A. M. da. (2021). *Análise de textos de divulgação científica publicados na revista “UFSC CIÊNCIA”: Possibilidades para o ensino de química*.
- Rother, E. T. (2007). Revisão Sistemática X Revisão Narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, 20(2), 1–2. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>
- Santos-D’amorim, K. (2021). A comunicação científica em movimento: das origens aos debates atuais. *Journal of Information Science: Research Trends*, 15, 2103. <https://doi.org/10.36311/1981-1640.2021.v15.e02103>

- Sereno, M. J. C. de M., Wiethölter, P., & Terra, T. de F. (2008). Domesticação das plantas: a síndrome que deu certo. Em R. L. Barbieri & E. R. T. Stumpf (Orgs.), *Origem e evolução de plantas cultivadas* (1º ed, p. 1–912). Embrapa Informação Tecnológica.
- Serra, F. A. R., Fiates, G. G., & Ferreira, M. P. (2008). Publicar é difícil ou faltam competências? O desafio de pesquisar e publicar em revistas científicas na visão de editores e revisores internacionais. *Revista de Administração Mackenzie*, 9(n.4), 32–55. <https://doi.org/10.1590/S1678-69712008000400004>
- Silva, M. B. e, & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 23. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Valério, P. M., & Pinheiro, L. V. R. (2008). Da Comunicação Científica a Divulgação. *TransInformação*, 20(2), 159–169. <https://doi.org/10.1590/S0103-37862008000200004>
- Vieira, L. A. (2010). *Os caminhos da comunicação científica: história, diálogos e perspectivas*.
- Vogt, C., & Morales, A. P. (2018). Cultura Científica. Em C. Vogt, M. Gomes, & R. Muniz (Orgs.), *ComCiência e Divulgação Científica* (1º ed). Unicamp.
- Yonaha, C. T., Kanashiro, T. N., Maria, I., & Santi, I. M. de O. (2021). Exigências e uso da língua inglesa entre estagiários de secretariado e jovens profissionais: uma abordagem qualitativa. Em *Automação de Escritórios e Secretariado* (p. 1–30). Faculdade de Tecnologia de São Paulo. <https://dicionario.priberam.org/1%C3%ADngua%20franca>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no primeiro capítulo da tese mostraram que o incremento de polinizadores manejados em cultivos orgânicos e protegidos de tomate melhora sua produtividade, sendo *M. quadrifasciata* um polinizador eficiente, principalmente quando comparado com a comunidade de abelhas que polinizou o cultivo aberto. O segundo capítulo mostrou que levantamentos rápidos realizados com pan traps nas cores azul, amarela e branca são eficientes para realizar a amostragem de abelhas, já que elas possuem preferência cromática, e que sistemas agroflorestais comportam uma variedade de espécies e deve ser considerado em planos de conservação de polinizadores em paisagens agrícolas e em zonas de amortecimento de unidades de conservação. O terceiro capítulo mostrou como o conhecimento acadêmico ainda é extremamente elitista, inviabilizando o sentimento de pertencimento da população sobre a ciência e seus resultados e podendo causar descrenças ou concepções equivocadas sobre alguns conceitos.

Sendo assim, os resultados encontrados nessa tese deixam claro a (1) importância de cultivos agroflorestais e que não utilizam agrotóxicos para a conservação de comunidades de abelhas e reservas naturais, principalmente quando realizado no entorno de área protegidas; (2) a importância da diversidade de abelhas para a polinização do tomateiro (3) abelhas nativas podem ser utilizadas como polinizadores comerciais para aumentar a produtividade, quando incrementadas de forma sustentável e consciente; e (4) como é importante e urgente a divulgação científica para conscientização da população em geral sobre o que é produzido na academia. Dessa forma a conscientização das pessoas com relação a importância das abelhas e das práticas amigáveis aos polinizadores, resultará na conservação desses animais e dos serviços ecossistêmicos prestados por elas, tão importantes para a nossa sobrevivência.