



LUCAS LOPES DA SILVEIRA PERES

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) EM
PAISAGENS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM REGIÃO DE MATA
ATLÂNTICA, SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL**

**LAVRAS-MG
2021**

LUCAS LOPES DA SILVEIRA PERES

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) EM PAISAGENS
AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE
MINAS GERAIS, BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Peres, Lucas Lopes da Silveira.

Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em paisagens agrícolas e florestais em região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil / Lucas Lopes da Silveira Peres. - 2021.
99 p.: il.

Orientador(a): Stephan Malfitano Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.
Bibliografia.

1. Abelhas. 2. Paisagens agrícolas. 3. Paisagens florestais. I. Carvalho, Stephan Malfitano. II. Título.

LUCAS LOPES DA SILVEIRA PERES

**DIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) EM PAISAGENS
AGRÍCOLAS E FLORESTAIS EM REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE
MINAS GERAIS, BRASIL**

**BEE DIVERSITY (HYMENOPTERA: APOIDEA) IN AGRICULTURAL AND
FOREST LANDSCAPES IN ATLANTIC FOREST REGION, SOUTH OF MINAS
GERAIS, BRAZIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de outubro de 2021.

Dra. Brigida de Souza UFLA
Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior UFMG
Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi UFLA
Dr. Pedro Henrique Abreu Moura EPAMIG

Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho
Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

*"A Deus por me conceder o dom da vida e estar sempre
comigo"*

*"A minha família, meu bem mais precioso, meu porto seguro,
meus pais Roberto e Aliete, minha irmã Luana, minha esposa
Ana e minha filha que está por vir, um presente que Deus me
confiou e que já é amada incondicionalmente"*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo apoio e suporte, por sempre me abençoar e nunca me desamparar, por me dar forças para que eu concluísse mais essa etapa da minha trajetória acadêmica, sem Ele nada disso seria possível.

Aos meus pais Roberto e Aliete e minha irmã Luana, pelo incentivo, apoio e amor incondicional, e por sempre acreditarem e esperarem o melhor de mim.

A minha esposa, bióloga e pesquisadora Dr^a. Ana Isabel Sobreiro, por todo o apoio, companheirismo, compreensão e pela dedicação na realização de todas as análises estatísticas, interpretação dos resultados, construção e edição de mapas e imagens.

A minha sogra Miria, meu cunhado Diego e sua esposa Tathiane por todo o apoio e confiança em mim depositada.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Stephan Malfitano Carvalho pela amizade durante todos esses anos, pelo apoio em todas as etapas desse trabalho, pela prontidão e sempre estar disposto a ajudar seja por motivos acadêmicos ou pessoais, e pelo prazer em ensinar e compartilhar seus conhecimentos.

Ao meu amigo Prof. Dr. César Freire Carvalho (*in memoriam*) pelos momentos únicos de prosas e descontração nas viagens mensais entre Lavras e Maria da Fé para as coletas do material biológico dessa tese, pelos ensinamentos de vida e acadêmicos, pelo prazer em ensinar e compartilhar seus conhecimentos. Foi muito difícil realizar a última coleta do projeto sem sua presença professor, mas Deus sabe de todas as coisas.

Ao Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior do Departamento de Genética, Ecologia e Evolução da Universidade Federal de Minas Gerais por toda paciência e disposição em receber o material biológico e pelo auxílio na identificação dos espécimes.

A Bióloga Dr^a. Jessica Amaral Henrique por toda paciência e disposição em receber o material biológico e realizar a primeira identificação do material, separando os espécimes em morfotipos.

Aos Drs. Emerson Dias Gonçalves e Pedro Henrique Abreu Moura, pesquisadores da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Campo Experimental de Maria da Fé (CEMF), por todo o apoio e pela disponibilização da área de estudo do projeto.

A minha amiga Dr^a. Andrea de Fátima Torres Soares, técnica responsável pelo Laboratório de Estudos em Abelhas do Departamento de Entomologia por todo seu apoio, dedicação e prontidão para atender nos momentos em que precisei, assim como pela amizade e momentos de descontração.

Ao meu amigo e acadêmico de Engenharia Florestal da UFLA, Gabriel Sterzeck Vittori pela amizade e parceria durante todos esses anos, pela contribuição significativa na triagem e organização das abelhas referentes ao capítulo 3, pelo prazer em compartilhar seu vasto conhecimento sobre as abelhas sem ferrão e a meliponicultura, e por ceder várias imagens de sua autoria para ilustrar o capítulo de revisão desse manuscrito.

Ao meu amigo e acadêmico de Zootecnia da UFLA, Antonello Paschoal Petri Silva pela amizade e por ceder várias imagens de sua autoria para ilustrar o capítulo de revisão desse manuscrito.

Aos meus amigos e técnicos do Departamento de Entomologia, Raul Magalhães Ferraz, Geraldo Aparecido da Silva e Pablo Naves, pela amizade e momentos de descontração, além de sempre estarem dispostos a ajudar em meus projetos particulares, assim como nos projetos vinculados ao Núcleo de Estudos em Abelhas (NeBee).

A todos os membros do NeBee, núcleo que tive o prazer de liderar por alguns anos, no qual ensinei e aprendi muito sobre o universo das abelhas.

A todos os membros da banca de defesa pela disponibilidade em participar e agregar com seus conhecimentos na redação do manuscrito.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os professores do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras pelos ensinamentos compartilhados.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia, ao Departamento de Entomologia e a Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização de mais essa etapa em minha vida.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO GERAL

As abelhas são os insetos responsáveis pela prestação de um dos serviços ecossistêmicos mais importantes do nosso planeta: a polinização. Contudo, a fragmentação de habitats em virtude da expansão das práticas agropecuárias e a urbanização é apontada como a principal causa do declínio das populações de abelhas no mundo. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar as respostas das abelhas a um mosaico de paisagens agrícolas e florestais, destacando a diversidade, composição e sazonalidade desses insetos em uma região de Mata Atlântica no sul de Minas Gerais, Brasil. O estudo foi realizado em distintos tipos de habitats, sendo dois florestais (remanescente e em regeneração) e três agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro), todos localizados no município de Maria da Fé, no Campo Experimental da Empresa de Pesquisa e Agropecuária de Minas Gerais durante 12 meses (novembro de 2017 a outubro de 2018). Em cada habitat foram instalados três sítios de amostragem, sendo que em cada sítio foram instaladas três armadilhas aromáticas, cada uma com uma essência diferente (eugenol, salicilato de metila e vanilina). As armadilhas permaneceram nos sítios durante 15 dias de cada mês, sendo realizada uma amostra por mês durante um ano, totalizando 4.320 horas de amostragem por habitat (15 dias x 24 horas x 12 meses = 4.320 horas). Com relação as abelhas das orquídeas (*Euglossina*) foram coletados um total de 1.416 espécimes, pertencentes a quatro gêneros e 10 espécies. A maior abundância de abelhas foi registrada no remanescente de floresta com 791 espécimes, seguido pela macieira com 203 espécimes e oliveira com 171 espécimes. A espécie *Eufriesea violacea* foi a mais abundante nos cinco tipos de habitats, compondo 64,05% (n = 907) dos espécimes coletados, seguido por *Euglossa truncata* com 18,57% (n = 263) e *Eulema nigrita* com 13,77% (n = 195). A maior riqueza de espécies foi observada na cultura do pessegueiro (9 spp.), seguido pelo remanescente (8 spp.), regeneração e oliveira (ambos com 7 spp.) e a macieira (6 spp.). Dentre as demais espécies de abelhas silvestres (não euglossina) foram coletados 946 espécimes pertencentes a 18 gêneros e 33 espécies. A maior abundância foi registrada no pessegueiro com 426 espécimes, seguido pela macieira com 250 espécimes e oliveira com 214 espécimes. *Bombus brasiliensis*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Trigona spinipes* foram as únicas espécies capturadas nos cinco habitats. A macieira foi o habitat que amostrou o maior número de espécies de abelhas, registrando 22 espécies, seguido pela oliveira e pelo pessegueiro que registraram 17 espécies cada. A espécie *T. spinipes* foi a mais abundante em três tipos de habitats, representando abundância relativa de 85,68% (n = 426) no pessegueiro, 73,83% (n = 214) na oliveira e 67,60% (n = 250) na macieira, enquanto que *B. brasiliensis* foi a espécie mais abundante no fragmento em regeneração e no remanescente de vegetação nativa, com abundância relativa de 30,76% (n = 8) e 40,00% (n = 12), respectivamente. Conclui-se que o mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes pode favorecer as visitas florais das abelhas nos diferentes ambientes, além de facilitar a reintegração da comunidade desses insetos em habitats antropizados (culturas agrícolas), além disso, a proximidade entre os tipos de habitats (floresta e agricultura) parece favorecer a taxa de visitação das abelhas nas culturas agrícolas.

Palavras-chave: Abelhas nativas. Abundância. Riqueza. Mata nativa. Culturas agrícolas.

GENERAL ABSTRACT

Bees are the insects responsible for providing one of the most important ecosystem services on our planet: pollination. However, habitat fragmentation due to the expansion of agricultural practices and urbanization is identified as the main cause of the decline of bee populations in the worldwide. Therefore, the goal of this research was to evaluate the responses of bees to a mosaic of agricultural and forest landscapes, highlighting the diversity, composition and seasonality of these insects in an Atlantic Forest region in southern Minas Gerais, Brazil. The study was carried out in different types of habitats, being two forest (remnant of native forest and regenerating forest) and three agricultural (apple, olive and peach tree), all located in the municipality of Maria da Fé, in the Experimental Field of the Agricultural Research Company of Minas Gerais for 12 months (November 2017 to October 2018). Three sampling sites were installed in each habitat, and in each site three aromatic traps were installed, each with a different essence (eugenol, methyl salicylate and vanillin). The traps remained in the sites for 15 days of each month, with a sample being carried out per month for a year, totaling 4.320 hours of sampling per habitat (15 days x 24 hours x 12 months = 4.320 hours). Regarding orchid bees (*Euglossina*) a total of 1.416 specimens were collected, belonging to four genera and 10 species. The greatest abundance of bees was recorded in the forest remnant with 791 specimens, followed by the apple tree with 203 specimens and the olive tree with 171 specimens. The species *Eufriesea violacea* was the most abundant in the five habitat types, comprising 64.05% (n = 907) of the specimens collected, followed by *Euglossa truncata* with 18.57% (n = 263) and *Eulema nigrita* with 13.77% (n = 195). The highest species richness was observed in peach tree (9 spp.), followed by the forest remnant (8 spp.), regenerating forest and olive tree (both with 7 spp.) and apple tree (6 spp.). Among the other species of wild bees (non-euglossina), 946 specimens belonging to 18 genera and 33 species were collected. The greatest abundance was recorded in peach tree with 426 specimens, followed by apple tree with 250 specimens and olive tree with 214 specimens. *Bombus brasiliensis*, *Scaptotrigona bipunctata* and *Trigona spinipes* were the only species captured in the five habitats. The apple tree was the habitat that showed the largest number of bee species, recording 22 species, followed by the olive tree and the peach tree, which recorded 17 species each. The species *T. spinipes* was the most abundant in three types of habitats, representing a relative abundance of 85.68% (n = 426) in the peach tree, 73.83% (n = 214) in the olive tree and 67.60% (n = 250) in the apple tree, while *B. brasiliensis* was the most abundant species in the regenerating fragment and in the remaining native forest, with relative abundance of 30.76% (n = 8) and 40.00% (n = 12), respectively. It is concluded that the mosaic of adjacent agricultural and forest habitats can favor the floral visits of bees in different environments, in addition to facilitating the reintegration of the community of these insects in anthropized habitats (agricultural crops), in addition, the proximity between the types of habitats (forest and agriculture) seems to favor the visitation rate of bees in agricultural crops.

Keywords: Native bees. Abundance. Richness. Native forest. Agricultural crops.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
INTRODUÇÃO GERAL	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Morfologia, diversidade e comportamento das abelhas	15
2.2 Impactos ambientais e importância do bioma Mata Atlântica para a conservação de espécies de abelhas	24
2.4 Ações antropogênicas que ameaçam a diversidade de abelhas e maneiras de mitigar os impactos ocasionados	27
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2	43
ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA: APIDAE) EM UM MOSAICO DE PAISAGENS EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL	43
1 INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAIS E MÉTODOS	48
2.1 Área de estudo	48
2.2 Características dos habitats	49
2.3 Amostragem	51
2.4 Análise dos dados	52
3 RESULTADOS	54
4 DISCUSSÃO	60
5 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
CAPÍTULO 3	71
RESPOSTAS DAS ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) AO MOSAICO DE HABITATS EM UMA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL	71
1 INTRODUÇÃO	73
2 MATERIAIS E MÉTODOS	76
2.1 Área de estudo	76
2.2 Caracterização dos habitats agrícolas e florestais	77
2.3 Amostragem das abelhas	79
2.4 Análise dos dados	81
3 RESULTADOS	82
4 DISCUSSÃO	88

5 CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS	92

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

As abelhas são os insetos responsáveis pela prestação de um dos serviços ecossistêmicos mais importantes do nosso planeta: a polinização. Durante suas atividades de forrageamento, as abelhas visitam as flores em busca de recursos alimentares (néctar, pólen, óleo e outros) que são essenciais para sua sobrevivência. Entre uma visita e outra, as abelhas entram em contato com os grãos de pólen que estão localizados nas anteras das flores, e esses grãos, devido ao movimento das abelhas para alcançarem o nectário floral, ficam aderidos ao seu corpo, e acabam sendo carregados de uma flor para outra, realizando o processo chamado de polinização (DELAPLANE; MAYER, 2000; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011).

Considerando a importância ecológica dos serviços prestados pela polinização biótica (*e.g.* prestado por abelhas, borboletas, mariposas, besouros, aves e morcegos), aproximadamente 90% das plantas com flores são dependentes da ação de animais para a polinização e produção de frutos e sementes. Entre as plantas com flores de importância agrícola cerca de 75% das culturas utilizadas na alimentação humana ou dos animais domésticos em todo o mundo são polinizadas ou beneficiadas (aumentando sua produção) após as visitas dos polinizadores. Entre as plantas de importância agrícola, 35% dessas culturas são exclusivamente dependentes da polinização animal (KLEIN et al., 2007; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011).

Uma avaliação da importância dos polinizadores no Brasil realizada por Giannini et al. (2015) concluiu que 85 de 141 espécies cultivadas apresentaram algum grau de dependência pela polinização animal. Além disso, os autores constataram que os polinizadores proporcionam um aumento de aproximadamente 30% no valor total da produção agrícola anual, valor que corresponderia a 12 bilhões de dólares. Em outro estudo realizado por Giannini et al. (2014), os autores constataram que das 250 espécies de animais polinizadores identificados em 75 culturas agrícolas brasileiras, 87% eram abelhas, reforçando a afirmação de que as abelhas são os principais polinizadores em ambientes cultivados.

Sabemos que as abelhas desempenham um importante papel na polinização de uma grande diversidade de culturas agrícolas e que é por meio da produção dessas culturas que o ser humano obtém seu alimento (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005; GIANNINI et al.,

2014). No entanto, na medida em que cresce a demanda por produção de alimentos no mundo, os habitats naturais no qual abrigam e favorecem o desenvolvimento desses insetos diminuem a cada ano (HADDAD et al., 2015; HANSKI, 2015; MULLU, 2016; WILSON et al., 2016). Esse cenário resultou em um fenômeno conhecido mundialmente como Síndrome do Colapso das Colônias ou CCD (*Colony Collapse Disorder*), fenômeno esse que registrou declínios nas populações de espécies de polinizadores em diversas regiões do planeta, principalmente nos EUA e Europa (BECHER et al., 2013).

Uma combinação de diferentes fatores é responsável pelo declínio das abelhas, dentre os principais, destacam-se: desmatamentos, fragmentação de habitats, mudanças climáticas, patógenos, competição por recursos com espécies exóticas e uso indiscriminado de produtos fitossanitários (VANENGELSDORP et al., 2009; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2010; POTTS et al., 2010; PIRES et al., 2016).

As abelhas são insetos da ordem Hymenoptera com aproximadamente 20.000 espécies ocorrendo em todo o mundo. Entre as espécies de abelhas há diferentes comportamentos, do eussocial ao solitário. As espécies solitárias representam 77% das espécies de abelhas conhecidas (ORR et al., 2021). O Brasil é responsável por abrigar umas das maiores biodiversidades do mundo, e para as abelhas, não é diferente, 1.576 espécies de abelhas foram catalogadas no Brasil e estima-se que existam aproximadamente 3.000 espécies (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Os ambientes florestais vêm sofrendo com alterações drásticas ano após ano (HADDAD et al., 2015; HANSKI, 2015; MULLU, 2016; WILSON et al., 2016). As modificações nesses ambientes ocasionam desequilíbrio nas comunidades de polinizadores, *e.g* na comunidade abelhas. As espécies de abelhas são totalmente dependentes de uma ou mais fonte de recurso (pólen, néctar, cera, resina, óleo e essência floral) que as diferentes espécies de plantas com flores disponibilizam, seja para alimentação, nidificação ou reprodução (REQUIER et al., 2017; REQUIER; LEONHARDT, 2020). As abelhas também são extremamente sensíveis as mudanças ambientais, sendo que as respostas desses organismos podem variar entre as diferentes espécies (VIANA et al., 2012; KENNEDY et al., 2013). A perda de habitat natural e a fragmentação são apontadas como uma das principais causas do declínio das populações de abelhas em escala local e global. A fragmentação além de afetar a riqueza de espécies florestais, pode diminuir ou até mesmo interromper o fluxo biológico entre as espécies, ocorrendo redução da variabilidade genética e conseqüentemente podendo levar às extinções (FERREIRA et al., 2015; WILSON; JAMIESON, 2019; PUTTKER et al., 2020; MILLARD et al., 2021). Em ambientes agrícolas, a fragmentação e a remoção de ambientes naturais podem acentuar a perda

das funções ecossistêmicas, muitas destas essenciais para a agricultura, como a polinização (WHEELER; VONBRAUN, 2013; ROSENZWEIG et al., 2014; ZHAO et al., 2017).

Estimativas indicam que a população mundial chegará a nove bilhões de pessoas em um curto período (ROBERTS, 2011). O crescimento populacional conseqüentemente aumenta a demanda por alimento e moradia. A grande preocupação para suprir essas necessidades são as transformações ocasionadas pelo uso da terra, tanto para a expansão de áreas urbanas quanto para a produção e intensificação da agricultura (GARIBALDI et al., 2011). A associação entre a agricultura e a conservação de ambientes naturais precisam caminhar lado a lado, pois a produção agrícola se beneficia do manejo sustentável e dos serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores (GONZÁLEZA-VARO et al., 2013; ALVES, 2015).

A simplificação da paisagem é considerada um dos principais fatores que contribuem para o declínio da diversidade de abelhas no mundo, pois ocorre a redução da oferta de recursos florais e de locais para nidificação, além de aumentar a ação dos agentes patogênicos (POTTS et al., 2010; VIANA et al., 2012). Assim, ações de melhoria na qualidade de habitats se fazem necessárias, como é o caso da implementação de paisagens agrícolas heterogêneas que beneficiaria tanto os interesses do produtor rural quanto os polinizadores, promovendo um mosaico de ambientes naturais e antropizados (TSCHARNTKE et al., 2005; ALVES, 2015). O objetivo dessa pesquisa foi avaliar os efeitos de um mosaico de paisagens agrícolas (culturas de macieira, oliveira e pessegueiro) e florestais (fragmento remanescente de vegetação nativa e em regeneração) sobre a diversidade e flutuação sazonal de abelhas brasileiras em uma região de Mata Atlântica, localizada no sul de Minas Gerais, Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfologia, diversidade e comportamento das abelhas

As abelhas são insetos pertencentes a ordem Hymenoptera e superfamília Apoidea, na qual também estão incluídas as vespas especificamente (MICHENER, 2007). Distribuídas principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, formam um grupo com pouco mais de 20.000 espécies (ORR, 2021). No Brasil, país responsável por abrigar uma das maiores biodiversidades do mundo, estima-se que a quantidade de espécies possa chegar a aproximadamente 3.000 espécies, distribuídas em cinco das sete famílias de abelhas: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MICHENER, 2007; SILVA et al., 2014).

As espécies de abelhas são muito diversificadas quanto ao comportamento e morfologia (PEREIRA, FREITAS, LOPES; 2011; PIRES et al., 2016). As espécies que compõem a família Andrenidae são bem distribuídas em todas as regiões do globo e são caracterizadas por sua grande diversidade de formas e de nidificação no solo. A família é subdividida em Alocandreninae, Andreninae, Oxaeinae e Panurginae (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MICHENER, 2007). No Brasil, ocorrem apenas espécies da subfamília Oxaeinae (10 espécies) e Panurginae (53 espécies), formando um pequeno grupo de 63 espécies já identificadas, sendo a maioria delas solitárias (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

A família Apidae é caracterizada por sua grande diversidade de espécies, com diferentes características morfológicas. As espécies dessa família, em sua grande maioria, são consideradas comuns e muito bem estudadas, além de serem amplamente distribuídas em todos os continentes. A família é subdividida em Apinae, Nomadinae e Xylocopinae (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MICHENER, 2007). No Brasil, espécies dessas três subfamílias já foram registradas, sendo 705 espécies para Apinae, 38 espécies para Nomadinae e 101 espécies para Xylocopinae, totalizando 844 espécies (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Dentro da subfamília Apinae, a tribo Apini e todas as suas quatro subtribos (Apina, Bombina, Euglossina e Meliponina) merecem destaque. A tribo Apini é caracterizada por reunir as abelhas corbiculadas e diferentes níveis de organização social, além de colônias muito complexas nas espécies eussociais (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; KLEINERT et al., 2009). A eussocialidade reúne algumas características importantes que poucos grupos de animais possuem, sendo considerada o nível mais elevado de organização social. As características são: 1) tarefas e castas sistematicamente divididas entre os indivíduos da colônia;

2) sobreposição de gerações, ou seja, a colônia é composta por membros de idades diferentes e
3) cuidados cooperativos com os descendentes das próximas gerações (WILSON, 1971; MICHENER, 1974, 2007; CRESPI; YANEGA, 2005).

Com relação as subtribos que compõem a tribo Apini, a subtribo Apina é composta apenas pelo gênero *Apis*. A diversidade de espécies desse gênero era restrita aos continentes africano, asiático e europeu, porém, com a intenção de produção em larga escala e comercialização do mel, a espécie *A. mellifera* foi introduzida em outros continentes que não fazem parte do Velho Mundo, como é o caso das Américas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MOURE, 2007). No Brasil, a espécie *A. mellifera* (Figura 1) é conhecida popularmente como abelha africanizada e é resultado de um cruzamento de subespécies europeias (*Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera mellifera* e *Apis mellifera carnica*) com uma subespécie africana (*Apis mellifera scutellata*) que originou populações poli-híbridas (KERR, 1967; SHEPPARD et al., 1991; WHITFIELD et al., 2006) com características bastante defensivas e de adaptação a ambientes antropizados, além de realizarem suas atividades de forrageamento por mais tempo no campo, serem generalistas na busca por recursos, altamente produtivas e mais resistentes a pragas e patógenos (KERR; BUENO, 1970). A combinação dessas características permitiu a ocupação de todo o território nacional e quase todo o continente americano pelas abelhas africanizadas (DE JONG, 1996; MISTRO; RODRIGUES; FERREIRA JR, 2005; WHITFIELD et al., 2006).

Figura 1 - Abelha africanizada (*Apis mellifera*) visitando flor de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*).



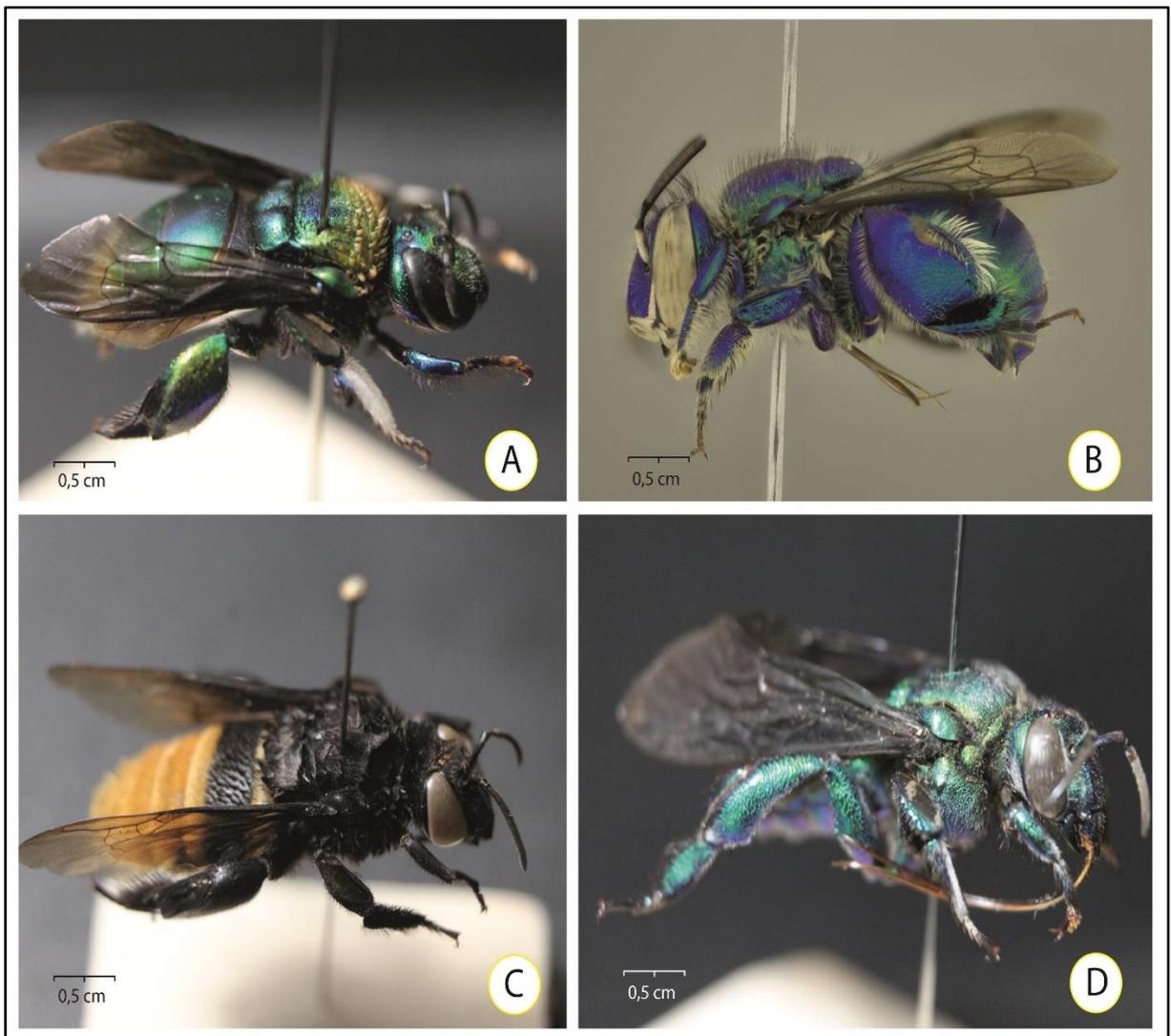
Fonte: Vittori, Gabriel Sterzeck (2018)

Bombina, outra subtribo de Apini, é caracterizada por reunir as mamangabas sociais, e assim como Apina, é composta por um único gênero, *Bombus* (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Em todo o mundo (com exceção da Austrália), estima-se que existam aproximadamente 250 espécies, sendo melhor distribuídas em regiões de climas frios, principalmente Europa e Ásia (MICHENER, 2007). No Brasil, são catalogadas apenas seis espécies do gênero, sendo elas: *Bombus atratus* Franklin, 1913, *Bombus bellicosus* Smith, 1879, *Bombus brasiliensis* Lepeletier, 1836, *Bombus brevivillus* Franklin, 1913, *Bombus morio* (Swederus, 1787) e *Bombus transversalis* (Olivier, 1789) (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MOURE; MELO, 2007).

As outras duas subtribos de Apini, são Euglossina e Meliponina. Euglossina é representada por abelhas grandes e robustas de colorações metálicas brilhantes, conhecidas popularmente como abelhas das orquídeas. As espécies estão bem distribuídas na região neotropical, desde o norte da Argentina até ao sul do Estados Unidos (DRESSLER, 1982; MYNCKLEY; REYS, 1996; RAMIREZ; DRESSLER; OSPINA, 2002; CAMERON, 2004; ROUBIK; HANSON, 2004; SKOV; WILEY, 2005; GRISWOLD; HERNDON; GONZALEZ, 2015). Os machos das espécies dessa subtribo são caracterizados por coletarem substâncias aromáticas e terem uma íntima relação com as flores de Orchidaceae, sendo polinizadores exclusivos de aproximadamente 85% (700 spp.) das espécies dessa família botânica

(WHITTEN et al., 1986; RAMÍREZ, 2009). Acredita-se que a coleta dessas substâncias aromáticas pelos machos esteja associada com sua biologia reprodutiva, principalmente durante o processo de acasalamento (DODSON et al., 1969; DRESSLER, 1982; WILLIAMS; WHITTEN, 1983; BEMBÉ, 2004; ELTZ; SAGER; LUNAU, 2005). Os cinco gêneros que estão incluídos em Euglossina são: *Aglae* Lepeletier & Serville, 1825, *Eufriesea* Cockrell, 1908 (Figura 2A), *Euglossa* Latreille, 1802 (Figura 2B), *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Figura 2C) e *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817 (Figura 2D) (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; MOURE; MELO; FARIA JR, 2007).

Figura 2 (A-D) – Representantes de euglossinas coletados no Campo Experimental da EPAMIG, Maria da Fé, sul de Minas Gerais. A. *Eufriesea violacea*. B. *Euglossa* sp. C. *Eulaema cingulata*. D. *Exaerete smaragdina*.



Fonte: Do Autor (2021)

Com relação ao modo de vida das espécies desses gêneros, acredita-se que as espécies que compõem o gênero *Eulaema* juntamente com algumas que compõem o gênero *Euglossa* apresentam comportamento parassocial, ou seja, existe a presença de mais de uma fêmea realizando os cuidados necessários dentro do ninho. As demais espécies de *Euglossa* que não apresentam comportamento parassocial juntamente com as espécies de *Eufriesea*, *Aglae* e *Exaerete* apresentam modo de vida solitário. As espécies de *Aglae* e *Exaerete* ainda são consideradas cleptoparasíticas de ninhos de *Eulaema* e *Eufriesea/Eulaema*, respectivamente (DRESSLER, 1982; SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; ANJOS-SILVA; CAMILLO; GARÓFALO, 2006; ANJOS-SILVA; REBÊLO, 2006; ANJOS-SILVA; ENGEL; ANDENA, 2007).

Finalizando a caracterização das subtribos que compõem Apini, os meliponíneos (Meliponina) são conhecidos popularmente como abelhas indígenas sem ferrão e reúne as abelhas eussociais. Estima-se que em todo o mundo existam mais de 500 espécies de abelhas sem ferrão distribuídas em 64 gêneros diferentes (MICHENER, 2013; CORTOPASSI-LAURINO; NOGUEIRA NETO, 2016). No Brasil, a diversidade é de aproximadamente 250 espécies, dividida em 29 gêneros (PEDRO, 2014).

Dentre esses 29 gêneros, algumas espécies merecem destaque, como é o caso da jataí (*Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811)) (Figura 3), por ser amplamente distribuída em território nacional, a urucu (*Melipona mondury*, Smith, 1863) (Figura 4), a mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*, Lepeletier, 1836) (Figura 5) e o arapuá (*Trigona spinipes* (Fabricius, 1793)) (Figuras 6A e 6B), sendo as três últimas espécies representantes dos dois principais gêneros dessa subtribo, *Melipona* Illiger, 1806 e *Trigona* Jurine, 1807, respectivamente. É um grupo bastante diversificado variando desde espécies minúsculas a robustas, sendo amplamente encontradas nas regiões tropicais, além das regiões subtropicais do hemisfério sul (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; CAMARGO; PEDRO, 2007).

Figura 3 - Jataí (*Tetragonisca angustula*) visitando flor de trapoeraba-roxa (*Tradescantia pallida*).



Fonte: Silva, Antonello Paschoal Petri (2021)

Figura 4 - Uruçu da mata atlântica (*Melipona mondury*) em pote de mel na colônia.



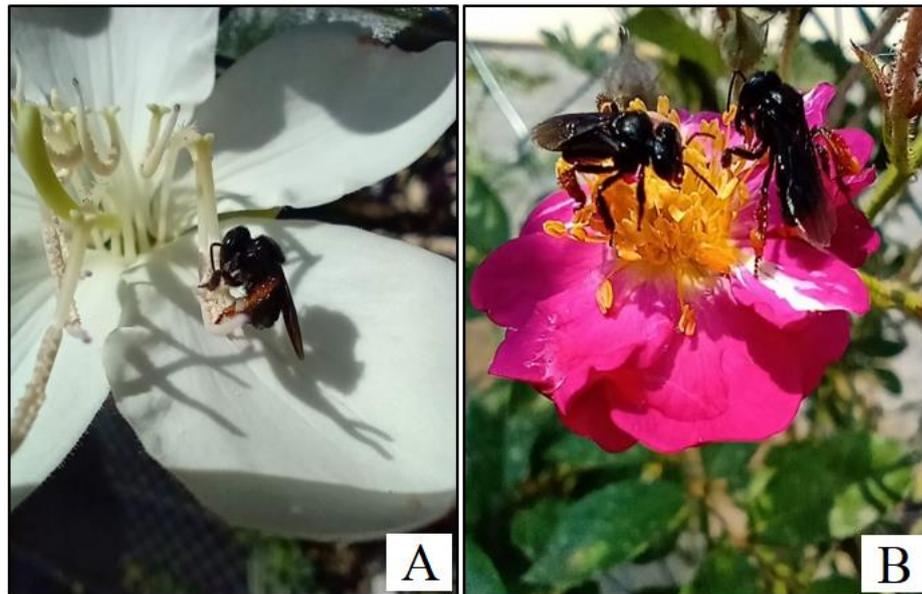
Fonte: Vittori, Gabriel Sterzeck (2019)

Figura 5 - Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) coletando cera.



Fonte: Vittori, Gabriel Sterzeck (2021)

Figura 6 (A-B) - A. Arapuá (*Trigona spinipes*) visitando flor de manacá da serra (*Tibouchina mutabilis*). B. Arapuás (*Trigona spinipes*) visitando flor de roseira.

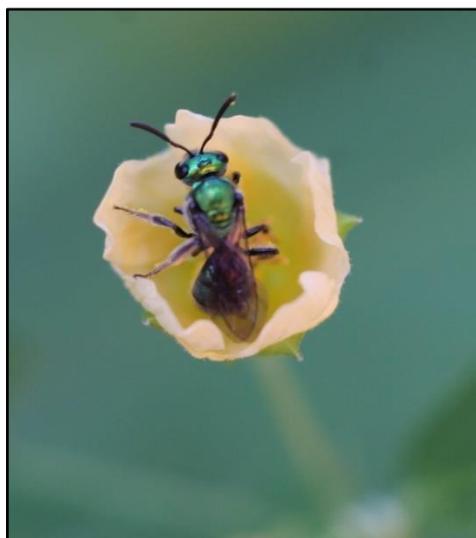


Fonte: Silva, Antonello Paschoal Petri (2021)

Além de Andrenidae e Apidae discutidas anteriormente, as demais famílias com ocorrência no Brasil são: Colletidae, Halictidae e Megachilidae. Colletidae é um pequeno grupo de abelhas composto por pouco mais de 100 espécies catalogadas em território brasileiro. As espécies que compõem essa família são todas solitárias e caracterizadas por secretarem uma substância fina, resistente e flexível para cobrir as células dos ninhos. São mais diversificadas no hemisfério sul, principalmente em território australiano (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA,

2002). Halictidae, diferentemente de Colletidae, é uma família relativamente comum e conta com níveis de organização social desde o solitário até o eussocial primitivo. Halictinae é a subfamília composta pela grande maioria das espécies, sendo distribuída em todos os continentes. Dentro de Halictinae, destaca-se a tribo Augochlorini (Figura 7), um grupo basicamente neotropical, responsável por abrigar 195 espécies de um total de 264 que ocorrem no Brasil. Em geral, os representantes dessa tribo apresentam coloração metálica, pouco pelos no corpo e porte pequeno a médio, normalmente delgado e alongado, além de exibirem o comportamento de vibração quando visitam as flores (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA; NADIA; MACHADO, 2005; MADER; SHEPHERD; VAUGHIN, 2011). Por fim, a família Megachilidae é composta apenas por duas subfamílias, Fideliinae (sem ocorrência no Brasil) e Megachilinae que abriga aproximadamente 300 espécies no Brasil. Em Megachilinae, as fêmeas das espécies que não apresentam comportamento de parasitismo possuem características bastante peculiares, sendo elas: transportar o pólen somente na região do abdome em uma estrutura modificada denominada escopa ventral e construir as células de cria dos ninhos com pedaços de folhas e resinas vegetais coletadas no ambiente. A maioria das espécies são solitárias, apesar que podem apresentar comportamentos gregários com relação a construção dos ninhos (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; RAW, 2004; MADER; SHEPHERD; VAUGHIN, 2011).

Figura 7 – Espécime de Augochlorini sp. realizando visita floral.



Fonte: Vittori, Gabriel Sterzeck (2019)

As abelhas apresentam diferentes níveis de organização social, sendo destacados os comportamentos sociais e solitários. As espécies de abelhas consideradas sociais apresentam

em suas colônias muitos indivíduos realizando diferentes funções no decorrer das suas vidas. Esses indivíduos são diferenciados em machos e fêmeas, e as fêmeas são divididas em castas, a não reprodutiva (operárias) e a produtiva (rainha). Nesse sistema organizacional, claramente existe uma divisão de trabalho e de castas, além de cuidados com a prole e sobreposições de gerações. As espécies que não apresentam comportamento social são classificadas como solitárias, ou seja, uma fêmea sozinha de determinada espécie arquiteta seu ninho, coleta recursos florais, nas células de crias deposita o alimento para a futura larva que irá eclodir e após fazer a oviposição, fecha as células deixando o ninho sem nenhum tipo de contato com a fase jovem (MICHENER, 2007; SILVA et al., 2014).

Há ainda um comportamento intermediário entre o social e o solitário denominado parassocial. Nas espécies que apresentam esse tipo de comportamento ocorre sobreposição de geração entre a abelha que inicialmente fez a oviposição e suas futuras larvas, mas não há uma boa definição de castas, ou seja, a abelha fundadora irá permanecer no ninho mesmo após a emergência dos adultos. Neste caso, os descendentes podem continuar no ninho colaborando junto a “mãe” com a construção de novas células para oviposição e desenvolvimento larval ou pode sair para iniciar outro ninho. Na ausência (morte) da abelha fundadora, essa colaboração no mesmo ninho entre mais de uma fêmea (irmãs) pode continuar, como ocorre por exemplo, em espécies do gênero *Euglossa* (Figura 8) (MICHENER, 2007; SILVA et al., 2014).

Figura 8 - Comportamento parassocial em *Euglossa* sp.



Fonte: Vittori, Gabriel Sterzeck (2018)

2.2 Impactos ambientais e importância do bioma Mata Atlântica para a conservação de espécies de abelhas

O bioma Mata Atlântica é considerado como um dos hotspots de biodiversidade do planeta devido ao grande número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, embora grande parte da sua cobertura vegetal natural já tenha sido perdida (MITTEMEIER et al., 2005; LAURANCE, 2009; WILLIAMS et al., 2011; SCARANO; CEOTTO, 2015). Estima-se que restam apenas 11.6% da sua cobertura original (RIBEIRO et al., 2009) e esse montante encontra-se extremamente fragmentado, onde aproximadamente 84% dos remanescentes são isolados e pequenos (menores que 50 ha) (RIBEIRO et al., 2011). Sendo assim, o cenário atual da Mata Atlântica é resumido a ilhas florestais circundadas por algum tipo de paisagem antrópica, como cultivos agrícolas, áreas de pastagens, áreas urbanas ou florestas artificiais (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014).

Cerca de 60% de toda a lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna e flora brasileira são representadas por espécies da Mata Atlântica (PAGLIA; FONSECA; SILVA, 2008; MARTINELLI et al., 2013). Dentre os grupos de animais mais afetados pela fragmentação e/ou perda de habitat estão as abelhas, e esse fator fragmentação e/ou perda de habitat impulsionado principalmente pela agricultura e urbanização (LAMBIN et al., 2001; NERY et al., 2018) é apontado como uma das principais causas que colaboram para o declínio das suas comunidades (POTTS et al., 2016), pois contribuem para o isolamento dos espécimes assim como das populações afetando as atividades de acasalamento, a capacidade de dispersão e de forrageamento na busca de recursos alimentares e de locais adequados para nidificação, além de comprometer a diversidade genética (TONHASCA JR; ALBUQUERQUE; BLACKMER, 2003; BROSI; ARMSWORTH; DAILY, 2008; FERREIRA et al., 2015; BOSCOLO et al., 2017).

Portanto, conservar a Mata Atlântica é sinônimo de manter uma boa relação entre planta-polinizador garantindo benefícios tanto para as comunidades de polinizadores quanto para as comunidades vegetais, já que as alterações na estrutura da paisagem comprometem os serviços de polinização fazendo com que os polinizadores alterem seus padrões de forrageamento nas flores e conseqüentemente afetando as taxas de reprodução das plantas (VAN GEERT; VAN ROSSUM; TRIEST, 2010; MOREIRA; BOSCOLO; VIANA, 2015).

2.3 Importância das abelhas na polinização de plantas cultivadas

Cerca de 87% das plantas com flores e 75% das culturas necessitam da ação de polinizadores animais para produzirem sementes e frutos (KLEIN et al., 2007; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). Mesmo nos casos em que determinadas espécies vegetais como a soja e o feijão consigam se autopolinizar ou como no caso do milho que é polinizado por agentes abióticos, essas espécies acabam sendo beneficiadas quando os polinizadores visitam suas flores, pois a quantidade e a qualidade das sementes e frutos podem ser consideravelmente aumentadas (DELAPLANE; MAYER, 2000; RIZZARDO et al., 2008, 2012; MILFONT et al., 2013).

Os insetos são os principais responsáveis pela prestação dos serviços de polinização. Em estudo realizado por Gallai et al. (2009), os autores avaliaram os benefícios econômicos que os polinizadores ocasionam na produção das 100 principais culturas agrícolas que estão relacionadas com a alimentação humana e concluíram que o valor econômico estimado foi de 153 bilhões de euros. No Brasil, o estudo de Giannini et al. (2015) merece destaque, os autores avaliaram os benefícios econômicos e o valor da polinização para 44 culturas por meio de classes e taxas de dependências e concluíram que valor estimado da polinização foi de 12 bilhões de dólares.

Dentre os insetos, as abelhas são os agentes polinizadores mais importantes pelo fato da sua base alimentar ser exclusivamente de néctar e pólen e por isso estão constantemente visitando uma grande quantidade de flores em busca desses recursos para atender seus interesses individuais e da colônia. Estima-se que os serviços ecossistêmicos realizados pelas abelhas sejam responsáveis por polinizar 42% das 57 principais plantas mais cultivadas em todo o mundo para a alimentação humana (MICHENER, 2000; DELAPLANE; MAYER, 2000; RICKETTS et al., 2008; WITTER et al., 2014; FREITAS; SILVA, 2015).

O Brasil é um país que se destaca no cenário agrícola mundial, e por esse motivo a polinização se torna um fator fundamental que agrega de forma quantitativa e qualitativa na produção agrícola de várias culturas. A polinização realizada pelas abelhas contribui para aumentar o número de frutos como ocorre no maracujá (FREITAS; OLIVEIRA-FILHO, 2005; GAGLIANONE et al., 2010) e no café (PERUZZOLO; CRUZ; RONQUI, 2019), favorecer a qualidade dos frutos no que se refere a acidez e teor de açúcares e evitar deformações como ocorre na maçã (SHEFFIELD; SMITH; KEVAN, 2005; FREITAS; NUNES-SILVA, 2012) e no morango (MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2004; ANTUNES et al., 2007), influenciar na quantidade de substâncias e na qualidade das sementes (teor de óleo) como ocorre no girassol (VASCONCELOS et al., 2008), canola (SABBAHI; OLIVEIRA; MARCEU, 2005; DURÁN et al., 2010) e mamona (RIZZARDO et al., 2008), encurtar o ciclo de algumas espécies vegetais

como ocorre no melão (SOUSA et al., 2016) e melancia (SOUZA; MALERBO-SOUZA, 2005), além de colaborar na uniformização da altura das plantas como ocorre na soja, favorecendo o crescimento das plantas do cultivar de forma padronizada, igual (CHIARI et al., 2005).

Desta forma, todos esses fatores agindo de forma individual ou em conjunto contribuem para a diminuição das perdas no momento da colheita. Além das culturas de interesse alimentício, outros produtos como as fibras (algodão) (SANCHEZ-JUNIOR; MALERBO-SOUZA; 2004), biocombustíveis (RIZZARDO et al., 2008; DURÁN et al., 2010), forragens (CAMACHO; FRANKE, 2008) e sementes (alface, cenoura, cebola, coentro) (NASCIMENTO et al., 2012) também usufruem dos serviços de polinização prestado pelas abelhas.

Os principais grupos de abelhas que apresentam potencial efetivo como polinizadores são: a abelha do mel (*A. mellifera*), as abelhas sem ferrão (meliponíneos), as mamangabas sociais e solitárias com destaque para os gêneros *Bombus*, *Centris* e *Xylocopa*, além de uma grande diversidade de outras espécies de abelhas solitárias, principalmente representadas por espécies das famílias Halictidae e Megachilidae. Entretanto, muitas dessas espécies solitárias ainda carecem de mais estudos para serem utilizadas para fins comerciais devendo levar em consideração alguns pré-requisitos como aceitação de ninhos artificiais, o início das atividades de forrageamento serem realizadas no mesmo período de floração da planta-alvo e que sejam atraídas pelas flores das espécies vegetais cultivadas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; SILVA; PACHECO FILHO; FREITAS, 2015).

A abelha melífera é a principal espécie utilizada no mundo todo para realizar os serviços de polinização em culturas agrícolas. As características que a colocam nesse patamar são: facilmente manejadas, colônias com populações abundantes, amplamente distribuída e adaptada aos mais diversos ecossistemas e generalistas na busca por recursos florais (PIRES et al., 2016). No Brasil, a abelha melífera é criada em larga escala para fins de polinização na cultura da maçã e do melão, no sul e nordeste do país, respectivamente (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). É utilizada também para aumentar a produção de culturas economicamente importantes, como é o caso do café (HIPÓLITO et al., 2020) e da soja (SANTOS et al., 2013), entre outras.

A utilização das abelhas sem ferrão como polinizadoras de plantas cultivadas se mostra uma estratégia bastante promissora e isso se deve a presença de algumas características importantes, são elas: 1) Alta diversidade de espécies. É um grupo que apresenta grande número de caracteres morfológicos variando o tamanho do corpo desde espécies minúsculas a robustas, as espécies apresentam colônias que variam desde poucas centenas a milhares de indivíduos e também por apresentarem diferentes estratégias de forrageamento nos ambientes; 2) Fidelidade

às flores. Apesar da maioria das espécies serem consideradas generalistas, em contrapartida, apresentam comportamento, mesmo que de forma temporária, de se especializar na coleta de um único tipo floral, podendo incrementar a polinização em determinadas espécies vegetais cultivadas; 3) Domesticação. Muitas espécies podem ser mantidas e manejadas em caixas racionais; 4) Ausência de ferrão funcional. Facilita o uso das espécies desse grupo em áreas de cultivo protegido; 5) Colônias perenes; 6) Incapacidade de abandonar o ninho e 7) Armazenamento de grande quantidade de alimento no ninho, o que possibilita a sobrevivência em períodos críticos de escassez de recursos (SLAA et al., 2006; VENTURIERI et al., 2012; SILVA; PACHECO FILHO; FREITAS, 2015).

No Brasil, espécies de abelhas sem ferrão são manejadas principalmente para a polinização do açaizeiro e do cupuaçu na região amazônica (PAZ et al., 2021). Contudo, outras pesquisas mostram a eficiência da ação desses polinizadores em cultivos de pimentão (CRUZ et al., 2005; SILVA et al., 2005), morango (MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2004; ANTUNES et al., 2007), berinjela (NUNES-SILVA et al., 2013; SILVA; OLIVEIRA; HRNCIR, 2016) e tomate (SANTOS et al., 2009; BARTELLI; SANTOS; NOGUEIRA-FERREIRA; MOURA-MORAES et al., 2021).

Por fim, as mamangabas sociais do gênero *Bombus* também apresentam importante papel na polinização de culturas agrícolas, principalmente para as espécies cultivadas em ambientes protegidos. Neste cenário mundial, destaca-se a espécie *B. terrestris*, amplamente utilizada e comercializada para a polinização em cultivo protegido, especialmente para a produção do tomate (AHMAD et al., 2015). Com relação as mamangabas de comportamento solitário, destacam-se as espécies do gênero *Centris* como importantes agentes polinizadores da acerola (MAGALHÃES; FREITAS, 2012) e do caju (FREITAS; PAXTON, 1998) e espécies do gênero *Xylocopa* para a polinização do maracujazeiro (YAMAMOTO et al., 2012; JUNQUEIRA; AUGUSTO, 2017; BARRERA JR; TRINIDAD; PRESAS, 2020).

2.4 Ações antropogênicas que ameaçam a diversidade de abelhas e maneiras de mitigar os impactos ocasionados

Os serviços de polinização prestados pelas abelhas são essenciais tanto para a manutenção e equilíbrio da diversidade florística em ambientes naturais quanto para a qualidade e produtividade de espécies vegetais cultivadas (KLEIN et al., 2007; RICKETTS et al., 2008; OLLERTON et al., 2011; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; WRATTEN et al., 2012). Entretanto, um dos principais fatores que tem ameaçado a diversidade e conseqüentemente

contribuído para o declínio das populações de abelhas é a perda de habitat. Parte dessas perdas é atribuída principalmente a produção agropecuária devido as expansões das áreas de cultivos que consequentemente fragmentam áreas de vegetação nativa que serviriam para as abelhas como fontes diversificadas de pólen, néctar, resinas, óleos florais e perfumes, além de diminuir os locais disponíveis para nidificação de acordo com o comportamento de cada espécie (KREMEN et al., 2004; FOLEY et al., 2005; ROBERTS, 2011; GAZZONI, 2015; AIZEN et al., 2019; BARBOSA et al., 2020; KLINE; JOSHI, 2020). Outras atividades também contribuem para perdas de áreas com vegetação nativa remanescente, são elas: indústrias, comercio, infraestrutura, habitação e lazer (GAZZONI, 2015).

Atualmente, estima-se que a população mundial tenha alcançado aproximadamente oito bilhões de pessoas, e que em um futuro próximo (ano de 2050) a projeção é para atingir mais de nove bilhões (ROBERTS, 2011). Assim, a demanda pela produção de alimentos tende a crescer ano após ano exigindo que a agricultura se torne cada vez mais eficiente no aspecto econômico. No entanto, com a expansão e a intensificação da agricultura visando atender essa demanda, os resultados obtidos são agroecossistemas com vegetações simplificadas, sendo considerado um cenário bastante drástico para a diversidade floral e dos agentes polinizadores. Mudanças nas práticas agrícolas com o intuito de mitigar os efeitos ocasionados por esse cenário de paisagens simplificadas se tornam necessárias. Inicialmente, a mudança mais simples é permitir que plantas daninhas que beneficiam as abelhas se desenvolvam ao redor e até mesmo no interior das culturas em níveis toleráveis para não ocorrer redução da produtividade (GAZZONI, 2015).

Outras práticas que favorecem as abelhas em áreas agrícolas são: 1) Conservação de fragmentos florestais e mata ciliares; 2) Optar por técnicas que melhore a diversidade e as épocas de floração, como a rotação de culturas; 3) Uso de técnicas que minimize o revolvimento do solo, como o plantio direto, protegendo os ninhos das abelhas que são construídos no chão, e utilizar plantas de cobertura adequadas após a colheita, pois além de incrementar os parâmetros químicos, físicos e biológicos do solo, fornecerá recursos florais essenciais para a sobrevivência das abelhas; 4) Reestabelecer a diversidade na paisagem agrícola fornecendo locais adequados para nidificação e coleta de recursos alimentares e florais e manter espécies vegetais nativas em áreas de entorno das plantações, podendo aumentar as populações de abelhas que são importantes para a polinização, além de mantê-las no ambiente; 5) No uso de produtos fitossanitários, selecionar os que apresentam menores riscos para as abelhas ou adotar estratégias alternativas no manejo de pragas, como por exemplo, o uso do controle biológico; 6) Intercalar habitats adequados para as abelhas em situações de extensas áreas contínuas de

monoculturas (GLIESSMAN, 2000; ALTIERI; SILVA; NICHOLLS, 2003; PINHEIRO; FREITAS, 2010; LIMA; ROCHA, 2012; WITTER et al., 2014; GAZZONI, 2015).

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; BODLAH, I.; MEHMOOD, K.; SHEIKH, U. A. A.; AZIZ, M. A. Pollination and foraging potential of european bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) on tomato crop under greenhouse system. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 47, n. 5, p. 1279-1285, 2015.
- AIZEN, M. A.; AGUIAR, S.; BIESMEIJER, J. C.; GARIBALDI, L. A.; INOUE, D. W.; JUNG, C.; MARTINS, D. J.; MEDEL, R.; MORALES, C. L.; NGO, H.; PAUW, A.; PAXTON, R. J.; SÁEZ, A.; SEYMOUR, C. L. Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. **Global Change Biology**, v. 25, n. 10, p. 3516–3527, 2019.
- ALTIERI, M. C.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.
- ANJOS-SILVA, E. J.; REBÊLO, J. M. M. A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. **Zootaxa**, Auckland, v. 1105, p. 27-35, 2006.
- ANJOS-SILVA, E. J.; CAMILLO, E.; GARÓFALO, C. A. Occurrence of *Aglae caerulea* Lepelletier & Seville (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 868-870, 2006.
- ANJOS-SILVA, E. J.; ENGEL, M. S.; ANDENA, S. R. Phylogeny of the cleptoparasitic genus *Exaerete* (Hymenoptera: Apidae). **Apidologie**, v. 38, n. 5, p. 419-425, 2007.
- ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. O. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 25, n. 1, p. 94-99, 2007.
- ALVES, D. A. A importância da paisagem agrícola no serviço de polinização das abelhas. In: RODRIGUES, R. (Org.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo, SP: ABELHA – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 32-43.
- BARBOSA, M. M.; CARNEIRO, L. T.; PEREIRA, M. F. C. S.; RODRIGUEZ, C. Z.; CHAGAS, T. R. F.; MOYA, W.; BERGAMINI, L. L.; MANCINI, M. C. S.; PAES, N. D.; GIRALDO, L. C. P. Future scenarios of land-use-cover effects on pollination supply and demand in São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, suppl. 1, e20190906, 2020.
- BARRERA JR.; W. B.; TRINIDAD, K. A. D.; PRESAS, J. A. Hand pollination and natural pollination by carpenter bees (*Xylocopa* spp.) in *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg. (yellow passion fruit). **Journal of Apicultural Research**, p. 1-8, 2020.
- 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**, Feira de Santana, v. 61, n. 1, p. 60-67, 2014.

- BECHER, M. A.; OSBORNE, J. L.; THORBEEK, P.; KENNEDY, P. J.; GRIMM, V. Towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 4, p. 868–880, 2013.
- BEMBÉ, B. Functional morphology in male orchid bees and their ability to spray fragrances (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). **Apidologie**, v. 35, n. 3, p. 283-291, 2004.
- BOSCOLO, D.; TOKUMOTO, P. M.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 18-24, 2017.
- BROSI, B. J.; ARMSWORTH, P.; DAILY, G. C. Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. **Conservation Letters**, v. 1, n. 1, p. 27-36, 2008.
- CAMACHO, J. C. B.; FRANKE, L. B. Efeito da polinização sobre a produção e qualidade de sementes de *Adesmia latifolia*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 81-90, 2008.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p. 272-578.
- CAMERON, S. A. Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). **Annual Review of Entomology**, v. 49, p. 377-404, 2004.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA NETO, P. **Abelhas sem ferrão do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016. 124 p.
- CHIARI, W. C.; TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; OLIVEIRA, A. J. B.; SAKAGUTI, E.; ATENCIA, V. M.; COSTA, F. M.; MITSUI, M. H. Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.
- CRESPI, B. J.; YANEGA, D. The definition of eusociality. **Behavior Ecology**, v. 6, n. 1, p. 109-115, 1995.
- CRUZ, D. O.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; SILVA, E. M. S.; BOMFIM, I. G. A. Pollination efficiency on the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1197-1201, 2005.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v. 77, n. 2, p. 67-70, 1996.
- DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. **Crop Pollination by Bees**. Wallingford, UK: CABI, 2000.
- DODSON, C. H.; DRESSLER, R. L.; HILLS, H. G.; ADAMS, R. M.; WILLIAMS, N. H. Biologically active compounds in orchid fragrances. **Science**, v. 164, n. 3885, p. 1243-1249, 1969.

- DRESSLER, R. L. Biology of the orchid bees (Euglossini). **Annual Review of Ecology and System**, v. 13, p. 373-394, 1982.
- DURÁN, X. A.; ULLOA, R. B.; CARRILLO, J. A.; CONTRERAS, J. L.; BASTIDAS, M. T. Evaluation of yield component traits of honeybee pollinated (*Apis mellifera* L.) Rapeseed canola (*Brassica napus* L.). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 2, p. 309-314, 2010.
- ELTZ, T.; SAGER, A.; LUNAU, K. Juggling with volatiles: exposure of perfumes by displaying male orchid bees. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 191, n. 7, p. 575-581, 2005.
- FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D.; CARVALHEIRO, L. G.; BIESMEIJER, J. C.; ROCHA, P. L. B.; VIANA, B. F. Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 10, p. 2067-2078, 2015.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, p. 109-121, 1998.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, São Paulo, n. 80, p. 44-46, 2005.
- FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (Eds.) **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo, SP: EDUSP, 2012. p. 103-118.
- FREITAS, B. M.; OLIVEIRA-FILHO, J. H. Criação de abelhas mamangavas (*Xylocopa* spp.) para polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). **Mensagem Doce**, n. 80, p. 29-31, 2005.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: RODRIGUES, R. (Ed.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo, SP: ABELHA – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 9-18.
- GAGLIANONE, M. C.; ROCHA, H. H. S.; BENEVIDES, C. R.; JUNQUEIRA, C. N.; AUGUSTO, S. C. Importância de Centridini (Apidae) na polinização de plantas de interesse agrícola: o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis) como estudo de caso na região sudeste do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 152-164, 2010.
- GALLAI, N.; SALLES, J.-M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KREMEN, C.; MORALES, J. M.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; CARVALHEIRO, L. G.; CHACOFF, N. P.; DUDENHÖFFER, J. H.; GREENLEAF, S. S.; HOLZSCHUH, A.; ISAACS, R.; KREWENKA, K.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; POTTS, S. G.; RICKETTS, T. H.; SZENTGYÖRGYI, H.; VIANA, B. F.; WESTPHAL, C.; WINFREE, R.; KLEIN, A. M. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. **Ecology Letters**, v. 14, n. 10, p. 1062-1072, 2011.

GAZZONI, D. L. Impacto da agricultura sobre a população e a diversidade de polinizadores, e formas de mitigação de seus efeitos. In: RODRIGUES, R. (Org.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo, SP: ABELHA – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 32-43.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO JR, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209-223, 2014.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade – UFRGS, 2000. 637 p.

GONZÁLEZ-VARO, J. P.; BIESMEIJER, J. C.; BOMMARCO, R.; POTTS, S. G.; SCHWEIGER, O.; SMITH, H. G.; STEFFAN-DEWENTER, I.; SZENTGYÖRGYI, H.; WOYCIECHOWSKI, M.; VILÀ, M. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 9, p. 524-530, 2013.

GRISWOLD, T.; HERNDON, J. D.; GONZALEZ, V. H. First record of the orchid bee genus *Eufriesea* Cockerell (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the United States. **Zootaxa**, Auckland, v. 3957, n. 3, p. 342-346, 2015.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY, T. E.; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D-X.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, e1500052, 2015.

HANSKI, I. Habitat fragmentation and species richness. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 5, p. 989-993, 2015.

HIPÓLITO, J.; NUNES, D. O.; ANGEL-COCA, C.; MAHLMANN, T.; GALETTO, L.; VIANA, B. F. Performance, Effectiveness, and Efficiency of Honeybees as Pollinators of *Coffea arabica* (Gentianales, Rubiaceae). **Neotropical Entomology**, v. 49, n. 4, p. 501-510, 2020.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GONÇALVES, L. S.; FRANCOY, T. M.; NUNES-SILVA, P. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 213-226, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores no Brasil**: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, SP: EDUSP, 2012. 488 p.

JOLY, C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

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, 2017.

KENNEDY, C. M.; LONSDORF, E.; NEEL, M. C.; WILLIAMS, N. M.; RICKETTS, T. H.; WINFREE, R.; BOMMARCO, R.; BRITTAIN, C.; BURLEY, A. L.; CARIVEAU, D.; CARVALHEIRO, L. G.; CHACOFF, N. P.; CUNNINGHAM, S. A.; DANFORTH, B. N.; DUDENHÖFFER, J-H.; ELLE, E.; GAINES, H. R.; GARIBALDI, L. A.; GRATTON, C.; HOLZSCHUH, A.; ISAACS, R.; JAVOREK, S. K.; JHA, S.; KLEIN, A. M.; KREWENKA, K.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M.; MORANDIN, L.; NEAME, L. A.; OTIENO, M.; PARK, M.; POTTS, S. G.; RUNDLÖF, M.; SAEZ, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TAKI, H.; VIANA, B. F.; WESTPHAL, C.; WILSON, J. K.; GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecology Letters**, v. 16, n. 5, p. 584-599, 2013.

KERR, W. E. Multiple alleles and genetic load in bees. **Journal of Apicultural Research**, v. 6, n. 2, p. 61-64, 1967.

KERR, W. E.; BUENO, D. Natural crossing between *Apis mellifera adansonii* and *Apis mellifera ligustica*. **Evolution**, v. 24, n. 1, p.145-148, 1970.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.

KLEINERT, A. M. P.; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; RIBEIRO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: PANIZA, A. R.; PARRA, J. R. P. (Orgs.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 54 p.

KLINE, O.; JOSHI, N. K. Mitigating the effects of habitat loss on solitary bees in agricultural ecosystems. **Agriculture**, v. 10, n. 4, 115, 2020.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. The area requirements of an ecosystem service: Crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v. 7, n. 11, p. 1109–1119, 2004.

LAMBIN, E. F.; TURNER, B. L.; GEIST, H. J.; AGBOLA, S. B.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O. T.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P. S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E. F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P. S.; XU, J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, n. 4, p. 261-269, 2001.

LAURANCE, W. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, v. 142, 1137, 2009.

LIMA, M. C.; ROCHA, S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento**. Brasília, DF: Ibama, 2012. 88 p.

MADER, E.; SHEPHERD, M.; VAUGHN, M. **Attracting native pollinators: Protecting North America's bees and butterflies**. North Adams, MA: Storey Publishing, 2011. 371 p.

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, 2013.

MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, n. 7, p. 771-773, 2004.

MARTINELLI, G.; VALENTE, A. S. M.; MAURENZA, D.; KUTSCHENKO, C.; JUDICE, D. M.; SILVA, D. S.; FERNANDEZ, E. P.; MARTINS, E. M.; BARROS, F. S. M.; SFAIR, J. C.; SANTOS FILHO, L. A. F.; ABREU, M. B.; MORAES, M. A.; MONTEIRO, N. P.; PIETRO, P. V.; FERNANDES, R. A.; HERING, R. L. O.; MESSINA, T.; PENEDO, T. S. A. Avaliação de risco de extinção de espécies da flora brasileira. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Orgs.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. CNC Flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, 2013. p. 60-84.

MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees: A comparative study**. Cambridge USA, Belknap Press of Harvard University Press, 1974. 404 p.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2 ed. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 2007. 972 p.

MICHENER, C. D. The Meliponini. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. (Orgs.) **Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees**. New York: Springer-Verlag, 2013. p. 3-17.

MILFONT, M. O.; ROCHA, E. E. M.; LIMA, A. O.; FREITAS, B. M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, p. 335-341, 2013.

MILLARD, J.; OUTHWAITE, C. L.; KINNERSLEY, R.; FREEMAN, R.; GREGORY, R. D.; ADEDOJA, O.; GAVINI, S.; KIOKO, E.; KUHLMANN, M.; OLLERTON, J.; REN, Z-X.; NEWBOLD, T. Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 2902, 2021.

- MINCKLEY, R. L.; REYS, S. G. Capture of the orchid bee, *Eulaema polychrome* (Friese) (Apidae: Euglossini) in Arizona, with notes on northern distributions of other Mesoamerican bees. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 69, n. 1, p. 102-104, 1996.
- MISTRO, D. C.; RODRIGUES, L. A. D.; FERREIRA JR, W. C. The africanized honey bee dispersal: a mathematical zoom. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 67, n. 2, p. 281-312, 2005.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. 2. ed. Mexico City: CEMEX, 2005. 392 p.
- MOURA-MORAES, M. C.; FRANTINE-SILVA, W.; GAGLIANONE, M. C.; CAMPOS, L. A. O. The use of different stingless bees species to pollinate cherry tomatoes under protected cultivation. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 68, n. 1, e5227, 2021.
- MOREIRA, E. F.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. Spatial heterogeneity regulates plant-pollinator network across multiple landscape scales. **PloS One**, v. 10, n. 4, p. 1-19, 2015.
- MOURE, J. S. Apini Latreille, 1802. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p. 59-62.
- MOURE, J. S.; MELO, G. A. R. Bombini Latreille, 1802. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p. 62-82.
- MOURE, J. S.; MELO, G. A. R.; FARIA JR., L. R. R. Euglossini Latreille, 1802. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p. 214-255.
- MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**. Curitiba, PR: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. 1058 p.
- MULLU, D. A review on the effect of habitat fragmentation on ecosystem. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 6, n. 15, p. 1-15, 2016.
- NADIA, T. L.; MACHADO, I. C. Polinização por vibração e sistema reprodutivo de duas espécies de *Sauvagesia* L. (Ochnaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 255-265, 2005.
- NASCIMENTO, W. M.; GOMES, E. M. L.; BATISTA, E. A.; FREITAS, R. A. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 30, n. 3, p. 494-498, 2012.

NERY, L. S.; TAKATA, J. T.; CAMARGO, B. B.; CHAVES, A. M.; FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D. Bee diversity responses to forest and open areas in heterogeneous Atlantic Forest. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 65, n. 4, p. 686-695, 2018.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; ROLDÃO, Y. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 537-546, 2013.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

ORR, M. C.; HUGHES, A. C.; CHESTERS, D.; PICKERING, J.; ZHU, C-D.; ASCHER, J. S. Global patterns and drivers of bee distribution. **Current Biology**, v. 31, n. 3, p. 451-458, 2021.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. F.; SILVA, J. M. C. A fauna brasileira ameaçada de extinção: síntese taxonômica e geográfica. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Orgs.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p. 63-70.

PAZ, F. S.; PINTO, C. E.; BRITTO, R. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GIANNINI, T. C. Edible fruit plant species in the Amazon Forest rely mostly on bees and beetles as pollinators. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 2, p. 710-722, 2021.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014.

PEREIRA, F. M.; FREITAS, B. M.; LOPES, M. T. R. **Nutrição e alimentação das abelhas**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2011. 113 p.

PERUZZOLO, M. C.; CRUZ, B. C. F.; RONQUI, L. Polinização e produtividade do café no Brasil. **Pubvet**, v. 13, n. 4, p. 1-6, 2019.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S.; TEIXEIRA, E. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NUEMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, p. 220-229, 2016.

- PUTTKER, T.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; SCHMOELLER, M.; MAURENZA, D.; ALVES-PINTO, H.; PARDINI, R.; VIEIRA, M. V.; BANKS-LEITE, C.; FONSECA, C. R.; METZGER, J. P.; ACCACIO, G. M.; ALEXANDRINO, E. R.; BARROS, C. S.; BOGONI, J. A.; BOSCOLO, D.; BRANCALION, P. H. S.; BUENO, A. A.; PREDEVELLO, J. A. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, 103868, 2020.
- RAMÍREZ, S.; DRESSLER, R. L.; OSPINA, M. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. **Biota Colombiana**, Bogotá, v. 3, n. 1, p. 7-118, 2002.
- RAMÍREZ, S. R. Orchid bees. **Current Biology**, v. 19, n. 23, p.1061-1063, 2009.
- RAW, A. **Leafcutter and Mason Bees: a Biological Catalogue of the Genus *Megachile* of the Neotropics**. Ilhéus, BA: UESC, 2004. 97 p.
- RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; DEWENTER, I-S.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A.; VIANA, B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.
- RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F. R.; FORTIN, M. J. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Orgs.). **Biodiversity hotspots**. Springer, Heidelberg, 2011. p. 405-434.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- RIZZARDO, R. A. G.; FREITAS, B. M.; MILFONT, M. O.; SILVA, E. M. S. A polinização de Culturas oleaginosas com potencial de para Produção de biodiesel: Estudo de Caso com a mamona (*Ricinus communis* L.). In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 8., 2008, Ribeirão Preto, **Anais [...]**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2008. p. 72-79.
- RIZZARDO, R. A. G.; MILFONT, M. O.; SILVA, E. M. S.; FREITAS, B. M. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.
- REQUIER, F.; ODOUX, J-F.; HENRY, M.; BRETAGNOLLE, V. The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 4, p. 1161-1170, 2017.
- REQUIER, F.; LEONHARDT, S. D. Beyond flowers: including non-floral resources in bee conservation schemes. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 43, p. 5-16, 2020.
- ROBERTS, L. Population is growing - fast... 9 billion? **Science**, v. 333, n. 6042, p. 540–543, 2011.

ROSENZWEIG, C.; ELLIOTT, J.; DERYNG, D.; RUANE, A. C.; MULLER, C.; ARNETH, A.; BOOTE, K. J.; FOLBERTH, C.; GLOTTER, M.; KHABAROV, N.; NEUMANN, K.; PIONTEK, F.; PUGH, T. A. M.; SCHMID, E.; STEHFEST, E.; YANG, H.; JONES, J. W. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparasion. **PNAS**, v. 111, n. 9, p. 3268-3273, 2014.

ROUBIK, D. W.; HANSON, P. E. **Orchid bees of tropical America: Biology and Field Guide**. Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidade (INBio), 2004. 370 p.

SANCHEZ-JUNIOR, J. L. B.; MALERBO-SOUZA, D. T. Frequência dos insetos na polinização e produção de algodão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 461-465, 2004.

SANTOS, S. A. B.; ROSELINO, A. C.; HRNCIR, M.; REGO, L. R. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.

SANTOS, E.; MENDOZA, Y.; VERA, M.; CARRASCO-LETELIER, L.; DÍAZ, S.; INVERNIZZI, C. Increase in soybean (*Glycine max*) production using honey bees (*Apis mellifera*). **Agrociencia Uruguay**, v. 17, n. 1, p. 81-90, 2013.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, p. 2319-2331, 2015.

SHEFFIELD, C. S.; SMITH, R. F.; KEVAN, P. G. Perfect syncarpy in apple (*Malus x domestica* 'Summerland McIntosh') and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae). **Annals of Botany**, v. 95, n. 4, p. 583-591, 2005.

SHEPPARD, W. S.; RINDERER, T. E.; MAZZOLI, J. A.; STELZER, J. A.; SHIMANUKI, H. Gene flow between African-and European-derived honey bee populations in Argentina. **Nature**, v. 349, n. 6312, p.782-784, 1991.

SILVA, E. M. S.; FREITAS, B. M.; SILVA, L. A.; CRUZ, D. O.; BOMFIM, I. G. A. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 3, p. 386-390, 2005.

SILVA, C. I.; ALEIXO, K. P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia ilustrado de abelhas polinizadoras no Brasil**. 1. ed. São Paulo, SP: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2014. 54 p.

SILVA, C. I.; PACHECO FILHO, A. J. S.; FREITAS, B. M. Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura. In: RODRIGUES, R. (Ed.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo, SP: ABELHA – Associação Brasileira de Estudos das Abelhas, 2015. p. 19-31.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, F. A.; HRNCIR, M. Efeito de diferentes tratamentos de polinização em berinjela em casa de vegetação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 30-36, 2016.

- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras**: sistemática e identificação. 1 ed., Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.
- SKOV, C.; WILEY, J. Establishment of the Neotropical orchid bee *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Apidae) in Florida. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 2, p. 255-227, 2005.
- SLAA, J.; SÁNCHEZ, L. A.; BRAGA, K.; HOFSTEDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 1-23, 2006.
- SOUSA, R. M.; CUNHA, M. B.; RIBEIRO, D. C. F.; SILVA, N. C. B.; RIBEIRO, F. M. Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo*). **Nutritime**, v. 13, n. 5, p. 4815-4818, 2016.
- SOUZA, F. F.; MALERBO-SOUZA, D. T. Entomofauna visitante e produção de frutos em melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) - Cucurbitaceae. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 449-454, 2005
- TONHASCA JR, A.; ALBUQUERQUE, G. S.; BLACKMER, J. L. Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, n. 1, p. 99-102, 2003.
- TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857-874, 2005.
- VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D. R.; PETTIS, J. S. Colony collapse disorder: a descriptive study. **PLoS ONE**, v. 4, n. 8, e6481, 2009.
- VAN GEERT, A.; VAN ROSSUM, F.; TRIEST, L. Do linear landscape elements in farmland act as biological corridors for pollen dispersal? **Journal of Ecology**, v. 98, n. 1, p. 178-187, 2010.
- VASCONCELOS, G. R.; HALAK, A. L.; SILVA, F. A. S.; RONCOLATO, A. P.; MALERBO-SOUZA, D. T. Agentes polinizadores e produção de sementes em cultura de girassol. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 8., 2008, Ribeirão Preto, **Anais [...]**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2008. p. 468.
- VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (Orgs.) **Polinizadores no Brasil**: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo. SP: EDUSP, 2012. p. 213-236.
- VIANA, B. F.; BOSCOLO, D.; NETO, E. M.; LOPES, L. E.; LOPES, A. V.; FERREIRA, P. A.; PIGOZZO, C. M.; PRIMO, L. M. How well do we understand landscape effects on

pollinators and pollination services? **Journal of Pollination Ecology**, v. 7, n. 5, p. 31-41, 2012.

WHEELER, T.; VONBRAUN, J. Climate change impact on global food security. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 508-513, 2013.

WHITFIELD, C. W.; BEHURA, S. K.; BERLOCHER, S. H.; CLARK, A. G.; JOHNSTON, J. P.; SHEPPARD, W. S.; SMITH, D. R.; SUAREZ, A. V.; WEAVER, D.; TSUTSUI, N. D. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. **Science**, v. 314, n. 5799, p. 642-645, 2006.

WHITTEN, W. M.; WILLIAMS, N. H.; ARMBRUSTER, W. S.; BATTISTE, M. A. Carvone oxide: an example of convergent evolution in Euglossine pollinated plants. **Systematic Botany**, v. 11, n. 1, p. 222-228, 1986.

WILLIAMS, N. H.; WHITTEN, W. M. Orchid floral and male Euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. **Biological Bulletin**, v. 164, n. 3, p. 355-395, 1983.

WILLIAMS, K. J.; FORD, A.; ROSAUER, D. F.; DE SILVA, N.; MITTERMEIER, R.; BRUCE, C.; LARSEN, F. W.; MARGULES, C. Forests of East Australia: the 35th biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Orgs.). **Biodiversity hotspots**. Springer, Heidelberg, 2011. p. 295-310.

WILSON, M. C.; CHEN, X-Y.; CORLETT, R. T.; DIDHAM, R. K.; DING, P.; HOLT, R. D.; HOLYOAK, M.; HU, G.; HUGHES, A. C.; JIANG, L.; LAURANCE, W. F.; LIU, J.; PIMM, S. L.; ROBINSON, S. K.; RUSSO, S. E.; SI, X.; WILCOVE, D. S.; WU, J.; YU, M. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 219-227, 2016.

WILSON, E. O. **The Insect Societies**. Cambridge, USA, The Belknap Press of Harvard University Press, 1971, 420 p.

WILSON, C. J.; JAMIESON, M. A. The effects of urbanization on bee communities depends on floral resource availability and bee functional traits. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, e0225852, 2019.

WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, B.; LISBOA, B. B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2014. 143 p.

WRATTEN, S. D.; GILLESPIE, M.; DECOURTYE, A.; MADER, E.; DESNEUX, N. Pollination habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 159, p. 112-122, 2012.

YAMAMOTO, M.; SILVA, C. I.; AUGUSTO, S. C.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. **Apidologie**, v. 43, n. 5, p. 515-526, 2012.

ZHAO, C.; LIU, B.; PIAO, S.; WHANG, X.; LOBELL, D. B.; HUANG, Y.; HUANG, M.; YAO, Y.; BASSU, S.; CIAIS, P.; DURAND, J-L.; ELLIOTT, J.; EWERT, F.; JANSSENS, I.

A.; LI, T.; LIN, E.; LIU, Q.; MARTRE, P.; MULLER, C.; PENG, S.; PENUELAS, J.; RUANE, A. C.; WALLACH, D.; WANG, T.; WU, D.; LIU, Z.; ZHU, Y.; ZHU, Z.; ASSENG, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **PNAS**, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017.

CAPÍTULO 2

ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE ABELHAS EUGLOSSINA (HYMENOPTERA: APIDAE) EM UM MOSAICO DE PAISAGENS EM ÁREA DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

RESUMO

Euglossina é uma subtribo de Apini composta por um grupo de abelhas que são caracterizadas pela sua coloração metálico brilhante, sendo conhecidas popularmente como abelhas das orquídeas. Estima-se que as abelhas desse grupo sejam responsáveis por polinizar mais de 200 gêneros botânicos agrupados em 69 famílias, principalmente Orchidaceae. Com a expansão das áreas de cultivo, utilização de práticas agrícolas intensivas (uso de produtos fitossanitários) e mudanças no uso da terra devido principalmente as atividades da agricultura e pecuária acabam contribuindo para o declínio das comunidades de polinizadores. Medidas que mitigam os impactos ocasionados sobre as comunidades de polinizadores e que estabeleça um elo entre práticas agrícolas sustentáveis e conservação da biodiversidade se tornam necessárias. Portanto, o objetivo desse estudo foi comparar a abundância e riqueza de espécies de abelhas das orquídeas em paisagens agrícolas e florestais em uma área de Mata Atlântica, além de identificar a preferência das espécies por iscas aromáticas, a similaridade entre os habitats e a flutuação populacional das espécies coletadas. As amostragens foram realizadas no município de Maria da Fé, no Campo Experimental da EPAMIG, sul de Minas Gerais, Brasil. O estudo foi realizado em cinco habitats distintos: remanescente de vegetação nativa, floresta em regeneração, macieira, oliveira e pessegueiro. Dentro de cada habitat selecionamos três sítios de amostragens, e para cada sítio instalamos três armadilhas com essências diferentes (eugenol, salicilato de metila e vanilina), totalizando assim 45 armadilhas, sendo nove armadilhas por habitat. As abelhas euglossinas foram amostradas durante 12 meses (novembro de 2017 a outubro de 2018) em todos os cinco habitats durante 15 dias de cada mês. Coletamos 1.416 machos de abelhas das orquídeas, pertencentes a quatro gêneros e 10 espécies. Destes, a maior abundância de abelhas foi registrada para o remanescente de floresta com 791 espécimes. A espécie *Ef. violacea* foi a mais abundante em todos os habitats, seguido por *Eg. truncata* e *El. nigrita*. A maior riqueza de espécies foi registrada para a cultura do pessegueiro, com nove espécies. Vanilina foi o aroma mais eficiente na atratividade da abundância de abelhas. Concluímos que o mosaico de paisagens agrícolas e florestais podem favorecer o fluxo de abelhas em habitats antropizados, além de aumentar as taxas de visitas das abelhas nas culturas agrícolas.

Palavras-chave: Abelhas das orquídeas, Diversidade, Floresta em regeneração, Remanescente de vegetação nativa, Culturas agrícolas.

CHAPTER 2

ABUNDANCE AND RICHNESS OF EUGLOSSINA BEES (HYMENOPTERA: APIDAE) IN A MOSAIC OF LANDSCAPES IN ATLANTIC FOREST AREA, SOUTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL

ABSTRACT

Euglossine is a subtribe of Apini composed of a group of bees that are characterized by their shiny metallic color, being popularly known as orchid bees. It is estimated that bees in this group are responsible for pollinating more than 200 botanical genera grouped into 69 families, mainly Orchidaceae. With the expansion of cultivated areas, use of intensive agricultural practices (use of phytosanitary products) and changes in land use mainly due to agriculture and livestock activities end up contributing to the decline of pollinator communities. Measures that mitigate the impacts on pollinator communities and establish a link between sustainable agricultural practices and biodiversity conservation are necessary. Therefore, the goal of this study was to compare the abundance and species richness of orchid bees in agricultural and forest landscapes in an area of Atlantic Forest, in addition to identifying the species preference for aromatic baits, the similarity between habitats and the population fluctuation of collected species. The samplings were carried out in the municipality of Maria da Fé, in the Experimental Field of EPAMIG, southern Minas Gerais, Brazil. The study was carried out in five distinct habitats: remnant of native forest, regenerating forest, apple, olive and peach tree. Within each habitat, we selected three sampling sites, and for each site we installed three different essences (eugenol, methyl salicylate and vanillin), thus totaling 45 traps, with 9 traps per habitat. Euglossina bees were sampled for 12 months (November 2017 to October 2018) in all five habitats for 15 days of each month. We collected 1.416 male orchid bees, belonging to four genera and 10 species. Of these, the highest bee abundance was recorded for the forest remnant with 791 specimens. The species *Ef. violacea* was the most abundant in all habitats, followed by *Eg. truncata* and *El. nigrita*. The highest species richness was recorded for the peach tree, with nine species. Finally, vanillin was the most efficient aroma in attracting the abundance of bees. We conclude that the mosaic of agricultural and forest landscapes can favor the flow of bees in human habitats, in addition to increasing bee visitation rates in agricultural crops.

Keywords: Orchid bees, Diversity, Regenerating forest, Remnant of native forest, Agricultural crops.

1 INTRODUÇÃO

Euglossina é uma subtribo de Apini composta por um grupo de abelhas que são caracterizadas pela sua coloração metálico brilhante, sendo conhecidas popularmente como abelhas das orquídeas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Com aproximadamente 240 espécies conhecidas (MOURE; URBAN; MELO, 2012), são amplamente distribuídas na região Neotropical indo até o extremo sul da região Neártica (DODSON et al., 1969; ROUBIK; HANSON, 2004). Tipicamente mais diversificadas em florestas quentes e úmidas, são importantes na manutenção e no sucesso reprodutivo de uma grande diversidade de espécies vegetais em ecossistemas tropicais (DRESSLER, 1968; DRESSLER, 1982; CAMPOS et al., 1989; ROUBIK; HANSON, 2004). Estima-se que as abelhas desse grupo sejam responsáveis por polinizar mais de 200 gêneros botânicos agrupados em 69 famílias (JANSEN, 1971; RÊBELO, 2001; RAMÍREZ et al., 2002), incluindo muitas espécies de importância econômica (DRESSLER, 1968; DRESSLER, 1982).

As espécies de euglossinas são divididas em cinco gêneros: *Aglae* Lepeteliet & Servile, 1825, *Euglossa* Latreille, 1802, *Eufriesea* Cockerell, 1908, *Eulaema* Lepeletier, 1841 e *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817. *Aglae* e *Exaerete* são cleptoparasitas de ninhos de outras espécies de euglossinas (DRESSLER, 1982; MORATO, 2001; SILVEIRA, MELO; ALMEIDA, 2002; CAMERON, 2004; ROUBIK; HANSON, 2004; ANJOS-SILVA; ENGEL; ANDENA, 2007; ANJOS-SILVA, 2008).

Caracterizando as espécies cleptoparasitas de ninhos, o gênero *Aglae* é representado apenas pela espécie *Aglae coeruleae* Lepeletier & Serville, 1825, enquanto que o gênero *Exaerete* é representado por sete espécies. As espécies dentro dos gêneros *Aglae* e *Exaerete* são de porte grande e coloração metálica verde-azulado e esverdeado, respectivamente. As espécies que compõem os gêneros *Euglossa* e *Eufriesea*, as quais também são caracterizadas pelo brilho metálico de várias cores, são consideradas de porte pequeno e médio, respectivamente. *Euglossa* é o gênero mais diversificado com mais de 110 espécies, seguida por *Eufriesea* com 62 espécies. Por fim, *Eulaema* (26 espécies) é o único gênero em que suas espécies não são caracterizadas pela coloração metálica, normalmente são abelhas de coloração preta com manchas amarelas distribuídas na região do abdômen e podem ser facilmente confundidas com espécies do gênero *Bombus* e *Xylocopa* (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002; ANJOS-SILVA; RÊBELO, 2006; OLIVEIRA, 2006; NEMÉSIO, 2007).

Uma característica marcante do grupo é que os espécimes machos realizam coletas de aromas florais em diversas famílias botânicas, principalmente em espécies de Orchidaceae,

onde muitas espécies são exclusivamente polinizadas por esse grupo de abelhas. Acredita-se que esses compostos coletados apresentam função importante na sua biologia reprodutiva, como por exemplo, para a síntese de feromônios que auxiliará no comportamento de demarcação de território, agregação e acasalamento (DODSON et al., 1969; KIMSEY; 1980; DRESSLER, 1982; WILLIAMS; WHINTTEN, 1983; ELTZ et al., 1999; RAMÍREZ et al., 2002; CAMERON, 2004; BEMBÉ, 2004; ELTZ; LUNAU, 2005).

Devido a interação entre os machos dessas abelhas e os compostos aromáticos, os espécimes desse grupo acabam sendo facilmente atraídos por aromas sintéticos semelhante ao encontrado nas flores, o que possibilitou estudos mais detalhados dos espécimes desse grupo, caracterizando-os como possíveis bioindicadores de qualidade do habitat (TONHASCA et al., 2002; NEMÉSIO, 2009; FARIA; MELO, 2012; GONÇALVES et al., 2014), pois são utilizados em pesquisas que avaliam as consequências diretas e indiretas da fragmentação de florestas (BROSI et al., 2008; BROSI, 2009; AGUIAR; GANGLIANONE, 2012; ANDRADE-SILVA et al., 2012).

A polinização, serviço ecossistêmico prestado pelas abelhas, é fundamental tanto para a manter a biodiversidade vegetal em ambientes naturais quanto para aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos oriundos da produção agrícola. Porém, com a expansão das áreas de cultivo, utilização de práticas agrícolas intensivas (uso de produtos fitossanitários) e mudanças no uso da terra devido principalmente as atividades da agricultura e pecuária acabam afetando a continuidade desse serviço ambiental em virtude da perda ou fragmentação de habitats que reduz de forma drástica a vegetação nativa diversificada, essencial para que os polinizadores consigam fontes alimentares de qualidade e locais adequados para nidificação (GAZZONI, 2015). Além disso, esse isolamento de fragmentos florestais devido a grandes áreas de monocultura é apontado como uma das principais causas do declínio das comunidades de polinizadores, visto que afeta o fluxo biológico entre espécies e reduz a variabilidade genética podendo levar as extinções de espécies em situação vulnerável (FERREIRA et al., 2015; WILSON et al., 2016; WILSON; JAMIESON, 2019; PUTTKER et al., 2020; MILLARD et al., 2021).

Medidas que mitigam os impactos ocasionados sobre as comunidades de polinizadores e que estabeleça um elo entre práticas agrícolas sustentáveis e conservação da biodiversidade se tornam necessárias (GAZZONI, 2015; BERGAMO et al., 2021). Algumas dessas medidas sugeridas seria a preservação da vegetação nativa que circunda as áreas agrícolas beneficiando as comunidades de abelhas maximizando a polinização nesses ambientes, além de planejar iniciativas de restauração ecológica de áreas em conjunto com a agricultura (BERGAMO et al.,

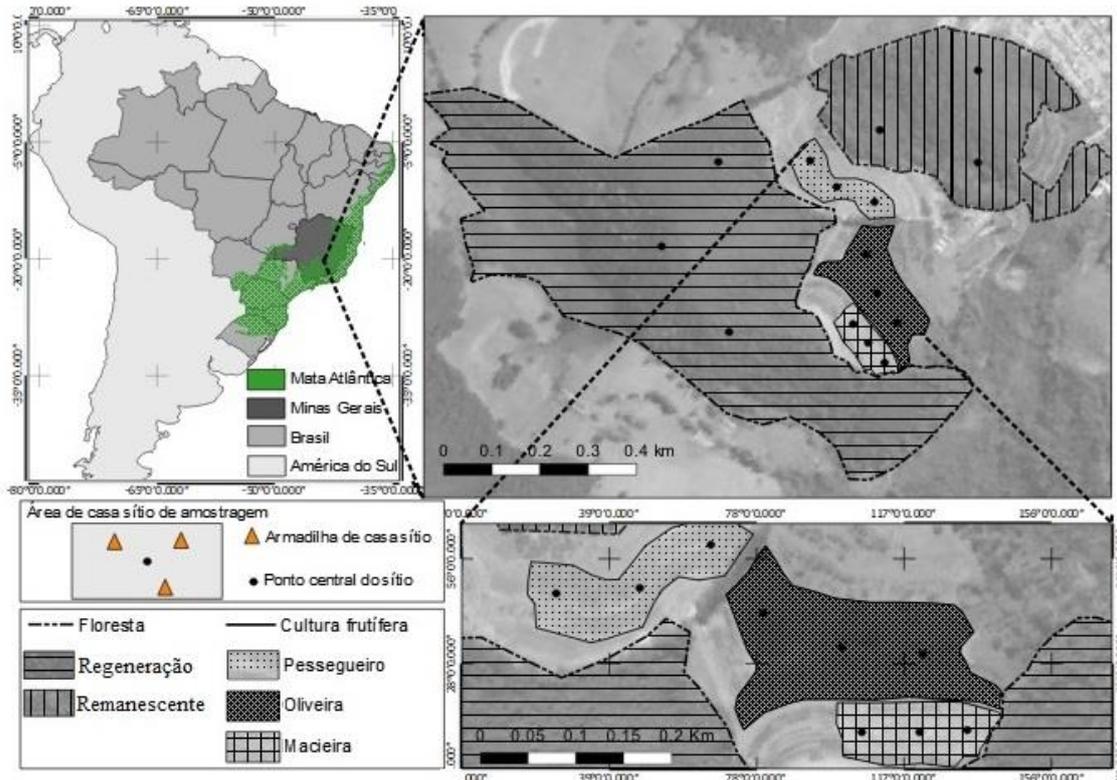
2021). Portanto, o objetivo desse estudo foi comparar a abundância e riqueza de espécies de abelhas das orquídeas em paisagens agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro) e florestais (fragmento remanescente de vegetação nativa e fragmento em regeneração) em área de Mata Atlântica, além de identificar a preferência das espécies pelas iscas aromáticas, a similaridade entre os habitats e a flutuação populacional das espécies coletadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em cinco habitats distintos: Remanescente, Regeneração, Macieira, Oliveira e Pessegueiro, todos localizados no município de Maria da Fé, no Campo Experimental (CEMF) da Empresa de Pesquisa e Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), sul de Minas Gerais, Brasil. O CEMF é uma unidade que compreende 113 ha, sendo destinados 78 ha para a preservação florestal e 35 ha para os cultivos agrícolas e infraestrutura da unidade. A área do CEMF é cercada por pastagens e faz divisa com o perímetro urbano de Maria da Fé. O CEMF inclui culturas convencionais (azeitona, pêsego, maçã, goiaba e ameixa) e fragmentos de florestas: remanescente e reflorestamento. Dentro de cada habitat selecionamos três sítios de amostragens, e para cada sítio instalamos três armadilhas com três diferentes essências, totalizando assim 45 armadilhas, sendo nove armadilhas por habitat (3 sítios x 5 habitats x 3 essências = 45) (Figura 1).

Figura 1 – Mapa da área amostral localizado no Campo Experimental da EPAMIG, Maria da Fé, sul de Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Do Autor (2021)

2.2 Características dos habitats

Para definir os sítios de amostragens nos cinco habitats usamos dados de satélite do Google Earth Pro e Global Forest Change dataset (HANSEN et al., 2013). As características dos habitats (Tabela 1) foram descritas antes de iniciar a pesquisa de campo, durante o planejamento teórico. O tamanho de cada fragmento de habitat (cultura ou floresta) foi determinado usando métricas do Google Earth Pro, Global Forest Change dataset e QGIS versão 2.18 (2016).

Tabela 1 - Gradientes ambientais: fragmento de habitat, coordenadas geográficas, tamanho do fragmento (ha), média de elevação (m), distância da borda da floresta, características dos cinco habitats (Remanescente, Regeneração, Macieira, Oliveira, Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil.

Fragmento de habitat	Sítios ^a	Coordenadas geográficas	Tamanho (ha)	Elevação (m)	Distância da floresta (m) ^b	Formação vegetal	Características dos habitats
Remanescente	RM1	22°18'48.43"S 45°22'35.23"W	5.39	1303	---	Floresta nativa	Floresta com vegetação original da MA, com grande diversidade e bancos de sementes.
	RM2	22°18'46.32"S 45°22'28.12"W	6.70	1307	---		
	RM3	22°18'41.29"S 45°22'29.63"W	3.47	1331	---		
Regeneração	RF1	22°19'04.75"S 45°22'44.62"W	18.09	1375	---	Floresta (bosque)	Bosque com árvores jovens de tamanho médio com média incidência luminosa formando um dossel com clareira.
	RF2	22°18'57.48"S 45°22'42.23"W	7.53	1353	---		
	RF3	22°19'06.14"S 45°22'36.70"W	15.6	1357	---		
Macieira	M1	22°19'02.52"S 45°22'28.84"W	0.35	1338	49.03	Cultura frutífera de maçã	Cultivo agrícola que produz um pseudofruto: a maçã. Flores de cor branca ou róseas dispersoras de aromas
	M2	22°19'02.32"S 45°22'26.92"W	0.34	1332	88.41		
	M3	22°19'63.82"S 45°22'25.75"W	0.37	1332	27.90		
Oliveira	O1	22°19'01.70"S 45°22'25.75"W	1.0	1323	76.93	Cultura frutífera de azeitona	Cultivo agrícola que produz a azeitona, um fruto oleaginoso. Flores brancas, pequenas e não aromatizadas.
	O2	22°18'59.38"S 45°22'27.78"W	1.13	1316	152.35		
	O3	22°18'53.89"S 45°22'32.60"W	1.33	1314	107.92		
Pessegueiro	P1	22°18'54.61"S 45°22'32.06"W	0.45	1310	74.66	Cultura frutífera de pêssego	Cultivo agrícola que produz o pêssego, um fruto aveludado. Flores com cores de roxo a branco e odor forte e agradável.
	P2	22°18'53.65"S 45°22'34.10"W	0.46	1313	66.65		
	P3	22°18'53.74"S 45°22'37.43"W	0.59	1314	88.36		

^a = Sítios de amostragens das abelhas nos cinco tipos de habitats. ^b = Distância da borda da floresta mais próxima do sítio de amostragem. MA = Mata Atlântica.

Remanescente é qualquer área com vegetação contínua natural, podendo ser interrompida por barreiras naturais ou antrópicas que diminuam o fluxo de sementes e animais que vivem nesse habitat (BRASIL, 1994). Essa estrutura florestal comporta vegetação nativa em estágio primário (BRASIL, 2012). O estágio primário, também conhecido como “floresta clímax”, é o estágio mais avançado de sucessão ecológica de uma floresta com formação de bancos de sementes e regeneração de espécies tardias. Na região de estudo, o remanescente florestal é um pequeno fragmento com árvores antigas (> 40 anos) de Floresta Estacional Semidecidual (IBAMA, 1991), com grande diversidade biológica formando um dossel, pertencente ao bioma Mata Atlântica (BRASIL, 2010) (Figura 1).

Regeneração ou estágio secundário é um habitat que sofreu uma grande perturbação e está em alto grau de regeneração natural, processo que tem no mínimo 15 anos, nesse estágio a floresta se assemelha ao estágio primário, resultante de processos naturais de sucessão (BRASIL, 1994; BRASIL, 2012). Na área de estudo, o fragmento em regeneração é composto por árvores de tamanho médio, distanciadas uma das outras formando um dossel pouco fechado, com cerca de 20 m de altura, tendo média incidência luminosa e espécies de plantas pioneiras com estágios evidentes de regeneração (inicial, intermediário e avançado). Há também presença de uma grande variedade de lianas e arbustos.

Macieira é um habitat de cultivo agrícola que produz um pseudofruto de grande importância econômica no Brasil: a maçã. A planta pertencente à família Rosaceae, subfamília Maloidae (Pomoidae) e gênero *Malus*, a árvore pode medir até 10 metros de altura, com copa arredondada, com folhas caducas (caducifólia ou decídua) que perdem suas folhas durante o inverno, flores de cor branca ou róseas dispersoras de aromas, fruto de coloração básica entre vermelho e verde, e caule de cor pardo e liso (EMBRAPA, 1994). Para obter uma boa produtividade, as macieiras precisam de uma quantidade mínima de horas de frio abaixo de 7,2°C (EMBRAPA, 1994; PETRI; LEITE, 2008). Nesse estudo, a cultura da maçã compreendia uma área de 1 ha com o cultivar EVA, sendo o principal cultivar produzido no estado de Minas Gerais. O cultivo agrícola era uma área de pleno sol, sendo realizado o manejo de poda, mantendo os espécimes de macieira com altura entre 1,5 a 1,8 m. A macieira possuía 13 fileiras de árvores. As fileiras estavam espaçadas uma da outra entre 1,5 a 3,0 m. O espaçamento entre as árvores era de 1,5 m. Esse pomar tinha cerca de 1.200 macieiras (ver Figura 1).

Oliveira é um habitat formado por árvores frutíferas, pertencente à família Oleaceae, espécie *Olea europaea*. A cultura de azeitona é composta por árvores que raramente ultrapassam 10 metros de altura, as raízes podem atingir 6 metros de profundidade, tronco retorcido bastante tortuoso, flores de cor branca, pequenas e não aromatizadas, frutos ovoides:

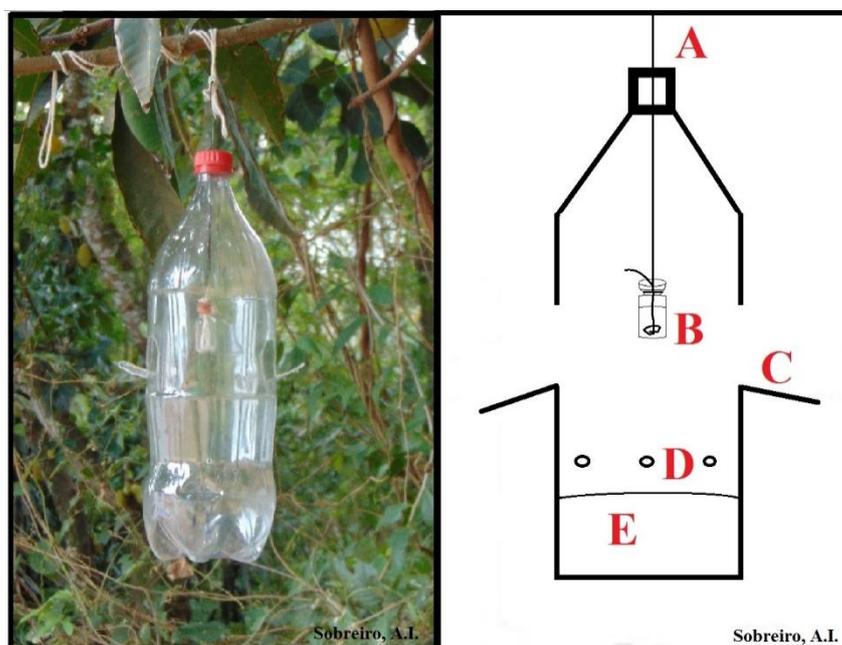
as azeitonas, de grande importância econômica no mundo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009; COUTINHO et al., 2015). Na área de estudo, as árvores possuíam cerca de 3,0 a 5,0 m de altura sendo manejados por podas, a floração surgia no final do inverno e as azeitonas apareciam durante o final da primavera, onde cresciam e eram colhidas no verão. A área cultivada correspondia a 3,35 ha e sob o solo havia uma grande diversidade de espécies de gramíneas, as quais, durante a amostragem das abelhas foram mantidas sempre acima de 60 cm de altura. A oliveira possuía 16 fileiras de árvores, distanciadas em 4,0 m na entrelinha e 6,0 m entre as árvores.

Pessegueiro é um habitat de cultivo agrícola e de grande importância produtiva para o país, caracterizado por possuir árvores decíduas, que perdem as folhas em certa estação anual, possui folhas alternas e serenas, raízes pivotantes, que possui uma raiz principal maior de onde partem as raízes laterais e numerosas (EMBRAPA, 1993). Na área de estudo, as flores do pessegueiro aparecem em meados do inverno, possuem cor rosa (variando entre roxa e branca), variando entre 2,0 e 3,0 cm de comprimento, e ainda, com fortes e agradáveis aromas. A cultura do pessegueiro corresponde a 1,42 ha e é uma área cercada por floresta e pela cultura de oliveira. O pessegueiro possuía 10 fileiras de árvores de pêssego. As fileiras estavam distanciadas entre 3,0 e 5,0 m uma da outra. As árvores nas fileiras estavam distanciadas entre 2,0 e 3,0 m uma da outra.

2.3 Amostragem

As abelhas euglossinas foram amostradas durante 12 meses (entre novembro de 2017 e outubro de 2018) em todos os cinco habitats. Em cada habitat foram instalados três sítios de amostragem, distanciados um do outro entre 60 a 300 m, cada um com três armadilhas com essências distintas, sendo utilizadas o eugenol, salicilato de metila e vanilina. Para cada sítio de amostragem foi instalado uma armadilha aromática para cada essência. As armadilhas permaneceram nos habitats durante 15 dias de cada mês, sendo realizada uma amostra por mês durante um ano, totalizando 4.320 horas de amostragem por habitat (15 dias x 24 horas x 12 meses = 4.320 horas). Em cada sítio de amostragem, as armadilhas foram instaladas em pontos fixos, assim, em todos os eventos de amostragens, as armadilhas seguiam o mesmo delineamento espacial. Em cada sítio o ponto fixo foi marcado com fita listrada e tinta spray. As armadilhas de garrafa do tipo PET foram confeccionadas de acordo com Sobreiro et al. (2019) (Figura 2).

Figura 2 - Modelo de armadilha de isca aromática para captura de abelhas *Euglossina* de acordo com Sobreiro et al. (2019). (A) Bocal com arame usado como suporte para manter a armadilha suspensa. (B) Frasco de vidro contendo a essência aromática e na tampa, presença de barbante que servia como pavio para volatização da essência por capilaridade. (C) Aberturas laterais usadas como “área de pouso” para as abelhas coletoras de essência. (D) Aberturas circulares usadas para drenar o excesso de água e não perder o material biológico. (E) Solução conservadora contendo 300 mL de água, 5 g de sal, 200 mL de álcool 92% e 30 mL de detergente neutro.



Fonte: Sobreiro et al. (2019)

Após esse período de 15 dias, as armadilhas eram removidas para triagem do material amostrado, limpeza das garrafas Pets e substituição das essências aromáticas. As armadilhas eram reinstaladas na primeira quinzena de cada mês, durante 12 meses. No laboratório, as abelhas eram limpas, agrupadas por táxons, montadas em alfinetes entomológicos e identificadas com auxílio de especialista (Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior – Universidade Federal de Minas Gerais). Os exemplares das abelhas serão depositados no Centro de Coleções da UFLA.

2.4 Análise dos dados

A diversidade das abelhas foi calculada usando o Índice de Shannon-Wiener. Para a dominância usamos dois índices inversamente proporcionais, o de Berger-Parker (d) e Simpson

(D-1) (MELO, 2008). Enquanto que para determinar a uniformidade de cada habitat usamos o Índice de Equitabilidade (J') (MAGURRAN, 2004)

Para compreender a similaridade entre os tipos de habitats realizamos um Dendrograma de Cluster no software R versão 3.4.1 (R Development Core Team, 2017). E por fim, para investigar as respostas da assembleia de abelhas aos diferentes tipos de habitats e ao uso de essências aromáticas realizamos uma Análise Multidimensional Não Métrica (NMDS). Na NMDS, o primeiro eixo representa a distribuição das espécies, enquanto que o segundo eixo representa a atratividade das essências aromáticas em cada habitat. Esta análise também foi realizada no software R.

3 RESULTADOS

Foram coletados 1.416 machos de abelhas das orquídeas, pertencentes a quatro gêneros e 10 espécies (Tabela 2). Destes, a maior abundância de abelhas foi registrada para o remanescente de floresta com 791 espécimes, seguido pela macieira com 203 espécimes, oliveira com 171 espécimes, pessegueiro com 168 espécimes e fragmento em regeneração com 83 espécimes. A abundância variou significativamente entre os meses ($df = 11$, $F = 2.1759$, $p = 0.01788$), mas não foi diferente entre os tipos de habitats ($df = 4$, $F = 2.1055$, $p = 0.0821$). *Eufriesea violacea* (Blanchard, 1840), *Euglossa pleosticta* Dressler, 1982, *Euglossa truncata* Rebêlo & Moure, 1996, *Eulaema nigrita* Lepeletier, 1841 e *Exaerete smaragdina* (Guérin, 1844) foram amostradas nos cinco habitats. Enquanto que *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804) foi amostrada em todos os habitats, exceto a macieira. *Eufriesea gr. auriceps* Friese, 1899 foi amostrada apenas nas culturas frutíferas (ver Tabela 2). *Euglossa annectans* Dressler, 1982 foi amostrada apenas nas florestas (ver Tabela 2). *Euglossa securigera* Dressler, 1982 foi amostrada no remanescente e no pessegueiro e, por fim, *Euglossa fimbriata* Moure, 1968 foi a única espécie amostrada apenas no pessegueiro.

A espécie *Ef. violacea* foi a mais abundante nos cinco tipos de habitats (fragmento em regeneração, remanescente, macieira, oliveira e pessegueiro), registrando abundância total de 64.05% ($n = 907$), seguido por *Eg. truncata* com 18.57% ($n = 263$) e *El. nigrita* com 13.77% ($n = 195$). Enquanto que a espécie menos abundante foi *Eg. fimbriata* com abundância total de 0.14% ($n = 2$) coletados apenas no pessegueiro.

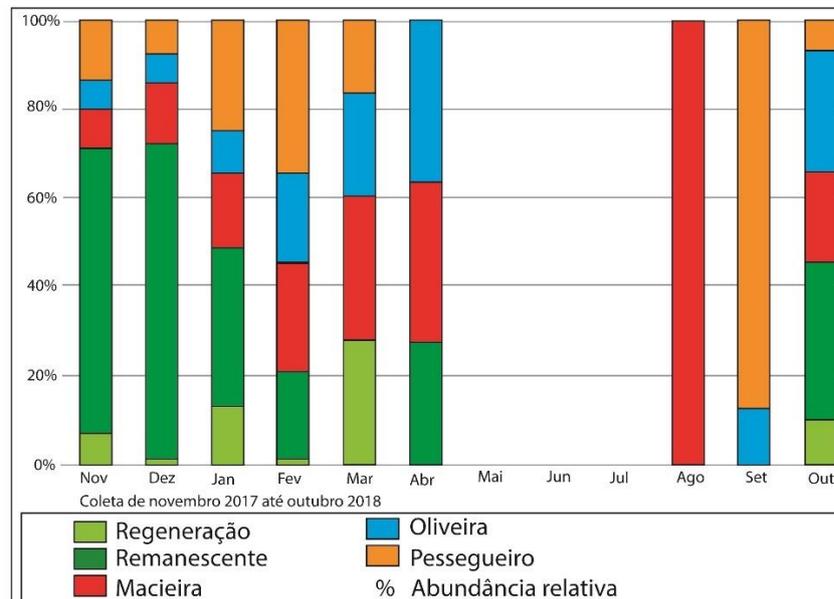
O Índice de Shannon-Wiener (H') indicou maior diversidade para a oliveira ($H' = 1.344$), seguido pelo pessegueiro ($H' = 1.291$) e pelo fragmento em regeneração ($H' = 1.290$), enquanto que a diversidade foi menor no remanescente ($H' = 0.549$) e na macieira ($H' = 1.278$). Considerando o índice de Simpson ($D-1$), a dominância foi menor na oliveira ($D = 0.705$) e maior no remanescente ($D = 0.261$). Para o índice de Berger-Parker (d), a dominância foi maior no remanescente ($d = 0.852$) e menor na oliveira ($d = 0.330$). Por fim, para a Equitabilidade foi maior na macieira ($J' = 0.713$) e menor no remanescente ($J' = 0.264$) (Tabela 2- Índices).

Tabela 2 - Espécies de machos Euglossina atraídos por armadilhas aromáticas em um mosaico de paisagens florestais e agrícolas em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Abundância total, Índices: diversidade (H'), dominância (d e $D-1$) e Equitabilidade (J'). Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.

Espécie	Regeneração	Remanescente	Macieira	Oliveira	Pessegueiro	Total
<i>Ef. gr. auriceps</i> Friese, 1899	0	0	4	3	1	8
<i>Ef. violacea</i> (Blanchard, 1840)	34	674	67	59	73	907
<i>Eg. annectans</i> Dressler, 1982	6	1	0	0	0	7
<i>Eg. fimbriata</i> Moure, 1968	0	0	0	0	2	2
<i>Eg. pleosticta</i> Dressler, 1982	1	1	3	1	1	7
<i>Eg. securigera</i> Dressler, 1982	0	1	0	0	4	5
<i>Eg. truncata</i> Rebêlo & Moure, 1996	33	85	65	52	28	263
<i>El. cingulata</i> (Fabricius, 1804)	1	8	0	2	1	12
<i>El. nigríta</i> Lepeletier, 1841	7	20	62	49	57	195
<i>Ex. smaragdina</i> (Guérin, 1844)	1	1	2	5	1	10
Total de indivíduos	83	791	203	171	168	1416
Total de espécies	7	8	6	7	9	10
Índice de Shannon-Wiener (H')	1.290	0.549	1.278	1.344	1.291	---
Índice de Simpson ($D-1$)	0.661	0.261	0.694	0.705	0.667	---
Índice de Berger-Parker (d)	0.409	0.852	0.330	0.345	0.434	---
Índice de Equitabilidade (J')	0.663	0.264	0.713	0.690	0.587	---

O padrão de distribuição dos machos euglossinas foi maior durante cinco meses (de novembro 2017 até fevereiro 2018 e outubro 2018) com abundância relativa de 96.53% (1.367 indivíduos). O mês com maior abundância foi dezembro/2017 para o remanescente e a macieira, registrando 23.65% ($n = 335$ indivíduos) e 4.44% ($n = 63$ indivíduos), respectivamente. Enquanto que novembro/2017 foi o mês que registrou a maior abundância para o pessegueiro com 4.51% ($n = 64$ indivíduos) e o fragmento em regeneração com 2.40% ($n = 34$ indivíduos). Já para a macieira, o mês com maior abundância foi outubro/2018 com 5.43% ($n = 77$ indivíduos) (Figura 3). A riqueza de espécies foi maior no pessegueiro (9 spp.), seguido pelo remanescente (8 spp.), fragmento em regeneração e oliveira, ambos com 7 espécies cada, e por fim, a macieira (6 spp.). A ANOVA indicou que a riqueza variou significativamente entre os meses ($df = 11$, $F = 11.729$, $p = 4.138e-16$), mas não variou entre tipos de habitats ($df = 4$, $F = 1.0341$, $p = 0.3911$).

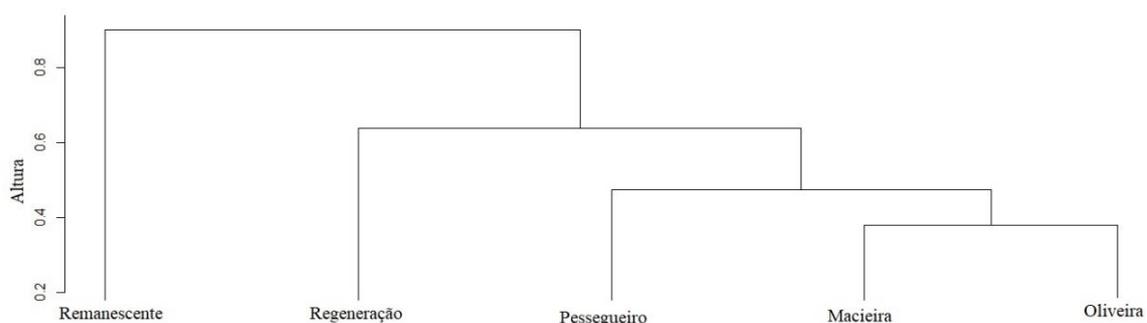
Figura 3 - Padrão de distribuição das abelhas machos euglossinas por mês nos diferentes habitats agrícolas e florestais em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

O Dendrograma de Cluster mostrou que os cinco habitats estudados formam dois agrupamentos distintos, um isolando o remanescente florestal e outro agrupando o fragmento em regeneração, a macieira, a oliveira e o pessegueiro (Figura 4). O Índice de Jaccard registrou alta similaridade entre a assembleia de abelhas das orquídeas e os cinco habitats (média de similaridade = 0.70).

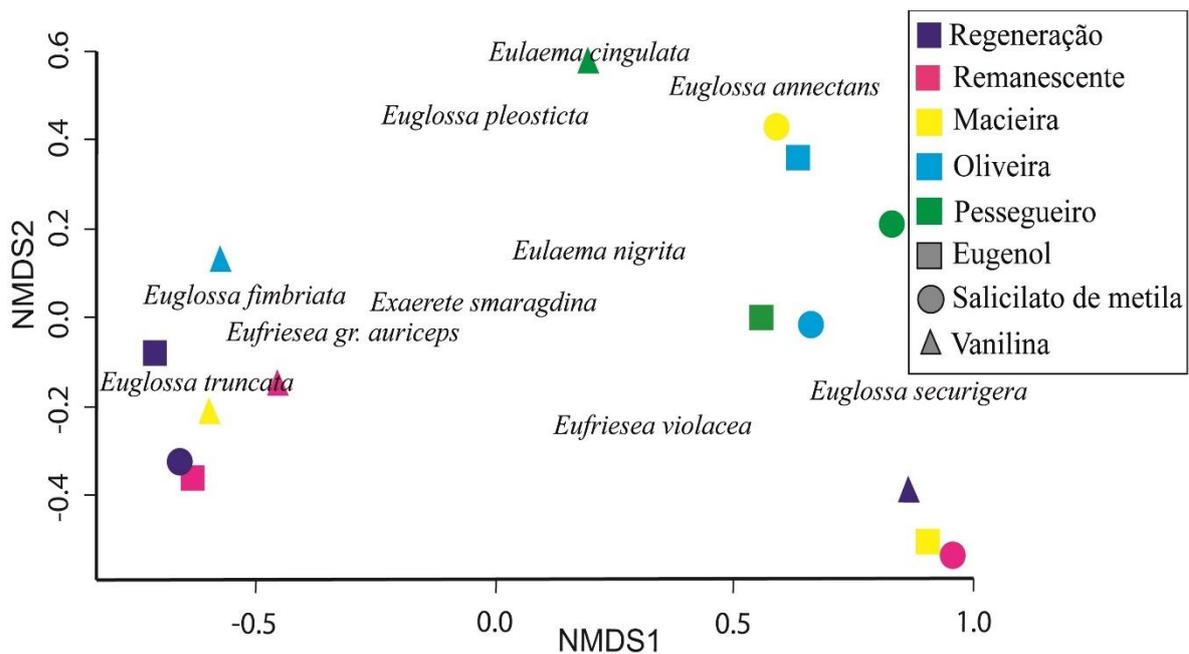
Figura 4 - Dendrograma da similaridade entre a assembleia de abelhas das orquídeas em diferentes habitats agrícolas e florestais em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

O Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) revelou diferenças na ordenação entre a assembleia de abelhas nos tipos de habitats e essências aromáticas (Figura 5). O fragmento em regeneração, remanescente, macieira e oliveira são agrupados no canto inferior esquerdo da ordenação, devido à similaridade na abundância das mesmas espécies de abelhas para os atrativos a base de eugenol e vanilina. Enquanto que, no canto inferior direito da ordenação, o fragmento em regeneração, remanescente e macieira foram agrupados pela insuficiência de amostragem para o eugenol, salicilato de metila e a vanilina que não atraíram nenhuma abelha durante seis meses. Observamos que a essência vanilina para o pessegueiro está isolada na parte central superior da ordenação.

Figura 5 - Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) da comunidade de abelhas das orquídeas em diferentes habitats agrícolas e florestais em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.

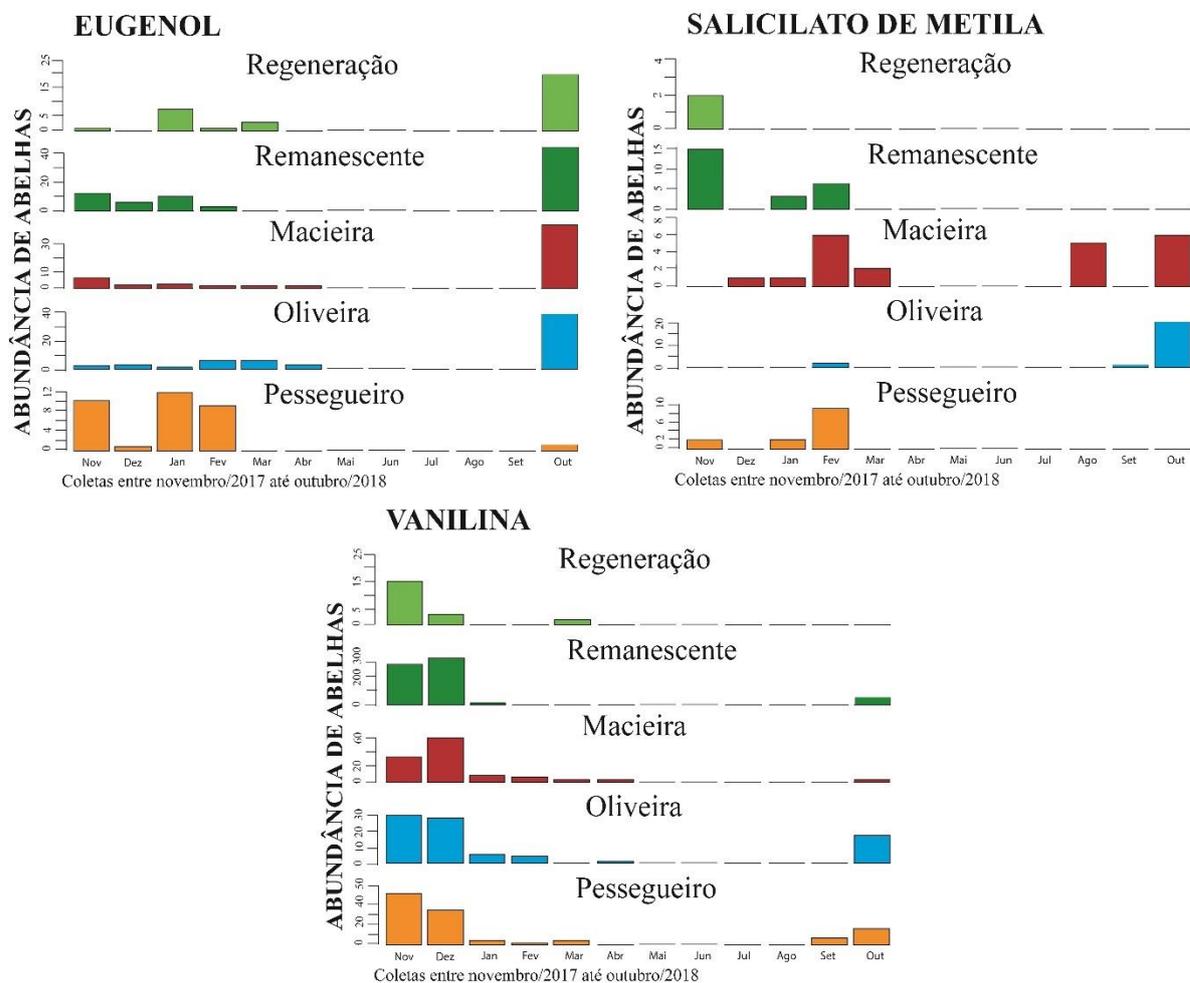


Fonte: Do Autor (2021)

A vanilina foi o composto mais eficiente na atratividade da abundância de abelhas das orquídeas, contabilizando 73.52% (1.041 indivíduos), seguido pelo eugenol que atraiu 20.69% (293 indivíduos) e a menor atratividade foi registrada para o salicilato com 5.79% (82 indivíduos). A essência que atraiu mais espécies foi o eugenol com nove espécies, seguido pelo salicilato de metila e a vanilina que atraíram seis espécies cada. Para quatro habitats, a vanilina foi a essência mais atrativa, sendo esses, o remanescente (675 indivíduos, 4 spp.), macieira

(120 indivíduos, 3 spp.), oliveira (85 indivíduos, 5 spp.) e pessegueiro (119 indivíduos, 5 spp.), enquanto que o eugenol foi a essência mais atrativa para o fragmento em regeneração (41 indivíduos, 5 spp.) (Figura 6). A eficiência das essências foi significativamente diferente para a riqueza de espécies ($df = 2$, $F = 5.0381$, $p = 0.0074$) e para a abundância ($df = 2$, $F = 3.9157$, $p = 0.02168$).

Figura 6 - Abundância relativa dos machos euglossinas capturados usando diferentes essências aromáticas (eugenol, salicilato de metila e vanilina) em habitats agrícolas e florestais em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

Em adição, observamos um padrão de atratividade das essências para os gêneros de Euglossina, sendo que 92.06% de todos os indivíduos de *Eufriesea* (887 abelhas) e *Eulaema* (146 abelhas) foram atraídos para a vanilina, enquanto que 84.69% de todos os indivíduos de

Euglossa (243 abelhas) e *Exaerete* (6 abelhas) foram atraídos para o eugenol. O salicilato de metila foi a única essência que não apresentou um padrão de atratividade dos gêneros de Euglossina, representando 4.01% de todos os indivíduos de *Eufriesea* (26 abelhas) e *Eulaema* (19 abelhas) e 12.58% de todos os indivíduos de *Euglossa* (35 abelhas) e *Exaerete* (2 abelhas).

4 DISCUSSÃO

A comunidade de abelhas das orquídeas registrada no presente estudo é semelhante a outros levantamentos de abundância e riqueza de espécies realizados em território brasileiro, onde a minoria dos exemplares coletados são representados por muitas espécies e a maioria são representados por poucas espécies (NEMÉSIO; FARIA JR, 2004; SOFIA; SANTOS; SILVA, 2004; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2006, 2007; ALVARENGA; FREITAS; AUGUSTO, 2007; AGUIAR; GAGLIANONE, 2008; SILVEIRA et al., 2011; PIRES et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015; DEC; ALVES-DOS-SANTOS, 2019; SOBREIRO et al., 2019). Considerando a riqueza de espécies, houve predomínio daquelas com ampla distribuição no bioma Mata Atlântica (NEMÉSIO, 2009) e essa riqueza (10 spp.) foi semelhante a outros estudos realizados no estado de Minas Gerais (NEMÉSIO, 2003; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2006; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2007; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2010; FARIA; SILVEIRA, 2011; SILVEIRA et al., 2015; ANTONINI et al., 2016; NEMÉSIO, 2016).

Embora exista na literatura muitos estudos que comparem a abundância e riqueza de espécies das abelhas euglossinas entre diferentes fragmentos florestais (PERUQUETTI et al., 1999; SOFIA; SANTOS; SILVA, 2004; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2007; RAMALHO; GAGLIANONE; OLIVEIRA, 2009; MATTOZO; FARIA; MELO, 2011; NEMÉSIO, 2011; AGUIAR; MELO; GAGLIANONE, 2014; GONÇALVES; SCHERER; OLIVEIRA, 2014; GIANGARELLI; AGUIAR; SOFIA, 2015; FERRONATO et al., 2017), pouco se sabe sobre a composição e distribuição das espécies em um mosaico de habitats composto por paisagens agrícolas e florestais.

A espécie *Ef. violacea* foi a mais abundante em todos os habitats amostrados, com destaque para o remanescente florestal. Essa espécie é considerada por muitos autores como bioindicadora de qualidade ambiental ou de áreas preservadas (TONHASCA et al., 2002; NEMÉSIO, 2009; FARIA; MELO, 2012; GONÇALVES et al., 2014). As espécies do gênero *Eufriesea* são tipicamente sazonais ocorrendo apenas durante um ou dois meses do ano (DRESSLER, 1982). A espécie *Ef. violacea* nesse estudo, apesar de ter sido distribuída durante cinco meses de amostragem, obteve os maiores picos de abundância dos espécimes durante dois meses, podendo ser explicado pelo fato da espécie ser considerada bastante sazonal.

Alguns estudos indicam maior abundância de *El. nigrita* em áreas com graus elevados de perturbação antrópica e, portanto, a espécie é considerada bioindicadora de áreas abertas e/ou perturbadas (PERUQUETTI et al., 1999; TONHASCA et al., 2002; BEZERRA; MARTINS, 2001; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2006; CARVALHO FILHO, 2010). Nossos

resultados corroboram com os autores citados, pois mesmo que a espécie tenha sido capturada em todos os habitats desse estudo, inclusive no remanescente de vegetação nativa, a espécie apresentou preferência e foi mais abundante nos habitats de paisagens agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro), sugerindo que a espécie é capaz de explorar recursos mesmo em condições de estresse ambiental e sobreviver em diferentes ambientes agrícolas e/ou florestais.

A espécie *Eg. annectans* teve ocorrência apenas no fragmento em regeneração e remanescente florestal, podendo sugerir a espécie como possível bioindicadora de ambientes conservados, assim como ocorreu no estudo de Sobreiro et al. (2019). As demais espécies desse estudo, como *Ef. gr. auriceps* e *Eg. fimbriata* tiveram ocorrência apenas nas paisagens agrícolas, e *Eg. pleosticta*, *Eg. securigera* e *Ex. smaragdina* apesar de terem sido registradas no remanescente e/ou fragmento em regeneração, tiveram maior abundância nas paisagens agrícolas. Essa preferência de algumas espécies pelos habitats das paisagens agrícolas pode ser justificada pelo fato de os machos realizarem seus voos de acasalamento em áreas abertas com predominância de grande incidência solar (STERN, 1991). Além disso, as espécies precisam de diferentes habitats para alcançar suas necessidades específicas de forrageamento e nidificação (ROUBIK, 1989; ROUBIK; HANSON, 2004). Outro fator importante é que essas abelhas apresentam potencial de voo de longa distância, podendo percorrer até 23 km em florestas contínuas (JANSEN, 1971), sendo que a conectividade com áreas abertas não atrapalha o seu percurso (TONHASCA JR; ALBUQUERQUE; BLACKMER, 2003), contribuindo para a presença dessas espécies em todos os habitats desse estudo.

Estudos mostram que *Ef. violacea* pode sugerir preferência por habitats mais preservados (TONHASCA et al., 2002; NEMÉSIO, 2009; FARIA; MELO, 2012; GONÇALVES et al., 2014), nossos resultados corroboram com esses achados, pois foi registrado 85.20% (674 indivíduos) dessa espécie no remanescente florestal (ver Tabela 2), possivelmente indicando que ela é a responsável pela alta dominância nesse habitat. A respeito disso, Ackerman et al. (1983) mostraram que a composição de espécies de abelhas pode variar entre habitats próximos, mesmo com características ambientais muito distintas, como as áreas de agricultura e floresta estudadas aqui, e isso se deve ao fato de que as espécies tem necessidades específicas de alimentação e nidificação, forrageando habitats diferentes para encontrar esses recursos.

O padrão de distribuição das espécies de abelhas foi restrito a alguns meses (outubro até fevereiro), indicando a sazonalidade dessas abelhas nos cinco habitats. Estudos mostram que a abundância das comunidades de abelhas pode ser maior durante a estação chuvosa (outubro até abril), sugerindo que esses indivíduos intensificam suas buscas por recursos florais nesse

período, devido ao aumento na floração de muitas espécies de plantas (ALEIXO et al., 2017; BOSCOLO et al., 2017) e, conseqüentemente, a maior disponibilidade de recursos florais (FERREIRA JUNIOR; BLOCHTEIN; MORAES, 2010; FISCHER et al., 2016; ALEIXO et al., 2017).

A coleta de substâncias aromáticas pelos machos desse grupo de abelhas tem por função principal atrair as fêmeas para o acasalamento (RAMÍREZ et al., 2010). Esse comportamento pode variar de espécie para espécie, mas em geral, os machos das espécies coletam e são atraídos por uma ampla gama de compostos aromáticos (ACKERMAN, 1989), enquanto que outras são especializadas na coleta de um ou poucos compostos aromáticos (ABRAHAMCZYK; GOTTLEUBER; KESSLER, 2012). Além disso, a composição dos compostos aromáticos é específica de cada espécie não sendo influenciado pelo habitat, podendo mudar entre as estações (ELTZ; ROUBIK; LUNAU, 2005). Com relação a atratividade das essências (eugenol, salicilato de metila e vanilina) utilizadas nesse estudo, pode-se afirmar que houve uma complementariedade entre duas essências (vanilina e eugenol) e os gêneros das abelhas capturadas, mostrando a preferência de quase todos os indivíduos capturados de *Eufriesea* e *Eulaema* (92.06%) pela vanilina e de quase todos os indivíduos capturados de *Euglossa* e *Exaerete* (84.69%) pelo eugenol.

5 CONCLUSÕES

O Campo Experimental da EPAMIG apresentou abundância e riqueza de espécies semelhantes a outros estudos realizados no estado de Minas Gerais para o bioma Mata Atlântica.

A maior riqueza de espécies foi observada na cultura do pessegueiro, mostrando a importância de áreas florestais adjacentes próximas as paisagens agrícolas.

Ef. violacea foi a espécie mais abundante em toda a área de estudo e mostrou preferência pelo habitat mais preservado (remanescente de vegetação nativa) enquanto que *El. nigrita* mostrou preferência pelos habitats agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro).

A espécie *Eg. annectans* teve ocorrência apenas nos habitats florestais, podendo sugerir a espécie como possível bioindicadora de ambientes conservados ou pouco antropizados.

O padrão de distribuição das espécies foi restrito principalmente a estação chuvosa.

As essências são complementares na atratividade dos espécimes dos gêneros de *Euglossina*.

São necessários mais estudos sobre a composição e distribuição das espécies em um mosaico de habitats composto por paisagens agrícolas e florestais, principalmente entre diferentes biomas e diferentes culturas, além de estudos que testem a capacidade de voo das diferentes espécies em transitar por ambientes conservados e perturbados.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMCZYK, S.; GOTTLEUBER, P.; KESSLER, M. Seasonal changes in odour preferences by male euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) and their ecological implications. **Apidologie**, v. 43, n. 2, p. 212-217, 2012.
- ACKERMAN, J. D. Diversity and seasonality of male euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) in Central Panama. **Ecology**, v. 64, n. 2, p. 274-283, 1983.
- ACKERMAN, J. D. Geographic and seasonal variation in fragrance choices and preferences of male euglossini bees. **Biotropica**, v. 21, n. 4, p. 340-347, 1989.
- AGUIAR, W. M.; GAGLIANONE, M. C. Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 118-125, 2008.
- AGUIAR, W. M.; GAGLIANONE, M. C. Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 56, n. 2, p. 210-219, 2012.
- AGUIAR, W. M.; MELO, G. A. R.; GAGLIANONE, M. C. Does forest physiognomy affect the structure of orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A Study in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro State, Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 1, p. 68-77, 2014.
- ALVARENGA, P. E. F.; FREITAS, R. F.; AUGUSTO, S. C. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro, MG. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 30-37, 2007.
- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; FONSECA, V. L. I.; SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). **Apidologie**, v. 48, n. 1, p. 117-127, 2017.
- ANDRADE-SILVA, A. C. R.; NEMÉSIO, A.; OLIVEIRA, F. F.; NASCIMENTO, F. S. Spatial-Temporal Variation in Orchid Bee Communities (Hymenoptera: Apidae) in Remnants of Arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina Region, State of Bahia, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.41, p.296-305, 2012.
- ANJOS-SILVA, E. J.; REBÊLO, J. M. M. A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. **Zootaxa**, v. 1105, p. 27-35, 2006.
- ANJOS-SILVA, E. J.; ENGEL, M. S.; ANDENA, S. R. Phylogeny of the cleptoparasitic bee genus *Exaerete* (Hymenoptera: Apidae). **Apidologie**, v. 38, n. 5, p. 419-425, 2007.
- ANJOS-SILVA, E. J. Discovery of *Euglossa* (*Euglossa*) *cognata* Moure (Apidae: Euglossini) in the Platina Basin, Mato Grosso state, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 79-83, 2008.

ANTONINI, Y.; SILVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, M. L.; MARTINS, C.; OLIVEIRA, R. Orchid bee fauna responds to habitat complexity on a savanna area (Cerrado) in Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 63, n. 2, p. 819-825, 2016.

BECKER, P.; MOURE, J. S.; PERALTA, F. More about euglossine bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v. 23, n. 4, p. 586-591, 1991.

BEMBÉ, B. Functional morphology in male orchid bees and their ability to spray fragrances (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). **Apidologie**, v. 35, n. 3, p. 283-291, 2004.

BERGAMO, P. J.; WOLOWSKI, M.; TAMBOSI, L. R.; GARCIA, E.; AGOSTINI, K.; GARIBALDI, L. A.; KNIGHT, T. M.; LUGHADHA, E. N.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MARQUES, M. C. M.; MARUYAMA, P. K.; MAUÉS, M. M.; OPPATA, A. K.; RECH, A. R.; SARAIVA, A. M.; SILVA, F. D. S.; SOUSA, G.; TSUKAHARA, R. Y.; VARASSIN, I. G.; VIANA, B. F.; FREITAS, L. Areas requiring restoration efforts are a complementary opportunity to support the demand for pollination services in Brazil. **Environmental Science & Technology**, 2021.

BEZERRA, C. P.; MARTINS, C.F. Diversidade de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em dois fragmentos de Mata Atlântica localizados na região urbana de João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 823-835, 2001.

BOSCOLO, D.; TOKUMOTO, P. M.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 18-24, 2017.

BRASIL. Define formações vegetais primárias e estágios sucessionais de vegetação secundária. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº2, de 18 de março de 1994. 1994.

BRASIL. **Mata Atlântica**: manual de adequação ambiental. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2010. 96 p.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 03 mai. 2021.

BROSI, B. J. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Biological Conservation**, v. 142, n. 2, p.414-423, 2009.

BROSI, B. J.; DAILY, G. C.; SHIH, T. M.; OVIEDO, F.; DURAN, G. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 773-783, 2008.

CAMERON, S. A. Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). **Annual Review of Entomology**, v. 49, p. 377-404, 2004.

CAMPOS, L. A. O.; SILVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. L.; ABRANTES, C. V. M.; MORATO, E. F.; MELO, G. A. R. Utilização de armadilhas para a captura de machos de

Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 621-626, 1989.

CARVALHO FILHO, F. D. S. Scent-robbing and fighting among male orchid bees, *Eulaema (Apeulaema) nigrita* Lepageletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 405-408, 2010.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.)**. 1. ed. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p.

COUTINHO, E. F.; JORGE, R. O.; HAERTER, J. A.; COSTA, V. B. **Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no sul do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 181 p.

DEC, E.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Species distribution of Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) at an altitudinal gradient in Northern Santa Catarina. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 66, n. 4, p. 568-574, 2019.

DODSON, C. H.; DRESSLER, R. L.; HILLS, H. G.; ADAMS, R. M.; WILLIAMS, N. H. Biologically active compounds in orchid fragrances. **Science**, v. 164, n. 3885, p. 1243-1249, 1969.

DRESSLER, R. L. Pollination by euglossine bees. **Evolution**, v. 22, n. 1, p. 202-210, 1968.

DRESSLER, R. L. Biology of the orchid bees (Euglossini). **Annual Review of Ecology and System**, v. 13, p. 373-394, 1982.

ELTZ, T.; WHITTEN, W. M.; ROUBIK, D. W.; LINSENMAIR, K. E. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. **Journal of Chemical Ecology**, Heidelberg, v. 25, n. 2, p. 157-176, 1999.

ELTZ, T.; LUNAU, K. Antennal response to fragrance compounds in male orchid bees. **Chemoecology**, Berlin, v. 15, n. 2, p. 135-138, 2005.

ELTZ, T.; ROUBIK, D.; LUNAU, K. Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 59, n. 1, p. 149-156, 2005.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **A cultura do pêssego**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA/SPI, 1993. 60 p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **A cultura da maçã**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA/SPI, 1994. 107 p.

FARIA, L. R. R.; MELO, G. A. R. Species of *Euglossa* of the analis group in the Atlantic forest (Hymenoptera, Apidae). **Zoologia**, Curitiba, v. 29, n. 4, p. 349-374, 2012.

FARIA, L. R. R.; SILVEIRA, F. A. The orchid bee fauna (Hymenoptera, Apidae) of a core area of the Cerrado, Brazil: the role of riparian forests as corridors for forest-associated bees. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, p. 87-94, 2011.

- FERREIRA JUNIOR, N. T.; BLOCHTEIN, B.; MORAES, J. F. Seasonal flight and resource collection patterns of colonies of the stingless bee *Melipona bicolor schencki* Gribodo (Apidae, Meliponini) in an Araucaria forest area in southern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 54, n. 4, p. 630-636, 2010.
- FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D.; CARVALHEIRO, L. G.; BIESMEIJER, J. C.; ROCHA, P. L. B.; VIANA, B. F. Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 10, p. 2067-2078, 2015.
- FERRONATO, M. C. F.; GIANGARELLI, D. C.; MAZZARO, D.; UEMURA, N.; SOFIA, S. H. Orchid bee (Apidae: Euglossini) communities in Atlantic Forest remnants and restored areas in Paraná State, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 47, n. 10, p. 352-361, 2017.
- FISCHER, L. K.; EICHFELD, J.; KOWARIK, J.; BUCHHOLZ, S. Disentangling urban habitat and matrix effects on wild bee species. **PeerJ**, v. 29, n. 4, e2729, 2016.
- GAZZONI, D. L. Impacto da agricultura sobre a população e a diversidade de polinizadores, e formas de mitigação de seus efeitos. In: RODRIGUES, R (Ed.). **Agricultura e Polinizadores**. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Estudos das Abelhas – A.B.E.L.H.A. p. 54-70.
- GIANGARELLI, D. C.; AGUIAR, W. M.; SOFIA, S. H. Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. **Apidologie**, v. 46, n. 1, p. 71-83, 2015.
- GONÇALVES, R. B.; SCHERER, V. L.; OLIVEIRA, O. S. The orchid bees (Hymenoptera, Apidae, Euglossina) in a forest fragment from western Paraná state, Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 54, n. 6, p. 63-68, 2014.
- GONÇALVES, R. B.; SYDNEY, N. V.; OLIVEIRA, P. S.; ARTMANN, N. O. Bee and wasp responses to a fragmented landscape in southern Brazil. **Journal of Insect Conservation**, v. 18, n. 6, p. 1193-1201, 2014.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. C. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.
- JANSEN, D. H. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. **Science**, v. 171, n. 3967, p. 203-205, 1971.
- KIMSEY, L. S. The behaviour of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of leks. **Animal Behaviour**, London, v. 28, n. 5, p. 996-1004, 1980.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford, UK: Blackwell Publishing Company, 2004.

- MATTOZO, V. C.; FARIA, L. R. R.; MELO, G. A. R. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the coastal forests of southern Brazil: diversity, efficiency of sampling methods and comparison with other Atlantic forest surveys. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 51, n. 33, p. 505-515, 2011.
- MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.
- MILLARD, J.; OUTHWAITE, C. L.; KINNERSLEY, R.; FREEMAN, R.; GREGORY, R. D.; ADEDOJA, O.; GAVINI, S.; KIOKO, E.; KUHLMANN, M.; OLLERTON, J.; REN, Z-X.; NEWBOLD, T. Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 2902, 2021.
- MORATO, E. F. Ocorrência de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Hymenoptera, Apidae, Euglossina) no Estado do Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 1031-1034, 2001.
- MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. 2012. Disponível em: <http://moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- NEMÉSIO, A. Preliminary sampling of Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of Reserva Particular do Patrimônio Natural Feliciano Miguel Abdala, Caratinga, Minas Gerais state, Brazil. **Lundiana**, Belo Horizonte, v. 4, n.2, p. 121-124, 2003.
- NEMÉSIO, A. Three new species of *Euglossa* Latreille (Hymenoptera: Apidae) from Brazil. **Zootaxa**, v. 1547, p. 21-31, 2007.
- NEMÉSIO, A. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. **Zootaxa**, v. 2041, n. 1, p. 1-242, 2009.
- NEMÉSIO, A. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of a forest remnant in southern Bahia, Brazil, with new geographic records and an identification key to the known species of the area. **Zootaxa**, v. 2821, n. 1, p. 47-54, 2011.
- NEMÉSIO, A. Orchid bees (Hymenoptera, Apidae) from the Brazilian savanna-like “Cerrado”: how to adequately survey under low population densities? **North-Western Journal of Zoology**, Oradea, v. 12, n. 2, p. 230-238, 2016.
- NEMÉSIO, A.; FARIA, L. R. R. First assessment of orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) of Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. **Lundiana**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 113-117, 2004.
- NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 313-323, 2006.
- NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest fragments inside an urban area in southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 186-191, 2007.

NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Forest fragments with larger core areas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 555-561, 2010.

OLIVEIRA, M. L. Três novas espécies de abelhas da Amazônia pertencentes ao gênero *Eulaema* (Hymenoptera, Apidae, Euglossinae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 1, p. 121-128, 2006

PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O.; COELHO, C. V. M.; ABRANTES, C. V. M.; LISBOA, L. C. O. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: Abundância, riqueza e aspectos biológicos. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, supl. 2, p. 101-118, 1999.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1-3, 2008.

PIRES, E. P.; MORGADO, L. N.; SOUZA, B.; CARVALHO, C. F.; NEMÉSIO, A. Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 73, n. 3, p. 507-513, 2013.

PUTTKER, T.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; SCHMOELLER, M.; MAURENZA, D.; ALVES-PINTO, H.; PARDINI, R.; VIEIRA, M. V.; BANKS-LEITE, C.; FONSECA, C. R.; METZGER, J. P.; ACCACIO, G. M.; ALEXANDRINO, E. R.; BARROS, C. S.; BOGONI, J. A.; BOSCOLO, D.; BRANCALION, P. H. S.; BUENO, A. A.; PREDEVELLO, J. A. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, 103868, 2020.

RAMALHO, A. V.; GAGLIANONE, M. C.; OLIVEIRA, M. L. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 53, n. 1, p. 95–101, 2009.

RAMÍREZ, S.; DRESSLER, R. L.; OSPINA, M. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la región Neotropical: lista de especies con notas sobre su biología. **Biota Colombiana**, v. 3, n. 1, p. 7-118, 2002.

RAMÍREZ, S.; ELTZ, T.; FRITZSCH, F.; PEMBERTON, R.; PRINGLE, E. G.; TSUTSUI, N. D. Intraspecific geographic variation of fragrances acquired by orchid bees in native and introduced populations. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 8, p. 873-884, 2010.

REBÊLO, J. M. M. **História natural das Euglossineas, as abelhas das orquídeas**. Lithograf Editora. São Luís/MA. 2001

ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989. 514 p.

ROUBIK, D. W.; HANSON, P. E. **Orchid bees of tropical America: Biology and Field Guide**. Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidade (INBio), 2004. 370 p.

SILVEIRA, F. S.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras, Sistemática e Identificação**. Belo Horizonte, MG: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.

SILVEIRA, G. C.; FREITAS, R. F.; TOSTA, T. H. A.; RABELO, L. S.; GAGLIANONE, M. C.; AUGUSTO, S. C. The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 197-208, 2015.

SILVEIRA, G. C.; NASCIMENTO, A. M.; SOFIA, S. H.; AUGUSTO, S. C. Diversity of the euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 55, n. 1, p. 109-115, 2011.

SOBREIRO, A. I.; PERES, L. L. S.; BOFF, S.; HENRIQUE, J. A.; ALVES JR, V. V. Continuous micro-environments associated orchid bees benefit from an Atlantic Forest Remnant, Paraná State, Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 66, n. 2, p. 293-305, 2019.

SOFIA, S. H.; SANTOS, A. M.; SILVA, C. R. M. Euglossine bees (Hymenoptera, apidae) in a remnant of atlantic Forest in Paraná State, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 94, n.2, p. 217-222. 2004.

STERN, D. L. Male territoriality and alternative male behaviors in the Euglossini bee, *Eulaema meriana* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 64, n. 4, p. 421-437, 1991.

TONHASCA JR, A.; BLACKMER, J. L.; ALBUQUERQUE, G. S. Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 34, n. 3, p. 416-422, 2002.

TONHASCA JR, A.; ALBUQUERQUE, G. S.; BLACKMER, J. L. Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, n. 1, p. 99-102, 2003.

WILLIAMS, N. H.; WHITTEN, W. M. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: Methods and advances in last sesquidecade. **Biological Bulletin**, v. 164, n. 3, p. 355-395, 1983

WILSON, M. C.; CHEN, X-Y.; CORLETT, R. T.; DIDHAM, R. K.; DING, P.; HOLT, R. D.; HOLYOAK, M.; HU, G.; HUGHES, A. C.; JIANG, L.; LAURANCE, W. F.; LIU, J.; PIMM, S. L.; ROBINSON, S. K.; RUSSO, S. E.; SI, X.; WILCOVE, D. S.; WU, J.; YU, M. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 219-227, 2016.

WILSON, C. J.; JAMIESON, M. A. The effects of urbanization on bee communities depends on floral resource availability and bee functional traits. **PLoS ONE**, v. 14, n. 12, e0225852, 2019.

CAPÍTULO 3

RESPOSTAS DAS ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA) AO MOSAICO DE HABITATS EM UMA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA, SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

RESUMO

As abelhas são importantes polinizadores em áreas naturais e paisagens agrícolas, desempenhando serviços ecossistêmicos fundamentais para a produção de várias culturas alimentícias. A fragmentação de florestas e as mudanças ambientais estão entre os principais desafios para a sobrevivência desses polinizadores. No entanto, não se sabe muito bem como as espécies de abelhas respondem ao mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes. Para preencher essa lacuna, amostramos a diversidade de abelhas em diferentes tipos de habitats agrícolas e florestais, em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Analisamos como as mudanças ambientais dos habitats afetam a atratividade de abelhas para armadilhas aromáticas. Registramos 33 espécies de abelhas atraídas para iscas de Euglossina. A composição e a abundância foram diferentes entre os tipos de habitats (agrícola e florestal) e interessantemente houve maior preferência das espécies pelas culturas agrícolas (frutíferas) do que pelas florestas. Concluimos que o mosaico de habitats pode ajudar a promover o fluxo de abelhas silvestres entre ambientes agrícolas e florestais adjacentes, além de promover a reintegração da comunidade de abelhas em habitats antropizados (culturas agrícolas) desde que próximos a remanescentes florestais.

Palavras-chave: Iscas químicas, Abelhas forrageiras, Agricultura e floresta, Culturas frutíferas.

CHAPTER 3

BEE'S RESPONSES (HYMENOPTERA: APOIDEA) TO THE MOSAIC OF HABITATS IN AN ATLANTIC FOREST REGION, SOUTH OF MINAS GERAIS, BRAZIL

ABSTRACT

Bees are important pollinators of natural areas and agricultural landscapes, performing essential ecosystem services for the production of various food crops. Forest fragmentation and environmental changes are among the main challenges for the survival of these pollinators. However, it is not well known how bee species respond to the mosaic of adjacent agricultural and forest habitats. To fill this gap, we sampled the diversity of bees in different types of agricultural and forest habitats, in an Atlantic Forest region, southern Minas Gerais, Brazil. Examines how environmental changes in habitats affect the attractiveness of bees to chemical traps. We recorded 33 species of bees attracted to Euglossina baits. The composition and abundance was different between the types of habitats (agricultural and forestry) and interestingly there was a greater preference of species for agricultural crops (fruit) than for forests. We conclude that the habitat mosaic can help to promote the flow of bees between agricultural and forest environments, in addition to promoting the reintegration of the bee community in anthropized habitats (agricultural crops) as long as they are close to forest remnants.

Keywords: Chemical baits, Forage bees, Agriculture and forest, Fruit crops.

1 INTRODUÇÃO

O declínio dos organismos polinizadores no mundo têm sido foco de muitas pesquisas nos últimos anos (WILSON; KELLY; CARRIL, 2018; ALMEIRA et al., 2020; ARMAS-QUIÑONEZ et al., 2020). Dentre todos os insetos polinizadores, as abelhas são os mais importantes. Elas desempenham um papel fundamental na polinização de várias plantas nativas e espécies cultivadas (TSCHOEKE et al., 2015; POTTS et al., 2016; STEIN et al., 2017). No entanto, as populações de abelhas estão em declínio em todos os ecossistemas, devido a uma série de ameaças causadas principalmente pela atividade humana, como perda de habitat, fragmentação de florestas, doenças, mudanças climáticas e desmatamento (STANGLER; HANSON; STEFFAN-DEWENTER, 2016; ALMEIDA et al., 2020; GOLÇALVES; ARAÚJO, 2021). De fato, esse importante tópico está entre as questões ambientais mais urgentes do século 21, pois os serviços de polinização realizados pelas abelhas são fundamentais para o funcionamento do ecossistema e para a produção de alimento no mundo (NOCELLI et al., 2019; ARMAS-QUIÑONEZ et al., 2020), representando para o setor produtivo US\$ 577,00 bilhões anuais e 35% das safras de alimento no mundo dependem desses insetos polinizadores (POTTS et al., 2016; BOSCOLO et al., 2017; HARRISON; GIBBS; WINFREE, 2018).

O processo histórico de ocupação e modificações no uso da terra mediado pela ação humana alterou profundamente os habitats naturais (WILSON; KELLY; CARRIL, 2018; ODANAKA; REHAN, 2020). Na América do Sul, os refúgios naturais representam apenas 2,64% do seu território (842 milhões de hectares), correspondendo a 27% das florestas em todo o mundo (FAO, 2016). No Brasil, a Mata Atlântica é um dos *hotspots* da biodiversidade, com apenas 11,73% da sua cobertura original, distribuída em pequenos fragmentos de floresta (< 50 ha) (RIBEIRO et al., 2009). Esse bioma representa o único abrigo para mais de 1.989 espécies (25% do total do bioma) em risco de extinção na Mata Atlântica. Além disso, os refúgios florestais são cercados por culturas agrícolas ou cidades, que estão em processo constante de expansão (ZERMEÑO-HERNÁNDEZ; PINGARRONI; MARTÍNEZ-RAMOS, 2016; SOBREIRO et al., 2021), e esse mosaico de habitats raramente são considerados em estudos sobre o fluxo da diversidade de abelhas, embora estudos recentes mostrem que esses polinizadores habitam cada vez paisagens menores e mais heterogêneas (BOSCOLO et al., 2017; ODANAKA; REHAN, 2020), contudo, muitas vezes essas manchas verdes são a única fonte de recursos para as abelhas em frente ao extenso “mar agrícola” ou a “selva de pedras” (ARMAS-QUIÑONEZ et al., 2020; GOLÇALVES; ARAÚJO, 2021).

Muitos métodos de amostragem são usados para estimar a diversidade e composição das abelhas, mas sua eficácia depende de combinar várias técnicas ou usar métodos específicos para certos táxons (*e.g.* iscas de cheiro para *Euglossina*) (CAMPOS et al., 1989; ARMAS-QUIÑONEZ et al., 2020; VIANA; LOURENÇO, 2020). Os métodos de levantamentos com o uso de armadilhas (cheiro, cor, forma) podem ser muito valiosos, pois possibilitam coletar espécimes em vários locais ao mesmo tempo, estimando a diversidade real dos habitats, diminuindo o esforço amostral, evitando falhas, etc. (VIANA; LOURENÇO, 2020). Dentre as armadilhas usadas nas pesquisas, as iscas de cheiro (também conhecidas como armadilhas de *Euglossina*) são geralmente empregadas em levantamentos sobre a comunidade de abelhas das orquídeas (*Euglossina*) (CAMPOS et al., 1989; VIOTTI; MOURA; LOURENÇO, 2013; SOBREIRO et al., 2019). No entanto, não é incomum em amostragens usando iscas de cheiro, coletar outros táxons de insetos (SOLAR et al., 2016), e esse método pode ser usado para estimar a diversidade de abelhas polinizadoras em diferentes tipos de habitats.

As armadilhas de *Euglossina* consistem em garrafas PETs transparentes que geralmente são fixadas à 1.5 metros de altura do chão, contendo no interior um frasco de vidro com essência atrativa suspenso próximo ao gargalo. Essas armadilhas são preenchidas por uma solução contendo água, detergente neutro que baixa a tensão superficial da água, promovendo o afogamento dos insetos, sal e álcool (SOBREIRO et al., 2019). Uma série de fatores podem influenciar a eficiência de amostragem da assembleia de abelhas com armadilhas de cheiro, como o composto químico (CAMPOS et al., 1989), as condições climáticas do habitat (temperatura, umidade, velocidade do vento) (FISCHER et al., 2016; SOBREIRO et al., 2021), a densidade de espécies de plantas (ALEIXO et al., 2017) e as paisagens do entorno das florestas (GIANNINI et al., 2020). A respeito disso, Sobreiro et al. (2019) mostraram que os microambientes que formam os habitats podem influenciar a composição e uniformidade de espécies de abelhas grandes (*Euglossina*).

Em outro estudo (BOSCOLO et al., 2017), os autores investigaram os efeitos da heterogeneidade e a conectividade funcional entre habitats adjacentes sobre a abundância e riqueza de espécies de abelhas, e descobriram que as características locais dos habitats influenciam o fluxo e a permeabilidade desses insetos entre as paisagens. Assim, embora esses estudos tenham investigado as respostas das abelhas as características dos habitats, eles mostram que as condições ambientais e o mosaico de paisagens no entorno são fatores importantes no fluxo e dispersão das espécies de abelhas. Com isso, as lacunas que ainda precisam ser esclarecidas são: as culturas agrícolas adjacentes aos fragmentos florestais favorecem o fluxo de abelhas entre os diferentes habitats? A atratividade das armadilhas de

cheiro sobre a assembleia de abelhas é diferente entre os tipos de habitats (agrícolas e florestais)?

Até onde sabemos, estudos comparando a diversidade e abundância da assembleia de abelhas em paisagens heterogêneas próximas não são escassos (BOSCOLO et al., 2017; ODANAKA; REHAN, 2020; SOBREIRO et al., 2021). A respeito disso, pesquisadores mostraram recentemente que a diversidade de abelhas pode ser grande mesmo em habitats com cobertura vegetal baixa (agricultura, pastagens e áreas abertas) desde que sejam próximos de florestas com alta diversidade de árvores (NOCELLI et al., 2019). No entanto, não temos conhecimentos de estudos que comparem o potencial de atração de abelhas silvestres a iscas de cheiro em um mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes.

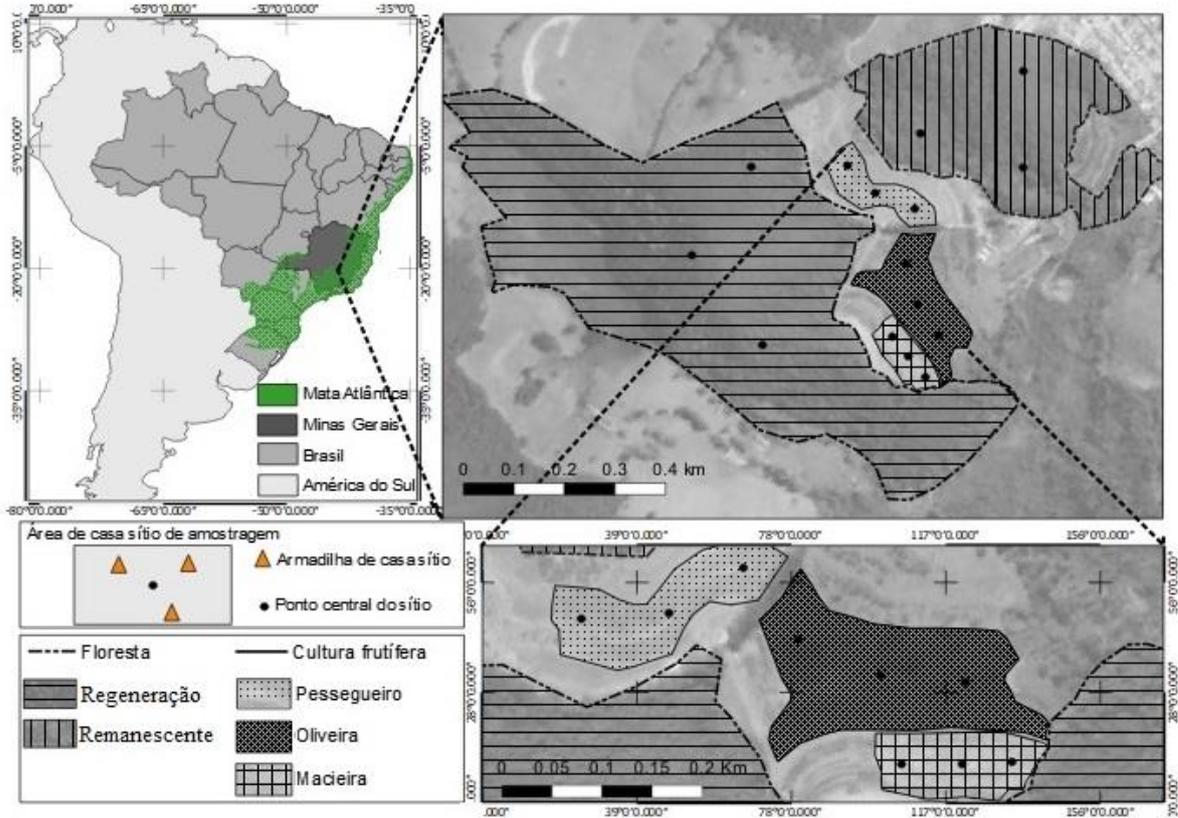
A hipótese testada foi que a abundância e riqueza de espécies de abelhas silvestres é maior no habitat mais conservado, pois a disponibilidade e a variedade de recursos são maiores em remanescentes florestais. Além disso, as abelhas podem se beneficiar de diferentes tipos de habitats adjacentes, pois os impactos das culturas agrícolas cercadas por florestas podem ser menores sobre o fluxo de abelhas. E também, a proximidade entre os tipos de habitats (agrícolas e florestais) pode ser entendida como maior disponibilidade de recursos para as abelhas forrageiras. Aqui, habitat é definido como uma unidade ambiental (natural ou não) que propicia para as espécies os recursos fundamentais (alimentação e nidificação) e boas condições de reprodução (BRASIL, 1981; BRASIL, 2000). Portanto, o objetivo desse estudo foi investigar as diferenças na composição e abundância da assembleia de abelhas em um mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes, a fim de entender as respostas de abelhas silvestres à atratividade de iscas de cheiro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no Campo Experimental do município de Maria da Fé (CEMF) pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), sul de Minas Gerais, sudeste do Brasil. A região está localizada nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, uma cadeia montanhosa com altitude entre 1.000 e quase 3.000 m (IBGE, 2015). O CEMF é uma unidade que compreende 113 ha, sendo destinados 78 ha para a preservação florestal e 35 ha para cultivos agrícolas e infraestrutura da unidade. O campo experimental é cercado por pastos com fins pecuaristas intercalados por pequenos fragmentos de florestas, cultivos de café e está próximo aos limites da cidade. A área está localizada acima de 1.300 m de altitude, caracterizada por invernos rigorosos com temperaturas mínimas abaixo de 0° C e verões amenos (IBGE, 2021, MARIA DA FÉ, 2021). Essa área inclui diferentes cultivos agrícolas frutíferos e fragmentos florestais de Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2011). Desses habitats foram selecionados três culturas agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro) e dois fragmentos florestais (fragmento remanescente de vegetação nativa e fragmento em regeneração). Em cada habitat foram distribuídos três sítios de amostragem (Figura 1).

Figura 1 – Localização dos habitats (agrícolas e florestais) e de cada sítio de amostragem das abelhas silvestres no Campo Experimental da EPAMIG, Maria da Fé, sul de Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Do Autor (2021)

2.2 Caracterização dos habitats agrícolas e florestais

Dados de imagens de satélite do Google Earth Pro e Global Forest Change dataset (HANSEN et al., 2013) foram usados para definir os cinco habitats e determinar os sítios exatos para instalação das armadilhas de cheiro. As características dos habitats e métricas de cada sítio foram definidas antes de instalar as armadilhas. O tamanho exato de cada habitat foi determinado usando os softwares Google Earth Pro, Global Forest Change dataset e QGIS versão 2.18 (2016).

Dos habitats selecionados, dois foram fragmentos florestais e três culturas agrícolas (frutíferas) (Tabela 1). Dos fragmentos florestais, um é área de regeneração e o outro de remanescente. O habitat em regeneração é formado por um bosque com árvores em estágio intermediário de regeneração (< 15 anos), média incidência de luz solar no interior da floresta e ocorrência de plantas rasteiras, arbustos e lianas (BRASIL, 2010; BRASIL, 2012). Enquanto

que, o habitat de remanescente é uma floresta com cobertura nativa, que ao longo do tempo sofreu ações antrópicas diretas ou indiretas. Na região de estudo, o remanescente é um pequeno fragmento com floresta densa (> 40 anos) com formação de banco de sementes, pouca incidência de luz solar no interior da floresta, baixa ocorrência de lianas e plantas invasoras, e grande diversidade vegetal.

Tabela 1 - Gradientes ambientais: fragmento de habitat, coordenadas geográficas, tamanho do fragmento (ha), média de altitude (m), distância da borda da floresta, características dos cinco habitats (Remanescente, Regeneração, Macieira, Oliveira, Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil.

Fragmento de habitat	Sítios ^a	Coordenadas geográficas	Tamanho (ha)	Elevação (m)	Distância da floresta (m) ^b	Formação vegetal	Características dos habitats
Remanescente	RM1	22°18'48.43"S 45°22'35.23"W	5.39	1303	---	Floresta nativa	Floresta com vegetação original da MA, com grande diversidade e bancos de sementes.
	RM2	22°18'46.32"S 45°22'28.12"W	6.70	1307	---		
	RM3	22°18'41.29"S 45°22'29.63"W	3.47	1331	---		
Regeneração	RF1	22°19'04.75"S 45°22'44.62"W	18.09	1375	---	Floresta (bosque)	Bosque com árvores jovens de tamanho médio com média incidência luminosa formando um dossel com clareira.
	RF2	22°18'57.48"S 45°22'42.23"W	7.53	1353	---		
	RF3	22°19'06.14"S 45°22'36.70"W	15.6	1357	---		
Macieira	M1	22°19'02.52"S 45°22'28.84"W	0.35	1338	49.03	Cultura frutífera de maçã	Cultivo agrícola que produz um pseudofruto: a maçã. Flores de cor branca ou róseas dispersoras de aromas
	M2	22°19'02.32"S 45°22'26.92"W	0.34	1332	88.41		
	M3	22°19'63.82"S 45°22'25.75"W	0.37	1332	27.90		
Oliveira	O1	22°19'01.70"S 45°22'25.75"W	1.0	1323	76.93	Cultura frutífera de azeitona	Cultivo agrícola que produz a azeitona, um fruto oleaginoso. Flores brancas, pequenas e não aromatizadas.
	O2	22°18'59.38"S 45°22'27.78"W	1.13	1316	152.35		
	O3	22°18'53.89"S 45°22'32.60"W	1.33	1314	107.92		
Pessegueiro	P1	22°18'54.61"S 45°22'32.06"W	0.45	1310	74.66	Cultura frutífera de pêssego	Cultivo agrícola que produz o pêssego, um fruto aveludado. Flores com cores de roxo a branco e odor forte e agradável.
	P2	22°18'53.65"S 45°22'34.10"W	0.46	1313	66.65		
	P3	22°18'53.74"S 45°22'37.43"W	0.59	1314	88.36		

^a = Sítios de amostragens das abelhas nos cinco tipos de habitats. ^b = Distância da borda da floresta mais próxima do sítio de amostragem. MA = Mata Atlântica.

Os habitats de culturas agrícolas (frutíferas) selecionados foram a macieira, oliveira e pessegueiro. A cultura da maçã pode atingir até 10 metros de altura e quando as flores

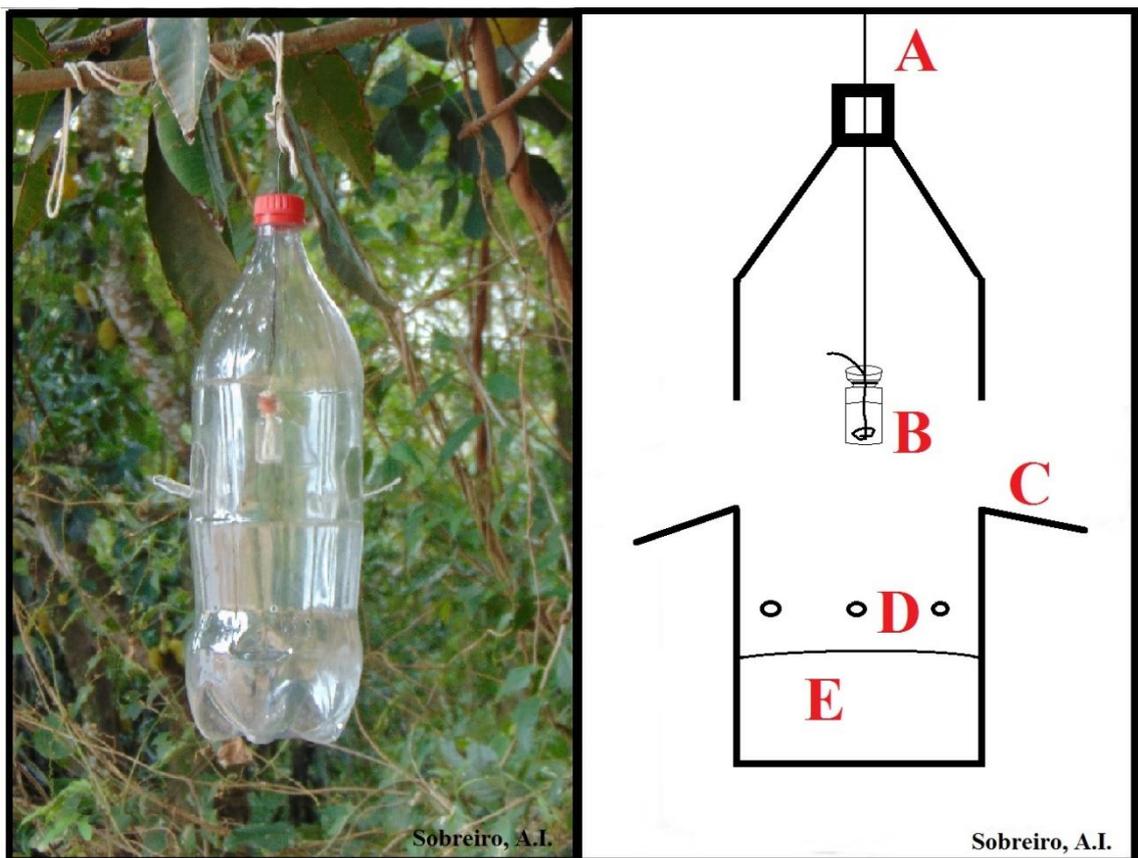
desabrocham, apresentam cor branca ou róseas com aromas atrativos (EMBRAPA, 1994; PETRI; LEITE, 2008). Na região de estudo, a macieira é um fragmento de 1 ha, cercado por florestas e pela cultura da oliveira. A oliveira é um habitat formado por árvores frutíferas que produzem as azeitonas, as flores são brancas polinizadas pelo vento ou autopolinizadas, pequenas e não possuem aroma atrativo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009; COUTINHO et al., 2015). Na região de estudo, a oliveira corresponde a 3.35 ha, a cultura possui 16 fileiras e está cercada pela macieira, pessegueiro e fragmentos florestais. Já o pessegueiro produz frutos de sabor doce, suas flores são de cor rosa, pequenas e liberam um aroma forte e agradável (EMBRAPA, 1993). Na região de estudo, a cultura corresponde a 1.42 ha, está cercada pela oliveira e por fragmentos florestais, possui 10 fileiras de árvores decíduas.

2.3 Amostragem das abelhas

No desenho experimental, 15 diferentes sítios de amostragem foram selecionados, distribuídos em cinco habitats: remanescente, regeneração, macieira, oliveira e pessegueiro. Em cada habitat foram instalados três sítios de amostragem, distanciados um do outro entre 60 e 300 m. Em cada sítio de amostragem foi usada três armadilhas aromáticas, cada armadilha contendo uma essência (eugenol, salicilato de metila e vanilina), totalizando 45 armadilhas (5 habitats x 3 sítios x 3 essências). As armadilhas foram instaladas nos primeiros 15 dias de cada mês, durante 12 meses, totalizando 4.320 horas (15 dias x 24 horas x 12 meses) de exposição das armadilhas.

As abelhas foram amostradas durante 12 meses, entre novembro de 2017 e outubro de 2018. As armadilhas foram confeccionadas de garrafas do tipo PET de 2 L (Figura 2). Nas laterais foram realizadas duas aberturas que funcionavam como área de pouso dando suporte para as abelhas entrarem na PET e coletarem o aroma. As essências atrativas foram adicionadas em frascos de vidro (30 ml), que estavam localizadas na parte central da garrafa entre as duas aberturas laterais. Na tampa de cada frasco de vidro foi feita uma pequena abertura e transpassado um barbante, que funcionava como pavio para a dispersão da essência. Na parte inferior de cada armadilha foi adicionado uma solução composta por água (200 ml), álcool 92% (100 ml), duas colheres de sal (5 g) e detergente neutro (15 ml). A solução foi trocada em cada mês, na reinstalação quinzenal das armadilhas. A confecção e montagem das armadilhas para *Euglossina* foram realizadas de acordo com Sobreiro et al. (2019).

Figura 2 - Modelo de armadilha para abelhas Euglossina. (A) Tampa com fio inox que serviu como suporte para deixar a armadilha suspensa. (B) Frasco de vidro pequeno com essência atrativa e o barbante que serviu como pavio para a dispersão do aroma. (C) Aberturas laterais que serviram como “área de pouso” para os insetos. (D) Seis aberturas circulares para permitir o escoamento do excesso de água das chuvas e impedir que o material biológico fosse perdido. (E) Solução. Modelo proposto por Campos et al. (1989) com modificações feitas por Sobreiro et al. (2019).



Fonte: Sobreiro et al. (2019)

Após os 15 dias de amostragem, as armadilhas eram retiradas para higienização das PETs e reposição das essências. Os pontos de fixação de cada armadilha foram marcados com fita zebra vermelha para que as armadilhas fossem reinstaladas nos mesmos pontos. Em laboratório, os insetos coletados foram limpos e separados de acordo com a ordem taxonômica. Para esta pesquisa foram selecionadas todas as abelhas não euglossinas amostradas nas armadilhas. Essas abelhas foram montadas utilizando alfinetes entomológicos e identificadas com o auxílio de especialista (Dr. José Eustáquio dos Santos Júnior – Universidade Federal de Minas Gerais).

2.4 Análise dos dados

A diversidade das abelhas foi calculada usando o Índice de Shannon-Wiener. Para a dominância usamos dois índices inversamente proporcionais, o de Berger-Parker (d) e Simpson (D-1) (MELO, 2008). Enquanto que para determinar a uniformidade de cada habitat usamos o Índice de Equitabilidade (J') (MAGURRAN, 2004).

A distribuição circular da abundância de abelhas foi realizada usando os 12 meses de amostragem para cada tipo de habitat. Em cada coluna, a barra representa a abundância relativa de abelhas para o mês, totalizando 4.320 horas de coleta (24 horas x 15 dias x 12 meses) para cada tipo de habitat.

A curva de rarefação foi realizada para a riqueza de espécies de cada tipo de habitat, sendo obtida 1.000 randomizações, otimizando a eficiência de amostragem. Aqui, a curva de rarefação foi utilizada para comparar o esforço de amostragem entre os diferentes tipos de habitats, sendo que o total está representado por 60 amostras, com 12 amostras (uma amostra por mês durante 12 meses) em cada tipo de habitat (5 habitats diferentes), ou seja, 12 amostras x 5 habitats = 60 amostras. Essa análise foi realizada no software R.

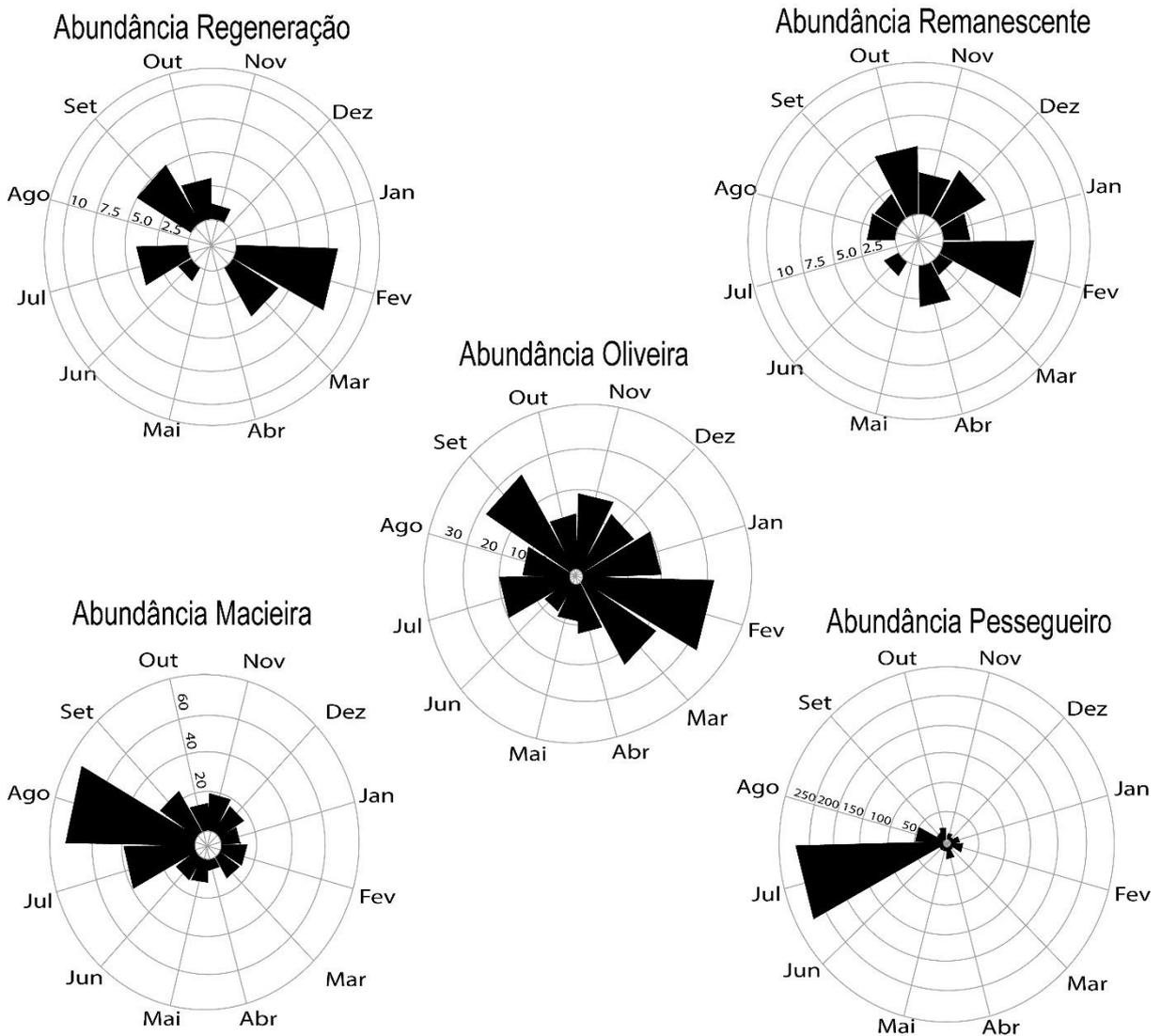
A eficiência da atratividade das essências aromáticas para a abundância de abelhas nos cinco habitats foi representada usando um gráfico circular, onde o segundo eixo (vertical) representa os meses de coleta (12 meses) e o primeiro eixo (horizontal) representa a abundância relativa das abelhas por mês em cada essência aromática. Para definir a similaridade entre a assembleia de abelhas coletadas nos cinco tipos de habitats, foi realizada um Dendograma de Cluster, usando o Índice de Jaccard para determinar a similaridade entre as áreas (SNEATH; SOKAL, 1973). Tanto o gráfico da atratividade das essências como o Dendrograma de Cluster foram realizados no software R.

3 RESULTADOS

Durante o estudo, foi coletado 946 abelhas silvestres pertencentes a 18 gêneros e 33 espécies, sendo que alguns indivíduos foram identificados até morfotipo (Apêndice I). Destas, 426 abelhas foram coletadas no pessegueiro, 250 abelhas na macieira, 214 abelhas na oliveira, 30 abelhas no remanescente, e por fim, 26 abelhas coletadas no fragmento em regeneração. Apenas três espécies de abelhas foram amostradas nos cinco tipos de habitats, enquanto que quatro espécies ocorreram exclusivamente na macieira, outras três espécies ocorreram exclusivamente no pessegueiro, duas espécies foram exclusivas no fragmento em regeneração e outras duas no remanescente, e apenas uma espécie ocorreu exclusivamente na oliveira. A ANOVA indicou que os tipos de habitats foram significativamente diferentes para a abundância ($df = 4$, $F = 4.108$, $p = 0.0033$), para a diversidade ($df = 4$, $F = 9.449$, $p = 6.13e-07$) e para a riqueza de espécies ($df = 4$, $F = 13.501$, $p = 1.302e-09$).

A distribuição circular das abelhas variou durante o ano nos cinco tipos de habitats. Na oliveira, a abundância de abelhas foi maior durante seis meses, registrando 14.79% (140 indivíduos), enquanto que no pessegueiro e na macieira a abundância foi maior durante três meses em cada habitat, representando 31.71% (300 indivíduos) amostrados em abril, julho e outubro/2018 e 10.35% (98 indivíduos) amostrados em maio, junho e agosto/2018, respectivamente. O mês com maior abundância foi fevereiro/2018 no fragmento em regeneração com 0.84% (8 indivíduos), no remanescente com 0.73% (7 indivíduos) e na oliveira com 3.69% (35 indivíduos), enquanto que no pessegueiro foi julho/2018 com 28,01% (265 indivíduos) e na macieira foi agosto/2018 com 7.71% (73 indivíduos). Em adição, os meses foram significativamente diferentes para a abundância ($df = 11$, $F = 2.5481$, $p = 0.0052$), mas não foram diferentes para a riqueza de espécies ($df = 11$, $F = 1.653$, $p = 0.0883$) (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição circular da abundância de abelhas silvestres por mês nos cinco tipos de habitats (Regeneração, Remanescente, Macieira, Oliveira e Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. O mês representa o número total de abelhas amostradas durante um período de 15 dias em cada área. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

Bombus brasiliensis Lepeletier, 1836, *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836) e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) foram as únicas espécies capturadas nos cinco habitats. A macieira foi o habitat que amostrou o maior número de espécies de abelhas, registrando 22 espécies, seguido pela oliveira e pelo pessegueiro que registraram 17 espécies cada, o fragmento em regeneração registrou 10 espécies e o remanescente, nove espécies. A frequência

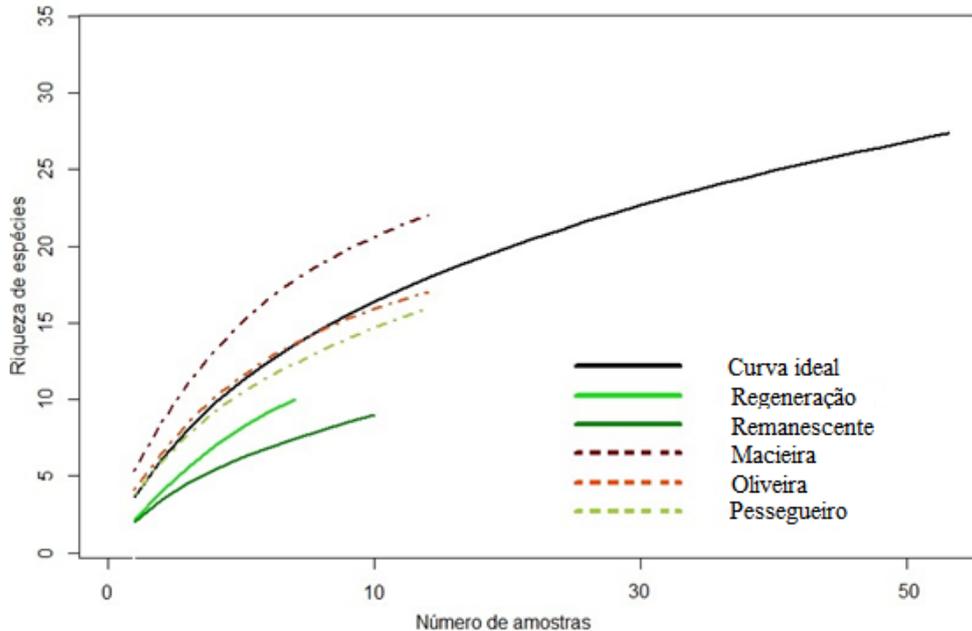
(ocorrência por mês) de quase todas as espécies foi maior na oliveira e menor no remanescente. Todos os indivíduos coletados são abelhas nativas, exceto *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), que registrou 3.80% (36 indivíduos) do total de abelhas. O mês com a maior riqueza de abelhas foi fevereiro/2018 na oliveira com 5.97% (15 spp.), no pessegueiro com 3.98% (8 spp.), no fragmento em regeneração com 1.99% (5 spp.) e no remanescente com 1.59% (4 spp.), enquanto que março/2018 foi o mês que registrou a maior riqueza de abelhas para a macieira com 1.99% (8 spp.).

A espécie *T. spinipes* foi a mais abundante em três tipos de habitats, representando abundância relativa de 85.68% (n = 426) no pessegueiro, 73.83% (n = 214) na oliveira e 67.60% (n = 250) na macieira, enquanto que *B. brasiliensis* foi a espécie mais abundante no fragmento em regeneração e no remanescente, com abundância relativa de 30.76% (n = 8) e 40.00% (n = 12), respectivamente. A menor abundância de abelhas foi amostrada para 11 espécies com 1 indivíduo cada, que representaram 1.16% (n = 11).

O Índice de Shannon-Wiener (H') indicou a oliveira com maior diversidade ($H' = 2.4$), seguido pela macieira ($H' = 2.211$) e pelo remanescente ($H' = 2.136$), enquanto a menor diversidade foi registrada para o pessegueiro ($H' = 1.456$) e o fragmento em regeneração ($H' = 1.755$). Já para o Índice de Berger-Parker (d) apontou o pessegueiro como o habitat com maior dominância (d = 0.622), seguido pelo fragmento em regeneração (d = 0.307) e pela macieira (d = 0.292), e as menores dominâncias foram registradas para a oliveira (d = 0.163) e remanescente (d = 0.233). O Índice de Simpson (D), entre os cinco habitats, indicou maior dominância também para o pessegueiro (D = 0.590), seguido pelo fragmento em regeneração (D = 0.804) e pela macieira (D = 0.855), enquanto que as menores dominâncias para esse índice foram para a oliveira (D = 0.901) e remanescente (D = 0.864). Finalmente, a Equitabilidade (J') apontou a oliveira como o habitat mais uniforme ($J' = 0.965$), seguido pelo remanescente ($J' = 0.927$) e pelo fragmento em regeneração ($J' = 0.902$), e as menores uniformidades foram registradas para o pessegueiro ($J' = 0.585$) e a macieira ($J' = 0.889$) (Apêndice I – Índices de diversidade).

A curva de rarefação usada para comparar a riqueza de espécies entre os cinco tipos de habitats sugere que nenhum habitat (florestal ou agrícola) atingiu a assíntota e estabilizou. E ainda, que a oliveira é o único habitat que está mais próximo de se estabilizar após a 16ª amostra, enquanto que os demais habitats (fragmento em regeneração, remanescente, macieira e pessegueiro) ainda podem amostrar mais espécies do que as registradas aqui (Figura 4).

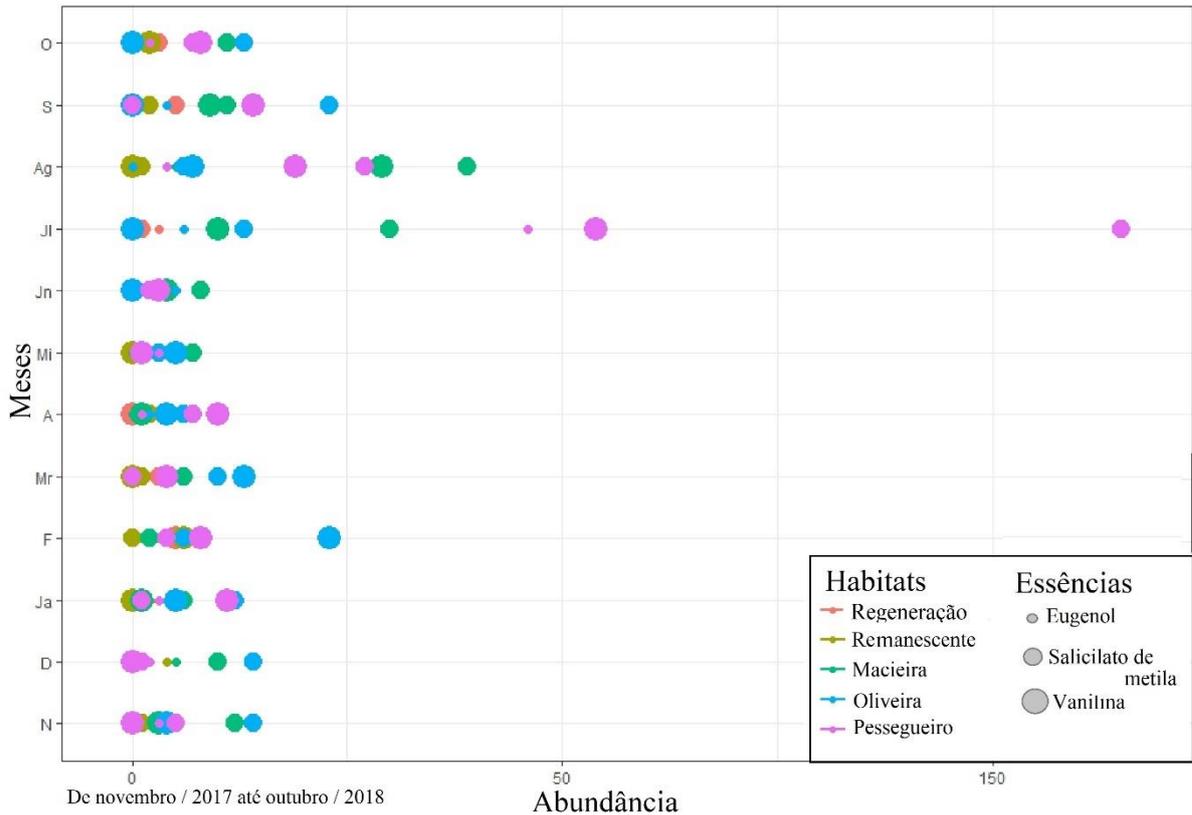
Figura 4 - Curva de rarefação da riqueza de espécies em função da abundância de abelhas silvestres por mês nos cinco tipos de habitats (Regeneração, Remanescente, Macieira, Oliveira e Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

O salicilato de metila foi a essência que atraiu a maior abundância total de abelhas silvestres, registrando 54.01% (511 indivíduos), seguido pela vanilina que atraiu 29.70% (281 indivíduos) e pelo eugenol que atraiu 16.27% (154 indivíduos). Em todos os habitats, o salicilato de metila foi a fragrância mais eficiente, respondendo por 58.40% (146 indivíduos) na macieira, seguido por 57.47% (123 indivíduos) na oliveira, 51.64% (220 indivíduos) no pessegueiro e 50.00% (13 indivíduos) no fragmento em regeneração, exceto no remanescente, aonde o eugenol foi a fragrância mais eficiente, respondendo por 40.00% (12 indivíduos). Além disso, o salicilato de metila também foi a essência que atraiu a maior riqueza de abelhas, registrando 19 espécies para todos os habitats, seguido pelo eugenol com atratividade de 10 espécies e pela vanilina que atraiu seis espécies. O eugenol foi a fragrância menos eficiente para o pessegueiro com 17.37% (74 indivíduos), oliveira com 14.01% (30 indivíduos) e macieira com 12.00% (30 indivíduos), enquanto que a vanilina foi a fragrância menos eficiente para o remanescente com 30.00% (9 indivíduos) e o fragmento em regeneração com 19.23% (5 indivíduos). Em adição, a atratividade das essências variou significativamente para a riqueza de espécies ($df = 2$, $F = 5.744$, $p = 0.00383$) e para a diversidade ($df = 2$, $F = 3.488$, $p = 0.0327$), mas não variou para a abundância ($df = 2$, $F = 2.7389$, $p = 0.0673$) (Figura 5).

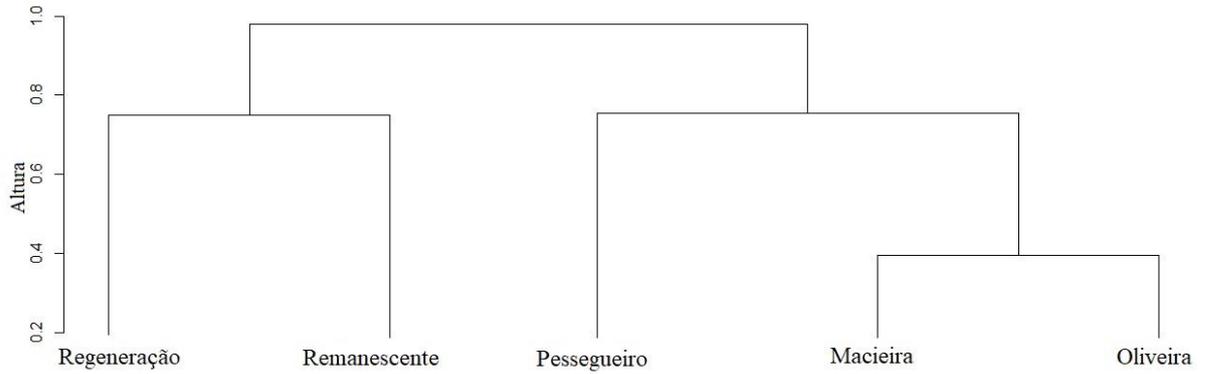
Figura 5 - Frequência da abundância de abelhas silvestres capturadas usando armadilhas de cheiro (eugenol, salicilato de metila e vanilina) nos cinco tipos de habitats (Regeneração, Remanescente, Macieira, Oliveira e Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

O Dendrograma de Cluster mostrou que os cinco habitats são semelhantes na estrutura e formam dois grupos, um reunindo o fragmento em regeneração e o remanescente e outro reunindo as culturas agrícolas: macieira, pessegueiro e oliveira. Mesmo assim, o Índice de Jaccard revelou baixa similaridade da assembleia de abelhas entre os habitats (média da similaridade = 0.33) (Figura 6).

Figura 6 - Dendrograma de Cluster reflete a similaridade entre a assembleia de abelhas e os cinco tipos de habitats (Regeneração, Remanescente, Macieira, Oliveira e Pessegueiro) em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.



Fonte: Do Autor (2021)

4 DISCUSSÃO

Esse estudo expõe uma lista de abelhas silvestres (não euglossinas) capturadas em armadilhas aromáticas. Esse tipo de armadilha é confeccionado com material plástico rígido e translúcido, geralmente contendo aromas químicos para atrair abelhas euglossinas (CAMPOS et al., 1989). A respeito do uso de armadilhas para capturar abelhas, Viana e Lourenço (2020) investigaram as respostas da população de abelhas à atratividade, coloração e estrutura dos habitats em armadilhas de cores do tipo *pantraps*, os autores destacam que a técnica permite uma avaliação rápida e eficiente da abundância e diversidade de abelhas em vários locais ao mesmo tempo, mas que é necessário combinar métodos de amostragem passivos para estimar a riqueza real dos habitats estudados. Embora o método ativo com rede entomológica seja o mais eficiente para amostragem de abelhas (PRENDERGAST et al., 2020), muitas pesquisas usando armadilhas passivas se aproximam da diversidade e composição de espécies real em vários tipos de habitats (FERRONATO et al., 2017; SOBREIRO et al., 2019). Nesse estudo, usamos um método de amostragem diferente para abelhas silvestres, nesse caso, utilizamos iscas de cheiro para abelhas das orquídeas, e encontramos que a riqueza e abundância das espécies foram similares ou superiores às encontradas por outros estudos que também usaram armadilhas aromáticas e de cor (SOBREIRO et al., 2019; JOSHI et al., 2015; VIANA; LOURENÇO, 2020; ACHARYA et al., 2021). Aqui amostramos uma região com diferentes tipos de habitats (florestais e agrícolas), no entanto, espécies adicionais podem ser coletadas usando uma maior variedade de armadilhas ou iscas aromáticas.

Nossos resultados mostram que a composição de espécies, a abundância e uniformidade de abelhas são diferentes entre os cinco tipos de habitats. Interessantemente, no mosaico de habitats (florestas e agricultura, ver Tabela 1) indica maior preferência das espécies pelas culturas agrícolas (frutíferas) do que pelas florestas. Sobre isso, estudos mostram que mesmo habitats com cobertura vegetal baixa ou homogênea (monocultura) podem suportar uma grande diversidade de abelhas nativas, e isso ocorre devido a conectividade desses habitats a paisagens florestais com alta diversidade de árvores (BAILEY et al., 2014; BOSCOLO et al., 2017; NOCELLI et al., 2019). Embora estudos comparando a riqueza e abundância de abelhas em vários tipos de florestas não sejam raros (BOSCOLO et al., 2017; FERRONATO et al., 2017; SOBREIRO et al., 2019), muito pouco se sabe sobre a distribuição dessas abelhas em habitats agrícolas (frutíferos) e florestais, principalmente comparando o mosaico de habitats, bem como as respostas das espécies a atratividade de iscas químicas em locais com diferentes graus de

conservação ambiental (fragmento em regeneração, remanescente, macieira, oliveira e pessegueiro) e durante um período de tempo (mensal).

Estudos sugerem efeitos negativos das comunidades de abelhas silvestres em culturas agrícolas (BENTON et al., 2002; DE PALMA et al., 2015; MILLARD et al., 2021). Contudo nossos resultados mostram que as culturas agrícolas próximas a fragmentos de florestas podem favorecer a diversidade de abelhas e facilitar o fluxo gênico das plantas entre os tipos de habitats. Uma possível evidência para esse fato é que 94.08% das abelhas (890 indivíduos, 28 espécies) foram coletadas nos 3 habitats agrícolas estudados aqui (ver Apêndice I). Isso ocorre, pois, habitats com maior conectividade funcional favorecem a permeabilidade e o fluxo de visitas florais das abelhas entre diferentes tipos de paisagens, melhorando as chances de sobrevivência desses polinizadores nas mais diversas condições (BOSCOLO et al., 2017; ACHARYA et al., 2021).

Além disso, é sabido que as mudanças no uso da terra e a perda de habitats naturais afetam negativamente a abundância e composição das espécies de abelhas (SOBREIRO et al., 2021; MILLARD et al., 2021). No entanto, nossos resultados indicam que grande parte da riqueza e abundância de espécies de abelhas registradas aqui foram pouco sensíveis aos habitats agrícolas (macieira, oliveira e pessegueiro) com alteração do solo e transformação da vegetação natural. Possivelmente a explicação para esse resultado deve ser o fato de que as culturas frutíferas são adjacentes as florestas, e isso aumenta a diversidade e os serviços de polinização das abelhas em habitats agrícolas muito mais do que em plantações completamente cercadas por outras plantações (BAILEY et al., 2014; MORADIN; WINSTON, 2005), e ainda, a taxa de visitação das abelhas nativas em culturas agrícolas tende a diminuir à medida que aumenta a distância da floresta (RICKETTS et al., 2008), assim, como os habitats agrícolas e florestais pesquisados aqui são próximos, isso pode ter favorecido positivamente para a estabilidade e/ou reintegração da comunidade de abelhas nos habitats mais alterados (culturas frutíferas).

A abundância de quase todas as espécies de abelhas foi maior na macieira, enquanto que oito espécies de abelhas registraram maior abundância nas outras culturas frutíferas (oliveira e pessegueiro). Já a frequência de quase todas as espécies foi maior na oliveira e menor no remanescente (Apêndice I). Um dos principais fatores que afetam a abundância e frequência de espécies é a configuração dos habitats (SOBREIRO et al., 2019; THEODOROU et al., 2020; ACHARYA et al., 2021; MILLARD et al., 2021), pois, a distribuição de espécies de plantas e a densidade de árvores entre culturas frutíferas e florestas são diferentes, e isso influencia condições ambientais como a diversidade das plantas com flores, a velocidade do vento, a umidade e a temperatura do ar (MURLIS; ELKINTON; CARDÉ, 1992; RAW, 1989;

SOBREIRO et al., 2021), que desempenham um importante papel na volatilização de cada essência aromática (SILVA; REBÊLO, 2002). De modo geral, as abelhas utilizam o cheiro para encontrar os recursos mais valiosos, assim, se o fluxo de ar é mais forte em um habitat agrícola do que dentro de uma floresta, o cheiro provavelmente irá se espalhar mais rapidamente pelas culturas frutíferas do que nos habitats florestais e, desse modo, atrair mais abelhas (KNOLL; SANTOS, 2012; ALEIXO et al., 2017; HUNT et al., 2018). Vale ressaltar que estudos investigando as diferentes atratividades de compostos aromáticos para abelhas euglossinas não são escassos (RAMALHO; GAGLIANONE; OLIVEIRA, 2009; FERRONATO et al., 2017; NEMÉSIO et al., 2012), porém um experimento mais controlado para entender os efeitos das condições ambientais na dispersão dos aromas em diferentes tipos de habitats ainda é ausente.

O protocolo mais usado para estimar a diversidade de abelhas euglossinas é o uso de iscas aromáticas (DRESSLER et al., 1982; ELTZ et al., 1999; NEMÉSIO et al., 2012; KNOLL; SANTOS, 2012). Ao longo de sua vida, os machos dessas abelhas coletam compostos de diferentes fontes florais, produzindo uma mistura específica da espécie que sugere a sua qualidade fenotípica e genotípica (RAMÍREZ et al., 2010). Sabendo disso, pesquisadores descobriram compostos sintéticos que imitam as fragrâncias de flores frequentemente visitadas por esses machos de abelhas, e esses compostos foram adicionadas nas iscas aromáticas a fim de estimar o número de espécies em estudos rápidos de coletas ativas ou passivas (ELTZ et al., 1999; NEMÉSIO et al., 2012). Para os machos de abelhas das orquídeas, é provável que essas misturas de fragrâncias coletadas sejam usadas para atrair as fêmeas no momento do acasalamento, discriminando os machos mais exuberantes dentro da sua linhagem (RAMÍREZ et al., 2010). No entanto, em pesquisas com o uso de compostos sintéticos para capturar euglossina é comum coletar um grande número de espécies de outros táxons de abelhas. O intrigante é entender a razão do por que esses insetos (não euglossina) buscarem as fragrâncias sintéticas, se este comportamento está relacionado com comportamento sexual ou se apenas utilizam seu cheiro para encontrar os recursos florais mais valiosos (NEMÉSIO et al., 2012; BOSCOLO et al., 2017; SOBREIRO et al., 2021), e esta lacuna de conhecimento ainda precisa ser preenchida.

5 CONCLUSÕES

Apresentamos os resultados sobre as respostas da assembleia de abelhas ao mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes, enfatizando os efeitos dos ambientes locais sobre a composição das espécies.

O mosaico de habitats agrícolas e florestais adjacentes favorece o fluxo de abelhas entre os diferentes ambientes, além de promover a reintegração da comunidade de abelhas em habitats antropizados (culturas agrícolas).

A proximidade entre os tipos de habitats (floresta e agricultura) favorece a taxa de visitação das abelhas nas culturas agrícolas.

Além disso, trouxemos um dos primeiros resultados sobre a atratividade das iscas aromáticas na assembleia de abelhas silvestres (não Euglossina) em habitats com diferentes graus de conservação.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, R. S.; LESLIE, T.; FITTING, E.; BURKE, J.; LOFTIN, K.; JOSHI, N. K. Color of pan trap influences sampling of bees livestock pasture ecosystem. **Biology**, v. 10, n. 5, 445, 2021.
- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; FONSECA, V. L. I.; SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). **Apidologie**, v. 48, n. 1, p. 117-127, 2017.
- ALMEIDA, M. L. S.; CARVALHO, G. S.; NOVAIS, J. R.; STORCK-TONON, D.; OLIVEIRA, M. L.; MAHLMANN, T.; NOGUEIRA, D. S.; PEREIRA, M. J. B. Contribution of the Cerrado as Habitat for Sunflower Pollinating Bees. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 67, n. 2, p. 281-291, 2020.
- ARMAS-QUIÑONEZ, G.; AYALA-BARAJAS, R.; AVENDÃÑO-MENDOZA, C.; LINDIG-CISNEROS, R.; DEL-VAL, E. Bee diversity in secondary forests and coffee plantations in a transition between foothills and highlands in the Guatemalan Pacific Coast. **PeerJ**, v. 8, e9257, 2020.
- BAILEY, S.; REQUIER, F.; NUSILLARD, B.; ROBERTS, S. P. M.; POTTS, S. G.; BOUGET, C. Distance from forest edge affects bee pollinators in oilseed rape fields. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 4, p. 370-380, 2014.
- BENTON, T. G.; BRYANT, D. M.; COLE, L.; CRICK, H. Q. P. Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 4, p. 673-687, 2002.
- BOSCOLO, D.; TOKUMOTO, P. M.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 18-24, 2017.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 25 mai. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 26 mai. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 26 mai. 2021.
- BRASIL. **Florestas do Brasil em resumo - 2010**: dados de 2005-2010. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 152 p.
- CAMPOS, L. A. C.; SILVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. L.; ABRANTES, C. V. M.; MORATO, E. F.; MELO, G. A. R. Utilização de armadilhas para a captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 621-626, 1989.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.)**. 1. ed. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p.

COUTINHO, E. F.; JORGE, R. O.; HAERTER, J. A.; COSTA, V. B. **Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no sul do Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 181 p.

DE PALMA, A.; KUHLMANN, M.; ROBERTS, S. P. M.; POTTS, R. S.; BORGER, L.; HUDSON, L. N.; LYSENKO, I.; NEWBOLD, T.; PURVIS, A. Ecological traits affect the sensitivity of bees to land-use pressures in European agricultural landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 6, p. 1567-1577, 2015.

DRESSLER, R. L. Biology of the orchid bees (Euglossini). **Annual Review of Ecology and System**, v. 13, p. 373-394, 1982.

ELTZ, T.; WHITTEN, W. M.; ROUBIK, D. W.; LINSENMAIR, K. E. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, n. 1, p. 157-176, 1999.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **A cultura do pêssego**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA/SPI, 1993. 60 p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **A cultura da maçã**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA/SPI, 1994. 107 p.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES). **Global Forest Resources Assessment 2015 - How are the world's forests changing?**. 2. ed. Rome, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/325836/>. Acesso em: 06 ago. 2021.

FERRONATO, M. C. F.; GIANGARELLI, D. C.; MAZZARO, D.; UEMURA, N.; SOFIA, S. H. Orchid bee (Apidae: Euglossini) communities in Atlantic Forest remnants and restored areas in Paraná State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 3, p. 352-361, 2017.

FISCHER, L. K.; EICHFELD, J.; KOWARIK, J.; BUCHHOLZ, S. Disentangling urban habitat and matrix effects on wild bee species. **PeerJ**, v. 29, n. 4, e2729, 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA – INPE (INSTITUO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010**. São Paulo, SP: Fundação SOS Mata Atlântica – INPE, 2011. 120 p.

GIANINNI, T. C.; COSTA, W. F.; BORGES, R. C.; MIRANDA, L.; COSTA, C. P. W.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bee are potentially more affected. **Regional Environmental Change**, v. 20 n. 1, article number 9, 2020.

GONÇALVES, P. S.; ARAÚJO, W. S. Diversity of Eusocial Bees in Natural and Anthropized Areas of a Tropical Dry Forest in the Parque da Sapucaia (Montes Claros, Minas Gerais, Brazil). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 68, n. 1, e5305, 2021.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. C. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

HARRISON, T.; GIBBS, J.; WINFREE, R. Forest bees are replaced in agricultural and urban landscapes by native species with different phenologies and life-history traits. **Global Change Biology**, v. 24, p. 287-296, 2018.

HUNT, J. C. R.; AKTAS, Y. D.; MAHALOV, A.; MOUSTAOU, M.; SALAMANCA, F.; GEORGESCU, M. Climate change and growing megacities: hazards and vulnerability. **Engineering Sustainability**, v. 171, n. 6, p. 314-326, 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Mapa Político do Estado de Minas Gerais**. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=610151&view=detalhes>. Acesso em: 03 set. 2021.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Maria da Fé**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/maria-da-fe/panorama>. Acesso em: 28 mai. 2021.

JOSHI, N. K.; LESLIE, T.; RAJOTTE, E. G.; KAMMERER, M. A.; OTIENO, M.; BIDDINGER, D. J. Comparative Trapping Efficiency to Characterize Bee Abundance, Diversity, and Community Composition in Apple Orchards. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 108, n. 5, p. 785-799, 2015.

KNOLL, F. R. N.; SANTOS, L. M. Orchid bee baits attracting bees of the genus *Megalopta* (Hymenoptera, Halictidae) in Bauru region, São Paulo, Brazil: abundance, seasonality, and the importance of odors for dim-light bees. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 56, n. 4, p. 481-488, 2012.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford, UK: Blackwell Publishing Company, 2004.

MARIA DA FÉ. **Aspectos gerais**. 2021. Disponível em: <http://www.camaramariadafe.mg.gov.br/Pagina/Listar/341>. Acesso em: 27 mai. 2021.

MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.

MILLARD, J.; OUTHWAITE, C. L.; KINNERSLEY, R.; FREEMAN, R.; GREGORY, R. D.; ADEDOJA, O.; GAVINI, S.; KIOKI, E.; KUHLMANN, M.; OLLERTON, J.; REN, Z-X.; NEWBOLD, T. Global effects of land-use intensity on local pollinator biodiversity. **Nature Communications**, v. 12, 2902, 2021.

MORANDIN, L. A.; WINSTON, M. L. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. **Ecological Applications**, v. 15, n. 3, p. 871-881, 2005.

MURLIS, J.; ELKINTON, J. S.; CARDÉ, R. T. Odor plumes and how insect use them. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 505-532, 1992.

NEMÉSIO, A. Methodological concerns and challenges in ecological studies with orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 118-135, 2012.

NOCELLI, R. C. F.; BARRETO, T. E.; FERREIRA, R. A. C.; AMAZONAS, N. T.; MALASPINA, O. Diversity of bees in restored forests located in agricultural landscapes. In: PEREIRA, A. I. A. (Org.). **A interface do conhecimento sobre abelhas**. 1. ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 48-62.

ODANAKA, K. A.; REHAN, S. M. Wild bee distribution near forested landscapes is dependent on successional state. **Forest Ecosystems**, v. 7, 26, 2020.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1-3, 2008.

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

PRENDERGAST, K. S.; MENZ, M. H. M.; DIXON, K. W.; BATEMAN, P. W. The relative performance of sampling methods for native bees: an empirical test and review of the literature. **Ecosphere**, v. 11, n. 5, e03076, 2020.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation. 2016. Disponível em: <http://www.osgeo.org/qgis/>. Acesso em: 02 set. 2021.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

RAMALHO, A. V.; GAGLIANONE, M. C.; OLIVEIRA, M. L. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 95-101, 2009.

RAMÍREZ, S. R.; ELTZ, T.; FRITZSCH, F.; PEMBERTON, R.; PRINGLE, E. G.; TSUTSUI, N. D. Intraspecific Geographic Variation of Fragrances Acquired by Orchid Bees in Native and Introduced Populations. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, v. 8, p. 873-884, 2020.

RAW, A. The dispersal of Euglossini bees between isolated patches of eastern Brazilian wet forest (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 33, p. 103-107, 1989.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; VIANA, B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.

ROLIN, O.; PÉREZ-MÉNDEZ, N.; BRETAGNOLLE, V.; HENRY, M. Preserving habitat quality at local and landscape scales increases wild bee diversity in intensive farming systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 275, p. 73-80, 2019.

SILVA, F. S.; REBÊLO, J. M. M. Population dynamics of Euglossinae bees (Hymenoptera, Apidae) in an early secondgrowth forest of Cajual island, in the State of Maranhão. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 62, n. 1, p. 15-23, 2002.

SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573 p.

SOBREIRO, A. I.; PERES, L. L. S.; BOFF, S.; HENRIQUE, J. A.; ALVES-JUNIOR, V. V. Continuous micro-environments associated orchid bees benefit from an atlantic forest remnant, paraná state, brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 66, n. 2, p. 293-305, 2019.

SOBREIRO, A. I.; PERES, L. L. S.; HENRIQUE, J. A.; MUSSURY, R. M.; ALVES-JUNIOR, V. V. Recover and they'll come: flower visiting bees benefit from the continuous of micro-environments set by regenerating forest fragments. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 68, n. 1, e5861, 2021.

SOLAR, R. R. C.; CHAUL, J. C. M.; MAUÉS, M.; SCHOEREDER, J. H. A Quantitative Baseline of Ants and Orchid Bees in Human-Modified Amazonian Landscapes in Paragominas, Pará, Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 63, n. 3, p. 925-940, 2016.

STANGLER, E. S.; HANSON, P. E.; STEFFAN-DEWENTER, I. Vertical diversity patterns and biotic interactions of trapnesting bees along a fragmentation gradient of small secondary. **Apidologie**, v. 47, p. 527-538, 2016.

STEIN, K.; COULIBALY, D.; STENCHLY, K.; GOETZE, D.; POREMBSKI, S.; LINDNER, A.; KONATÉ, S.; LINSÉNMAIR, E.K. Bee pollination increases yield quantity and quality of cash crops in Burkina Faso, West Africa. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 17691, 2017.

THEODOROU, P.; RADZEVIČIŪTĖ, R.; LENTENDU, G.; KAHNT, B.; HUSEMANN, M.; BLEIDORN, C.; SETTELE, J.; SCHWEIGER, O.; GROSSE, I.; WUBET, T.; MURRAY, T. E.; PAXTON, R. J. Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. **Nature Communications**, v. 11, 576, 2020.

TSCHOEKE, P. H.; OLIVEIRA, E. E.; DALCIN, M. S.; SILVEIRA-TSCHOEKE, M. C. A. C.; SANTOS, G. R. Diversity and flower-visiting rates of bee species as potential pollinators of melon (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Cerrado. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 207-216, 2015.

VIANA, T. A.; LOURENÇO, A. P. Surveys of the bee (Hymenoptera: Apiformes) community in a Neotropical savanna using pan traps. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 60, e20206031, 2020.

VIOTTI, M. A.; MOURA, F. R.; LOURENÇO, A. P. Species Diversity and Temporal Variation of the Orchid-Bee Fauna (Hymenoptera, Apidae) in a Conservation Gradient of a Rocky Field Area in the Espinhaço Range, State of Minas Gerais, Southeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 565-575, 2013.

WILSON, J. S.; KELLY, M.; CARRIL, O. M. Reducing protected lands in a hotspot of bee biodiversity: bees of Grand Staircase-Escalante National Monument. **PeerJ**, v. 6, e6057, 2018.

ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; PINGARRONI, A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Agricultural land-use diversity and forest regeneration potential in human- modified tropical landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 230, p. 2010-220, 2016.

Apêndice I - Abelhas silvestres amostradas em um mosaico de paisagens agrícolas e florestais adjacentes em uma região de Mata Atlântica, sul de Minas Gerais, Brasil. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018.

Família	Espécie	Regen ^a	Reman ^b	Macieira	Oliveira	Pessegueiro	TOTAL
Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	0	1	18	10	7	36
	<i>Bombus (Thoracobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836	8	12	6	2	1	29
	<i>Bombus (Thoracobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	0	0	4	6	3	13
	<i>Cephalotrigona capitata</i> (Smith, 1854)	2	0	1	0	0	3
	<i>Exomalopsis (Diomalopsis) bicellularis</i> Michener & Moure, 1957	4	1	0	0	1	6
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) collaris</i> Friese, 1899	1	0	0	0	0	1
	<i>Geotrigona subterranea</i> (Friese, 1901)	0	0	3	2	4	9
	<i>Melipona (Eomelipona) marginata</i> Lepeletier, 1836	1	0	2	0	0	3
	<i>Melipona (Melipona) quadrifasciata quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	0	0	2	0	0	2
	<i>Paratrigona subnuda</i> Moure, 1947	0	0	5	8	7	20
	<i>Partamona helleri</i> (Friese, 1900)	0	0	0	1	0	1
	<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	4	4	7	8	20	43
	<i>Trigona aff. fuscipennis</i> Friese, 1900	0	0	2	2	2	6
	<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	0	3	6	5	4	18
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	3	6	169	158	365	701
Colletidae	<i>Colletes argentinus</i> Friese, 1908	0	0	1	1	0	2
	<i>Ptiloglossa</i> sp.01	0	0	6	2	0	8
	<i>Ptiloglossa</i> sp.02	0	0	3	3	0	6
	<i>Ptiloglossa</i> sp.03	0	0	1	0	0	1
Halictidae	<i>Augochlora (Augochlora) aff. braziliensis</i> (Vachal, 1911)	1	1	2	2	0	6
	<i>Augochlora (Augochlora) hestia</i> Lepeco & Gonçalves, 2020	0	0	0	0	1	1
	<i>Augochlora (Augochlora) nausicaa</i> (Schrottky, 1909)	1	0	0	0	0	1
	<i>Augochloropsis multiplex</i> (Vachal, 1903)	0	0	0	0	1	1
	<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)	0	0	0	0	3	3
	<i>Augochloropsis</i> sp.01	0	1	0	0	0	1
	<i>Caenohalictus</i> sp.01	0	1	0	0	0	1
	<i>Dialictus</i> sp.01	0	0	0	2	4	6

<i>Dialictus</i> sp.02	0	0	3	0	1	4
<i>Dialictus</i> sp.03	1	0	0	0	0	1
<i>Neocorynura codion</i> (Vachal, 1904)	0	0	1	0	0	1
<i>Neocorynura dilutipes</i> (Vachal, 1904)	0	0	6	1	2	9
<i>Pseudagapostemon (Pseudagapostemon) pissisi</i> (Vachal, 1903)	0	0	1	0	0	1
<i>Thectochlora hamata</i> Gonçalves & Melo, 2006	0	0	1	1	0	2
Abundância total	26	30	250	214	426	946
Riqueza total	10	9	22	17	16	33
Índices de diversidade						
Shannon-Wiener	1.755	2.136	2.211	2.400	1.456	---
Simpson (D)	0.804	0.864	0.855	0.901	0.590	---
Berger-Parker (d)	0.307	0.233	0.292	0.163	0.622	---
Equitabilidade (J')	0.902	0.927	0.889	0.965	0.585	---

^a = Fragmento em regeneração; ^b = Remanescente.