



Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Biologia



**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais**

**DIVERSIDADE, DINÂMICA POPULACIONAL E USO DE
RECURSOS AROMÁTICOS POR ABELHAS EUGLOSSINI
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS DO BIOMA CERRADO**

Thiago Henrique Azevedo Tosta

2018

Thiago Henrique Azevedo Tosta

**DIVERSIDADE, DINÂMICA POPULACIONAL E USO DE
RECURSOS AROMÁTICOS POR ABELHAS EUGLOSSINI
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS DO BIOMA CERRADO**

Tese a ser apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Solange Cristina Augusto

UBERLÂNDIA

Março – 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

T716d Tosta, Thiago Henrique Azevedo, 1990
2018 Diversidade, dinâmica populacional e uso de recursos aromáticos
por abelhas Euglossini em formações florestais do bioma Cerrado
[recurso eletrônico] / Thiago Henrique Azevedo Tosta. - 2018.

Orientadora: Solange Cristina Augusto.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.498>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Abelha. 3. Cerrados. 4. Florestas tropicais. I.
Augusto, Solange Cristina, (Orient.) II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de
Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Thiago Henrique Azevedo Tosta

**DIVERSIDADE, DINÂMICA POPULACIONAL E USO DE
RECURSOS AROMÁTICOS POR ABELHAS EUGLOSSINI
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS DO BIOMA CERRADO**

Tese a ser apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 28 de março de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Silvia Helena Sofia

Universidade Estadual de Londrina

Dr. Léo Correia da Rocha Filho

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo – Campus Ribeirão Preto

Prof^a. Dr^a. Camila Nonato Junqueira

Universidade Federal de Uberlândia

Prof^a. Dr^a. Ariádine Cristine de Almeida

Universidade Federal de Uberlândia

Prof^a. Dr^a. Solange Cristina Augusto

Universidade Federal de Uberlândia (Orientadora)

“O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.”

Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

Deixei para escrever os agradecimentos por último. Quero fazer um pouco diferente do tradicional, ao invés de colocar em parágrafos as pessoas que me ajudaram na caminhada até o final desse período, quero contar um pouco de como cada um contribuiu para essa vitória.

Ingressei no curso de biologia em 2008 e em 2009 comecei a fazer parte do grupo do Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas (LECA). Vivi experiências acadêmicas maravilhosas, fui a diversos congressos e eventos científicos, sempre colaborando com alguma apresentação. Desenvolvi um lado profissional e de seriedade que, até então, desconhecia. Fiz amizades que cultivo até hoje e que são importantes pra mim. Apesar da ausência do laboratório desde que voltei para minha cidade natal, tenho um carinho especial por aquela sala da Universidade e pelas pessoas que estão ali. À Laice, Camila, Bruno, Ana, Pedro e Thayane meu muito obrigado pela ajuda em diversos momentos.

Minha entrada no laboratório só foi possível com o pedido de estágio para minha querida Prof^a Dr^a Solange Cristina Augusto. Quando a procurei em 2009, queria trabalhar com animais, mas não sabia por onde começar. Como minha primeira professora de zoologia na graduação, a procurei com a intenção de trabalhar com mamíferos de grande porte (risos). Depois de tentar as indicações dadas por ela, acabei voltando a entrar em contato e ela prontamente me deu uma oportunidade. Vejam onde paramos. Nós temos uma história. Solange pra mim é muito mais que uma orientadora, é uma amiga e conselheira. Foi no colo dela que chorei quando me senti injustiçado, foi dela que ouvi palavras de incentivo e encorajamento quando estava mal, foi com ela que aprendi a respeitar o investimento público feito na minha formação e realizar meus trabalhos da melhor forma possível, foi com ela que aprendi a ser mais humano nas relações interpessoais. Não sei, mas acredito que outra pessoa

teria desistido de mim. Solange, você é uma pessoa especial e agradeço ao destino o dia em que entrei no laboratório de zoologia depois da aula em 2009 para conversarmos. Acima do título de Doutor, tenha certeza que você contribuiu para a formação de uma pessoa melhor. Espero um dia fazer por alguém o que você fez por mim. Muito obrigado.

Os últimos meses foram totalmente dedicados na análise de dados e escrita da tese, mas se enganam aqueles que pensam que comecei a escrita desse documento em meados do ano passado. Comecei a escrevê-lo aos três anos de idade quando ingressei numa escola de ensino fundamental. Nossas grandes realizações são fruto de experiências e conhecimento que adquirimos ao longo de toda uma vida e não restritas a um pequeno período. Deixo aqui meu agradecimento a todos os professores (as) que tive a honra de obter uma parte de seu conhecimento. Se existe uma profissão base de uma sociedade pensante e que progride, essa é a de professor.

Para que minha dedicação fosse tão voltada para a conclusão do doutorado, contei com um time muito especial. Quero começar falando da minha esposa Thamiris. Me apaixonei por essa mulher em 2007. Ela está ao meu lado desde então e me apoiou em todas as minhas conquistas e, me ergueu de todos os meus “tombos”. Suportou todo o stress e mau humor que tive nos últimos dias e assumiu muitas responsabilidades. Me viu entrar na graduação, no mestrado e no doutorado. Nos deu dois filhos, Joaquim e Maria Teresa, que hoje são meus bens mais preciosos. No fundo, a minha entrada e término do doutorado, são motivados por eles. Quando descobrimos a vinda do Joaquim em 2014, eu estava na segunda etapa do processo seletivo do doutorado. Confesso que foi um grande incentivo para a aprovação (risos). A descoberta da vinda da Maria Teresa ano passado, que esta prevista para maio de 2018, também foi um incentivo para a conclusão da escrita da tese. O bem mais precioso na vida de um ser humano é a família, não importa por quem ela é constituída. Por vocês me

especializei tanto para que tenhamos uma vida melhor e possamos melhorar a vida das pessoas que nos cercam. Muito obrigado e amo muito vocês.

Fazem parte desse time também o Senhor Jaime, Dona Leila e minha irmã Thaína. Minha família é meu alicerce e fonte das minhas forças. Acho que corresponder e honrar as gotas de suor derramadas pelo meu pai e minha mãe são obrigações que levo muito a sério. Vi meu pai se ausentar de casa por vários dias para trabalhar e minha mãe se sacrificar para cuidar de nós e da casa. Desde o dia que decidi prestar o vestibular para biologia até hoje, nunca faltou apoio deles. Minha irmã é importante em vários momentos. Mesmo que não perceba, vejo nela uma mulher guerreira e que luta, com unhas e dentes, pelos mesmos objetivos que eu. Aqui o irmão mais velho, aprende com a irmã mais nova. Espero ter honrado o esforço de vocês com a conclusão de mais uma etapa. O filho do caminhoneiro e da dona de casa foi longe. Amo muito vocês.

Não posso deixar de mencionar, minha querida avó Nadir, que partiu há alguns anos e nos deixou uma saudade tremenda. Como professora na juventude, sempre vi em seus olhos a satisfação em me ver estudar tanto. Nas dificuldades financeiras vividas em diversos momentos sempre nos ajudou com o que pode. Espero que a senhora esteja feliz com mais uma vitória minha, onde quer que esteja. Sempre trago a senhora em meus pensamentos. Te amo muito.

E como não mencionar os amigos? O estresse e exaustão da escrita de trabalhos são uma realidade que todo aluno vive. Momentos para relaxar e descansar a mente são importantes para que a volta ao trabalho seja produtiva. Tenho a sorte de cultivar amizades de longa data e poder contar com pessoas muito especiais. Meu muito obrigado pelas conversas, risadas, conselhos e palavras de encorajamento, Lucas Bacci, Rafael Yukio, Agnes Maria, Diogo Vilela, Laice Rabelo, Bruno Bartelli, Vinícius Luis, Luis Carlos e Rafael Jesus. Meu

muito obrigado pelas companhias, carinho e momentos juntos, amigos de consultoria ambiental, Luciano e Rafael Fava, 68^a turma de Ciências Biológicas e Madruga F.C.

Enfim, obrigado a todas as pessoas que de alguma forma tenham contribuído para a realização desse trabalho, professores do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais, funcionários da Universidade Federal de Uberlândia e proprietários das fazendas onde as coletas foram realizadas. Obrigado também aos órgãos de fomento, CAPES, CNPq, FAPEMIG e PELD pela concessão da bolsa de doutorado pelo período de 18 meses e apoio financeiro ao projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS E ESTRUTURAÇÃO DA TESE.....	6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
Capítulo 1 – Diversidade alfa e beta de abelhas Euglossini entre remanescentes florestais do Cerrado.....	12
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
Áreas de estudo.....	18
Atração de abelhas Euglossini.....	20
Análise dos dados.....	20
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
Capítulo 2 – Capturas e recapturas de machos de Euglossini em estudos populacionais: uma relação de dependência?.....	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38

INTRODUÇÃO.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
Áreas de estudo e amostragem.....	43
Marcação e recaptura dos machos de Euglossini.....	43
Análise dos dados.....	44
RESULTADOS.....	45
DISCUSSÃO.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
Capítulo 3 – A associação cor e odor tem efeito na atração dos machos de euglossini?	
.....	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
INTRODUÇÃO.....	62
MATERIAL E MÉTODOS.....	64
Áreas de estudo.....	64
Atração dos machos.....	66
Análise dos dados.....	69
RESULTADOS.....	70
DISCUSSÃO.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CONCLUSÕES GERAIS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: Diversidade alfa e beta de abelhas Euglossini entre remanescentes florestais do Cerrado

FIGURA 1 – Localização dos seis remanescentes estudados de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado quanto à fauna de abelhas Euglossini (A: Fazenda Mata d'Água Fria; B: Fazenda São José; C: Fazenda Marimbondo; D: Fazenda Experimental do Glória; E: Estação Ecológica do Panga; F: Fazenda Irara). Diâmetro da circunferência ≥ 100 km).....19

FIGURA 2 – Ordenação das espécies amostradas em um espaço multivariado de acordo com análise de nMDS baseado nas suas respectivas abundâncias. Ag. c – *Aglae caerulea*; Ef. a – *Eufriesea auriceps*; Eg. a – *Euglossa amazonica*; Eg. c – *Euglossa cordata*; Eg. f – *Euglossa fimbriata*; Eg. i – *Euglossa imperialis*; Eg. m – *Euglossa melanotricha*; Eg. p – *Euglossa pleosticta*; Eg. s – *Euglossa securigera*; Eg. t – *Euglossa truncata*; Eg. v – *Euglossa viridis*; El. c – *Eulaema cingulata*; El. h – *Eulaema helvola*; El. n – *Eulaema nigrita*; Ex. d – *Exaerete dentata*; Ex. s – *Exaerete smaragdina*; MAFF – Fazenda Mata da Água Fria; IF – Fazenda Irara; ESP – Estação Ecológica do Panga; GEF – Fazenda do Glória; MF – Fazenda Marimbondo; SJF – Fazenda São José.....25

FIGURA 3 – Curva do coletor para cada um dos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual estudados (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria) e o total.....26

**Capítulo 2: Capturas e recapturas de machos de Euglossini em estudos populacionais:
uma relação de dependência?**

FIGURA 1 – Metodologia de marcação utilizada para estudo das populações de abelhas da tribo Euglossini por cinco dias consecutivos. Cada forma geométrica representa a remoção do pré-tarso e primeiro tarsômero dos indivíduos, de acordo com o dia de coleta. (quadrado = 1º dia; círculo = 2º dia; pentágono = 3º dia; triângulo = 4º dia; losango = 5º dia). (TOSTA et al, 2017).....44

FIGURA 2 – Probabilidade de recaptura de machos de Euglossini a partir do número de indivíduos marcados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Cerrado.....47

FIGURA 3 – Relação entre o número de indivíduos marcados e recapturados (A) todas as espécies de Euglossini amostradas; (B) somente as espécies de *Euglossa*; (C) somente *Eulaema nigrita*.....48

Capítulo 3: A associação cor e odor tem efeito na atração dos machos de Euglossini?

FIGURA 1 – Localização das áreas para amostragem de machos de Euglossini utilizando flores artificiais confeccionadas com EVA em diferentes cores. (A) Estação Ecológica do Panga; (B) Fazenda Experimental do Glória; (C) Fazenda Marimbondo; (D) Fazenda São José.....66

FIGURA 2 – (A) Modelo das flores confeccionadas em EVA; (B) Posição do papel toalha embebido com o respectivo composto aromático.....	67
FIGURA 3 – Distribuição das combinações de flores artificiais, contendo cada uma uma isca aromática diferente. S = Salicilato de metila, V = Vanilina, E = Eucaliptol, VE = Verde, V = Vermelho, P = Preto, A = Amarelo, B = Branco.....	67
FIGURA 4 – Curvas de reflectância correspondente a cada uma das cores das flores artificiais utilizadas para amostragem de machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.....	68
FIGURA 5 – Desgaste alar dos machos de Euglossini com a classificação da idade de acordo com o Rebêlo e Garófalo (1991).....	69
FIGURA 6 – Atratividade de três essências (A) e das cinco cores das flores artificiais (B) em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.....	71
FIGURA 7 – Escolha da combinação entre cor e isca pelos machos de Euglossini amostrados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado. As cores das colunas correspondem às cores das flores artificiais (EUC = Eucaliptol; SAL = Salicilato de Metila; VAN = Vanilina).....	72
FIGURA 8 – Abundância relativa (%) de machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado, de acordo com a escolha da flor artificial	

utilizada (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).....	72
---	----

FIGURA 9 – Escolha das fragrâncias aromáticas por machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).....	73
--	----

FIGURA 10 – Abundância de machos de Euglossini experientes e “naive” coletados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.....	73
--	----

FIGURA 11 – Escolha de cores por machos de Euglossini <i>naive</i> e experientes, em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado. As cores das colunas correspondem às cores das flores artificiais.....	74
---	----

FIGURA 12 – Atratividade das iscas para <i>Eulaema nigrita</i> utilizadas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.....	74
---	----

FIGURA 13 – Abundância de machos de <i>Eulaema nigrita</i> nas fragrâncias aromáticas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).....	75
---	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: Diversidade alfa e beta de abelhas Euglossini entre remanescentes florestais do Cerrado

TABELA 1 – Distâncias (em km) entre os remanescentes de Florestas Estacionais Semimideciduais estudados (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria).....19

TABELA 2 – Total de machos de Euglossini coletados ao final de duas campanhas, 2012/2013 (P_1) e 2015/2016 (P_2), em seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria; Ab: Abundância; %: Abundância relativa).....23

TABELA 3 – Diversidade alfa avaliada de acordo com o índice de Shannon-Wiener (H') em seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria) em dois períodos de amostragem (P_1 : 2012/2013 e P_2 : 2015/2016).....24

TABELA 4 – Valores dos testes utilizados para comparação da abundância obtidas nas áreas de estudo e da região nos diferentes períodos de amostragem (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria).....24

TABELA 5 – Diferença na diversidade alfa entre os seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria) apresentados durante dois períodos de amostragem (P₁: 2012/2013 e P₂: 2015/2016).....24

**Capítulo 2: Capturas e recapturas de machos de Euglossini em estudos populacionais:
uma relação de dependência?**

TABELA 1 – Riqueza, número de indivíduos capturados e marcados (C), recapturados (R), porcentagem de recapturas em relação aos indivíduos capturados (%R) de machos de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado. Áreas = Locais onde ocorreram as recapturas. (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata da Água Fria) (Período 1: 2012-2013; Período 2: 2014-2015).....46

TABELA 2 – Indivíduos capturados (Σni) e recapturados (Σmi), proporção marcada ($\alpha \pm SD$), probabilidade de sobrevivência ($\phi \pm SD$), e tamanho populacional estimado ($\Sigma Bi \pm SD$) de machos de *Euglossa imperialis*, e do total de abelhas das orquídeas em quatro remanescentes no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. (Eg. = *Euglossa*; ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimetal do Glória; SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo).....49

TABELA 3 – Estimativa populacional (Est. pop.), obtida em dois períodos de amostragem (P1: 2012-2013; P2: 2014-2015). (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga).....50

Capítulo 3: A associação cor e odor tem efeito na atração dos machos de Euglossini?

TABELA 1 – Total de machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).....71

RESUMO

Tosta, THA. 2018. Diversidade, dinâmica populacional e uso de recursos aromáticos por abelhas Euglossini em formações florestais do bioma Cerrado. Tese de Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 86 p.

As abelhas Euglossini possuem uma distribuição Neotropical e grande diversidade em florestas tropicais úmidas. Machos dessa tribo forrageiam por néctar e fragrâncias aromáticas em diversas fontes, podendo ser florais ou não. Estudos recentes realizados no Cerrado revelam que ambientes florestais contribuem para a grande diversidade dessas abelhas no Bioma, apesar de estimativas populacionais indicarem a possível ocorrência de pequenas populações. Os objetivos gerais do trabalho foram (i) verificar possíveis variações espaciais e temporais nas diversidades alfa e beta de abelhas Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado; (ii) verificar as flutuações temporais e espaciais nos tamanhos populacionais, assim como a possível relação de dependência entre o número de capturas e recapturas, parâmetros utilizados em estimativas populacionais; e (iii) verificar o efeito da associação cor/odor e do ambiente na atração dos machos por iscas aromáticas. Com o auxílio de iscas aromáticas, os machos de Euglossini foram amostrados em seis remanescentes florestais do Cerrado, na região do Triângulo Mineiro, em dois períodos 2013-2014 (P1) e 2015-2016 (P2), com um esforço amostral total de 280 horas. Apenas um dos remanescentes apresentou diferença significativa quanto à diversidade alfa obtida entre os dois períodos de amostragem. Por outro lado, quando os remanescentes são comparados par a par, verificou-se um número maior de diferenças significativas quanto à diversidade local. A diversidade beta foi similar entre os períodos. Foram detectadas variações temporais e espaciais nos tamanhos populacionais. O número de machos Euglossini recapturados, com exceção de *Eulaema nigrita*, mostrou-se dependente do número de indivíduos marcados. Estimativas permitem detectar flutuações naturais dos tamanhos populacionais, sendo assim essenciais para estudos de monitoramento.

Houve preferência por um tipo de isca (eucaliptol) e uma cor (vermelho), mas não houve interação entre esses dois fatores. Houve efeito do ambiente sobre a escolha da fragrância, mas não na escolha da cor. Em conclusão, este estudo revelou que: (i) a diversidade local e regional parecem não ser afetadas ao longo do tempo, mas podem diferir significativamente quando diferentes remanescentes são comparados; (ii) variações espaciais e temporais, e a determinação de números mínimos de captura que devem ser alcançados para que estimativas populacionais possam ser feitas, são de suma importância para estudos de monitoramento; e (iii) além da flora do remanescente, a escolha do odor e cor feita pelos machos de Euglossini parece ser influenciada pela relação intrínseca que cada espécie mantém com suas fontes aromáticas.

Palavras-chave: Diversidade alfa; preferência por cor; marcação e recaptura; Cerrado; Euglossini

ABSTRACT

Euglossine bees have a Neotropical distribution and great diversity in humid tropical forests. Males of this tribe forage for nectar and aromatic fragrances in diverse sources, being able to be floral or not. Recent studies in the Cerrado show that forest environments contribute to the great diversity of these bees in the Biome, although population estimates indicate the possible occurrence of small populations. The aim of the present study was (i) to verify possible spatial and temporal variations in the alpha and beta diversities of Euglossine bees in Cerrado forest remnants; (ii) to verify the temporal and spatial fluctuations in population sizes, as well as the possible relationship of dependence between the number of marks and recaptures, parameters used in population estimates; and (iii) to verify the effect of color/odor and environmental

association on the attraction of males to aromatic baits. With aromatic baits, Euglossine males were sampled in six forest remnants of the Cerrado, in the Triângulo Mineiro region, in two periods 2013-2014 (P1) and 2015-2016 (P2), with a total sampling effort of 280 hours. Only one of the remnants presented a significant difference in alpha diversity obtained in two sampling periods. On the other hand, when the remnants are compared with each other, a greater number of significant differences cases in local diversity was observed. Beta diversity was similar between periods. Temporal and spatial variations were detected in population sizes. The number of recaptured Euglossine males, with the exception of *Eulaema nigrita*, was shown to be dependent on the number of marked individuals. Estimates allow the detection of natural fluctuations of population sizes and are therefore essential for monitoring studies. There was preference for one type of bait (eucalyptol) and one color (red), but there was no interaction between these two factors. There was an effect of the environment on the choice of the fragrance, but not color. In conclusion, this study revealed that: (i) local and regional diversity appears to be unaffected over time, but may differ significantly when different remnants were compared; (ii) spatial and temporal variations and determination of minimum mark individuals to be achieved for population estimates, which are essential for monitoring studies; and (iii) in addition to the flora of the remnant, the choice of odor and color made by Euglossine males seems to be influenced by the intrinsic relation that each species maintains with its aromatic sources.

Keywords: Alpha diversity; preference for color; marking and recapture; Cerrado; Euglossine bees

**DIVERSIDADE, DINÂMICA POPULACIONAL E USO DE RECURSOS
AROMÁTICOS POR ABELHAS EUGLOSSINI EM FORMAÇÕES FLORESTAIS
DO BIOMA CERRADO**

INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas Euglossini possuem aproximadamente 237 espécies (MOURE et al, 2012) e uma ampla distribuição no continente Americano, ocorrendo desde o estado da Flórida (EUA) até a Argentina (ROUBIK & HANSON, 2004). No Brasil, essas abelhas estão presentes em uma variedade de altitudes e biomas (ALVARENGA et al, 2007; ABRAHAMCZYK et al, 2011; ANDRADE-SILVA et al, 2012; ROCHA-FILHO & GARÓFALO, 2013), sendo consideradas mais diversas em biomas mais úmidos, como a Floresta Atlântica e Amazônica, com aproximadamente 51 e 127 espécies descritas, respectivamente (DRESSLER, 1982; NEMÉSIO & SILVEIRA, 2007).

No Cerrado, estudos recentes demonstram que fitofisionomias florestais úmidas, como as florestas semideciduais e as matas de galeria, que acompanham corpos d'água (RIBEIRO & WALTER, 1998), contribuem de forma significativa, para manutenção de uma riqueza maior de Euglossini (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017). Esse Bioma está localizado entre três zonas de endemismo (Bacia Amazônica, Floresta Atlântica e o Corredor Paraguaio) propostas para essas abelhas (RAMÍREZ et al, 2010) e acredita-se que, no período Cretáceo, houve uma conexão entre a Bacia Amazônica e a Floresta Atlântica justamente por onde, atualmente, se encontra o Cerrado (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2000). Tal conexão teria favorecido a dispersão de espécies de animais e plantas, dependentes de áreas úmidas, da Amazônia para o sudeste brasileiro por meio de cursos d'água, formados por matas de galeria e matas ciliares, que percorrem o Cerrado (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2000; MOURA

& SCHINDWEIN, 2009; SILVA et al, 2013). No caso de Euglossini, a presença de espécies tidas como típicas de Floresta Amazônica no domínio do Cerrado, como *Euglossa amazonica*, *Euglossa decorata* e *Aglae caerulea* (NEMÉSIO et al, 2007; SILVA et al, 2013; SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017), corroboram esse proposta.

As fitofisionomias florestais representam 32% das áreas naturais restantes do Bioma Cerrado (SANO, 2009). Levantamentos de Euglossini realizados nesse tipo de fitofisionomia em áreas de Cerrado apontam uma fauna com riqueza semelhante a outros pequenos remanescentes (< 100 hectares) de florestas úmidas dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (SILVEIRA et al, 2011; AGUIAR & GAGLIANONE, 2012; SILVEIRA et al, 2015).

A região do Triângulo Mineiro é explorada de forma intensa pela agropecuária, sendo a fragmentação e perda de habitat as principais consequências. Nem mesmo áreas destinadas à conservação da biodiversidade presentes no bioma estão de fato exercendo o seu papel, tendo taxas de desmatamento similares a locais que não são classificados como áreas de proteção (FRANÇOSO et al, 2015). Entre os remanescentes estudados da região, a comunidade de Euglossini se mostra bastante inconstante, sendo a dominância e composição exercidas por espécies diferentes em cada local e variando consideravelmente (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017). A compreensão total da diversidade regional envolve a avaliação da diversidade alfa e beta em vários remanescentes para, assim, fundamentar trabalhos conservacionistas.

Um método de amostragem bastante utilizado em estudos de levantamento para Euglossini é o de coletas mensais ao longo do ano. Entretanto coletas concentradas em poucos dias na estação onde há maior abundância dessas abelhas se mostra uma boa alternativa para estudos que envolvam estimativas da diversidade (ROUBIK, 2004; ABRAHAMCZYK et al, 2011; TOSTA et al, 2017). Considerando isso, monitoramentos de fauna que utilizem Euglossini como grupo de estudo e que perdurem por anos diferentes podem utilizar o método

condensado para coleta de dados, uma vez que sua eficiência é comparável às coletas ao longo do ano e seu custo financeiro menor.

Nos últimos anos há uma forte evidência de declínio nas populações de abelhas em todo o mundo, o que consequentemente tem gerado várias preocupações ecológicas e econômicas (GALLAI et al, 2009). Diferentes fatores contribuíram para este declínio, incluindo: destruição do habitat, fragmentação, modernas práticas agrícolas, uso de pesticidas, introdução de espécies exóticas e alterações climáticas (ZAYED, 2009). O bioma Cerrado tem sofrido com alguns desses fatores há algumas décadas, o que pode ter refletido nas populações de Euglossini. Apesar da riqueza de espécies nas formações florestais do Cerrado ser semelhante ao observado em remanescentes de Mata Atlântica *lato sensu*, a diferença no número de indivíduos coletados pode ser até 20 vezes menor (SILVEIRA et al, 2015).

As abelhas das orquídeas presentes nos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado parecem apresentar pequenos tamanhos populacionais, de acordo com as estimativas realizadas por Tosta et al. (2017). Além disso, foi verificado que em populações de *Euglossa pleosticta*, uma espécie muito capturada em remanescentes de floresta do interior de São Paulo, mas pouco amostrada na região (SILVEIRA et al, 2015), houve uma dominância de alguns alelos sobre outros, sugerindo uma tendência de fixação dos primeiros e perda de outros menos frequentes (TOSTA, 2014). Tais achados indicam ainda que pode estar ocorrendo gargalos populacionais, uma vez que há a ausência de alelos raros nas populações desta espécie. Diante de um cenário como esse, existe a real necessidade de monitoramento das comunidades de Euglossini inseridas nessa paisagem.

A fragmentação tem impactos sobre a fauna que vão além da imposição de uma barreira física para o deslocamento e influencia sobre o tamanho de suas populações. Animais alados, como as abelhas, geralmente têm seu comportamento de forrageamento influenciado quando suas populações estão inseridas em uma paisagem com alto grau de fragmentação

(GESLIN et al, 2014; REDHEAD et al, 2016), uma vez que esses insetos podem depender da flora presente em um remanescente para sua ocorrência (AGUIAR & GAGLIANONE, 2014). Machos de Euglossini forrageiam por néctar e compostos aromáticos e, após a identificação de uma fonte de recurso, esses indivíduos visitam seus pontos específicos de ocorrência por vários dias consecutivos (WIKELSKI et al, 2010). Seu comportamento de forrageamento pode ter sido influenciado pela fragmentação sofrida pelo bioma Cerrado nas últimas décadas, uma vez que este processo pode alterar o *home range* e a disponibilidade de fontes de recursos utilizadas por essas abelhas (ACKERMAN et al, 1982).

As fontes naturais de fragrâncias aromáticas usadas por machos de Euglossini podem ser bem variadas, incluindo flores, folhas, madeira em decomposição e fezes (DRESSLER, 1982). Dentre as principais espécies florais utilizadas por Euglossini para coleta de compostos aromáticos estão representantes da família Orchidaceae, tornando esse grupo popularmente conhecido como abelhas das orquídeas. As Euglossini contribuem com a reprodução de aproximadamente 600 espécies de orquídeas (10% das espécies neotropicais) (DODSON & FRYMIRE, 1961; RAMÍREZ et al, 2002). Não há pólen ou néctar como recompensas em espécies dessa família, tendo a essência floral como única recompensa. Sendo uma relação espécie-específica, a morfologia floral e o aroma exalado pela planta desempenham um papel importante na seleção das espécies envolvidas (WILLIAMS & WHITTEN, 1983; MITKO et al, 2016).

Atualmente, as hipóteses mais aceitas sobre a função dessas fragrâncias coletadas pelos machos de Euglossini, incluem o uso em comportamentos de coorte e demarcação de território (CAMERON, 2004; ELTZ et al, 2005), desempenhando assim um importante papel na sinalização química dos machos (MITKO et al, 2016). Além disso, a quantidade de fragrâncias coletadas e sua complexidade são uma evidência importante da capacidade de

sobrevivência dos machos (ELTZ et al, 2015) podendo ser determinante na seleção sexual (ELTZ et al, 1999).

A partir do estudo da relação entre os machos de Euglossini e as orquídeas, houve a descoberta de vários compostos orgânicos responsáveis pela sua atração (VOGEL, 1966). No final da década de 1960, fragrâncias similares às produzidas por orquídeas foram sintetizados em laboratório e usadas com sucesso na atração de machos de Euglossini (DODSON et al, 1969), como iscas odores.

Quando se trata de Euglossini, considerando a grande variedade de cor, aspectos e disponibilidades de fontes naturais de fragrâncias em diferentes remanescentes, estudos usando associação de cor e iscas aromáticas para a atração de machos em áreas florestais têm mostrado que as cores podem ser consideradas como atrativos secundários para localização de flores (BOFF, 2009; TOSTA et al, 2013). A localização de recursos por abelhas em ambientes visualmente complexos é devido à sua capacidade de orientação e visão tri-cromática (azul, verde e ultravioleta), percebendo cores que vão do comprimento de onda de 325 nm a 560 nm (CHITTKA, 1996). A visão em UV favorece a localização de fontes de néctar, uma vez que as flores possuem o chamado “*guias de néctar*” no centro de suas pétalas (THOMPSON et al, 1972). Alguns trabalhos têm demonstrado a utilização de cores para localização de fontes de recursos por abelhas (BORGES, 2006; WHITNEY et al, 2013; AMAYA-MÁRQUEZ et al, 2014). Além das cores, os aromas florais são uma das principais causas de atração desses indivíduos (VAINSTEINET et al, 2001). Uma fração desses compostos voláteis, que constituem o odor floral, pode ser suficiente para permitir que as abelhas aprendam e diferenciem espécies botânicas disponíveis em determinadas áreas (MASSON, 1982).

A composição florística pode variar entre remanescentes florestais que apresentam a mesma fitofisionomia (LOPES et al, 2012). Essa variação tem implicação direta sobre as fontes de recursos aromáticos disponíveis para os machos de Euglossini e, consequentemente,

sobre o “buquê” coletado por machos de uma mesma espécie em diferentes remanescentes. Tais diferenças na constituição do “buquê” podem levar a processos de isolamento reprodutivo entre populações de Euglossini em uma paisagem fragmentada, uma vez que as preferências exibidas pelas fêmeas de cada remanescente podem diferir (ACKERMAN, 1989; BOUGHMAN, 2002; JACKSON, 2008).

OBJETIVOS E ESTRUTURAÇÃO DA TESE

No presente estudo, a diversidade de abelhas Euglossini foi avaliada em remanescentes florestais inseridos no Cerrado, distribuídos em um raio relativamente pequeno (<100 km). Tivemos como objetivos específicos: (a) verificar possíveis variações espaciais e temporais nas diversidades alfa e beta de abelhas Euglossini; (b) verificar as flutuações temporais e espaciais no tamanho populacional, assim como a possível relação de dependência entre o número de capturas e recapturas, parâmetros necessários para a realização das estimativas populacionais; e (c) verificar o efeito da associação cor/odor e do ambiente na atração dos machos por iscas aromáticas. O trabalho será estruturado em três capítulos, de acordo com os objetivos (a), (b) e (c).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMCZYK, S., GOTTLIEBER, P., MATAUSCHEK, C., KESSLER, M. (2011) Diversity and community composition of euglossine bee assemblages (Hymenoptera: Apidae) in western Amazonia. *Biodiversity Conservation*. **20**, 2981–3001
<https://doi.org/10.1007/s10531-011-0105-1>
- ABRAHAMCZYK, S., VOS, J.M., SEDIVY, C., GOTTLIEBER, P., KESSLER, M. (2014) A humped latitudinal phylogenetic diversity pattern of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in western Amazonia: assessing the influence of climate and geologic history. *Ecography*. **35** (5), 500–508
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00417.x>
- ACKERMAN, J.D., MESLER, M.R., LU, K.L., MONTALVO, A.M. (1982) Food-Foraging Behavior of Male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): Vagabonds or Trapliners? *Biotropica*. **14** (4), 241–248
<https://doi.org/10.2307/2388080>
- ACKERMAN, J.D. (1989) Geographic and Seasonal Variation in Fragrance Choices and Preferences of Male Euglossine Bees. *Biotropica*. **21** (4), 340–347
<https://doi.org/10.2307/2388284>
- AGUIAR, W.M., GAGLIANONE, M.C. (2012) Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. **56** (2), 210 – 219
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262012005000018>
- AGUIAR, W.M., MELO, G.A.R., GAGLIANONE, M.C. (2014) Does Forest phisiognomy affect the structure of orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A study in the Atlantic forest of Rio de Janeiro state, Brazil. *Sociobiology*. **61** (1), 68–77
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.68-77>
- ALVARENGA, P.E.F., FREITAS, R.F., AUGUSTO, S.C. (2007) Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal*. **23**, 30–37
- AMAYA-MÁRQUEZ, M., HILL, P.S.M., ABRAMSON, C.I., WELLS, H. (2014) Honey Bee Location and Time Linked Memory Use in Novel Foraging Situations: Floral Color Dependency. *Insects*. **5** (1), 243–269
<https://doi.org/10.3390/insects5010243>
- ANDRADE-SILVA, A.C.R., NEMÉSIO, A., OLIVEIRA, F.F., NASCIMENTO, F.S. (2012) Spatial–Temporal Variation in Orchid Bee Communities (Hymenoptera: Apidae) in Remnants of Arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina Region, State of Bahia. *Brazilian Neotropical Entomology*. **41**, 296–305
<https://doi.org/10.1007/s13744-012-0053-9>

- BOFF, S. (2009) Modelos atraentes despertam interesse em machos? Uma relação entre flores artificiais e abelhas. Curso de pós-graduação em Ecologia – USP. Disponível em: http://143.107.246.244/curso/2009/pdf/PI/I_Samuel.pdf
- BORGES, R. M. (2006) Pictures at an exhibition: Bees view Van Gogh's Sunflowers. Journal of Biosciences. **31** (5), 503–505
<https://doi.org/10.1007/BF02708399>
- BOUGHMAN, J.W. (2002) How sensory drive can promote speciation. Trends in Ecology and Evolution. **17** (12), 571–576
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02595-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02595-8)
- CAMERON, S.A. (2004) Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). Annual Review of Entomology. **49**, 377–404
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.072103.115855>
- CHITTKA, L. (1996) Does Bee Color Vision Predate the Evolution of Flower Color? Naturwissenschaften. **83**, 136–138
<https://doi.org/10.1007/BF01142181>
- DODSON, C.H., FRYMIRE, G.P. (1961) Preliminary Studies in the Genus *Stanhopea* (Orchidaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden. **48** (2), 137–172
<https://doi.org/10.2307/2394881>
- DODSON, C.H., DRESSLER, R.L., HILLS, H.G., ADAMS, R.M., WILLIAMS, N.H. (1969) Biologically Active Compounds in Orchid Fragrances. Science. **164**, 1243–1249
- DRESSLER, R.L. (1982) Biology of the Orchid bees. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. **13**, 373–394
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- ELTZ, T., WHITTEN, W.M., ROUBIK, D.W., LINSENMAIR, K.E. (1999) Fragrance Collection, Storage, and Accumulation by Individual Male Orchid Bees. Journal of Chemical Ecology. **25** (1), 157–176
<https://doi.org/10.1023/A:1020897302355>
- ELTZ, T., ROUBIK, D.W., LUNAU, K. (2005) Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. Behavioral Ecology and Sociobiology. **59**, 149–156
<https://doi.org/10.1007/s00265-005-0021-z>
- ELTZ, T., BAUSE, C., HUND, K., QUEZADA-EUAN, J.J.G., POKORNY, T. (2015) Correlates of perfume load in male orchid bees. Chemoecology. **25** (4), 93–199
<https://doi.org/10.1007/s00049-015-0190-9>
- FRANCOSO, R.D., BRANDÃO, R., NOGUEIRA, C.C., SALMONA, Y.B., MACHADO, R.B., COLLI, G.R. (2015) Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. Brazilian Journal of Nature Conservation. **13** (1), 35–40
<https://doi.org/10.1016/j.jcon.2015.04.001>

- GALLAI, N., SALLES, J., SETTELE, J., VAISSIÈRE, B. E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*. **68**, 810–821
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- GESLIN, B., BAUDE, M., MALLARD, F., DAJOZ, I. (2014) Effect of local spatial plant distribution and conspecific density on bumble bee foraging behavior. *Ecological Entomology*. **39** (3), 334–342
<https://doi.org/10.1111/een.12106>
- JACKSON, D.E. (2008) Sympatric Speciation: Perfume Preferences of Orchid Bee Lineages. *Current Biology*. **18** (23), 1092–1093
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.10.023>
- LOPES, S.F., SCHIAVINI, I., OLIVEIRA, A.P., VALE, V.S. (2012) An Ecological Comparison of Floristic Composition in Seasonal Semideciduous Forest in Southeast Brazil: Implications for Conservation. *International Journal of Forestry Research*.
<http://dx.doi.org/10.1155/2012/537269>
- MASSON, C. (1982) Physiologie sensorielle et comportement de l'abeille. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. **68**, 1350–1361
- MITKO, L., WEBER, M.G., RAMIREZ, S.R., HEDENSTRÖM, E., WCISLO, W.T., ELTZ, T. (2016) Olfactory specialization for perfume collection in male orchid bees. *Journal of Experimental Biology*. **219**, 1467–1475
<https://doi.org/10.1242/jeb.136754>
- MOURA, D.C., SCHLINDWEIN, C. (2009) Mata Ciliar do Rio São Francisco como Biocorredor para Euglossini (Hymenoptera Apidae) de Florestas Tropicais Úmidas. *Neotropical Entomology*. **38** (2), 281–284
- MOURE, J.S., MELO, G.A.R., FARIA JR., L.R.R. (2012) Euglossini Latreille, 1802. In Moure, J. S., Urban, D. and Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Oct/22/2017
- NEMÉSIO, A., SILVEIRA, F. (2007) Diversity and Distribution of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae) with a Revised Checklist of Species. *Neotropical Entomology*. **36** (6), 874–888
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600008>
- NEMÉSIO, A., AUGUSTO, S.C., ALMEIDA, E.A.B. (2007) *Euglossa decorata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in central Brazil – biogeographic implications. *Lundiana*. **8** (1), 57–61
- OLIVEIRA FILHO, A., RATTER, J.A. (2000) Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o Quaternário Tardio. In *Matas ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues and H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp, São Paulo, 73–89

- RAMÍREZ, S., DRESSLER, R.L., OSPINA, M. (2002) Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) from the Neotropical Region: A species checklist with notes on their biology. *Biota Colombiana*. **3** (1), 7–118
- RAMÍREZ, S.R., ROUBIK, D.W., SKOV, C., PIERCE, N.E. (2010) Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. **100**, 552–572
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01440.x>
- REDHEAD, J.W., DREIER, S., BOURKE, A.F.G., HEARD, M.S., JORDAN, W.C., SUMMER, S., WANG, J., CARVELL, C. (2016) Effects of habitat composition and landscape structure on worker foraging distances of five bumble bee species. *Ecological Applications*. **26** (3), 726–739
<https://doi.org/10.1890/15-0546>
- RIBEIRO, J.F., WALTER, B.M.T. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado, in: Sano, S.M. and Almeida, S.P. de (Eds.), *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina. EMBRAPA-CPAC, pp.89–166
- ROCHA-FILHO, L.C., GARÓFALO, C.A. (2013) Community ecology of euglossine bees in the coastal AtlanticForest of São Paulo State, Brazil. *Journal of Insect Science*. **13** (23), 1–19
<https://doi.org/10.1673/031.013.2301>
- ROUBIK, D.W., ACKERMAN, J.D. (1987) Long-Term Ecology of Euglossine Orchid-Bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*. **73**, 321–333
<https://doi.org/10.1007/BF00385247>
- ROUBIK, D.W., HANSON, P.E. (2004) Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo / Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G., BEZERRA, H.S. (2009) Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+, in: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Natal, pp. 1199–1206
- SILVA, D.P., AGUIAR, A.J.C., MELO, G.A.R., ANJOS-SILVA, E.J., MARCO JR., P. (2013) Amazon species within the Cerrado savanna new records and potential distribution for Aglae caerulea (Apidae: Euglossini). *Apidologie*. **4**, 673–683
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0216-7>
- SILVEIRA, G.C., NASCIMENTO, A.M., SOFIA, S.H., AUGUSTO, S.C. (2011) Diversity of the euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **55** (1), 109–115
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100017>

- SILVEIRA, G. C., FREITAS, R. F., TOSTA, T. H. A., RABELO, L. S., GAGLIANONE, M. C., AUGUSTO, S. C. (2015) The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie*. **46** (2), 197–208
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0314-1>
- THOMPSON, W.R., MEINWALD, J., ANESHANSLEY, D., EISNER, T. (1972) Flavonols: Pigments Responsible for Ultraviolet Absorption in Nectar Guide of Flower. *Science*. **177**, 528–530
<https://doi.org/10.1126/science.177.4048.528>
- TOSTA, T.H.A., RABELO, L.S., AUGUSTO, S.C. (2013) Influência da cor das iscas artificiais na coleta de compostos aromáticos por machos de Euglossina. In: XI Congresso de Ecologia do Brasil.
- TOSTA, THA. (2014) Abelhas Euglossini no bioma Cerrado: diversidade, estimativa populacional e estrutura genética. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84 p.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1274441>
- VAINSTEIN, A., LEWINSOHN, E., PICHERSKY, E., WEISS, D. (2001) Floral fragrance: new inroads into an old commodity. *Plant Physiology*. **127**, 1383 – 1389
<https://doi.org/10.1104/pp.010706>
- VOGEL, S. (1966) Pafümsammelnde Bienen als Bestäuber von Orchidaceen und Gloxina. *Österreichische Botanische Zeitschrift*. **113**, 302–361
<https://doi.org/10.1007/BF01373435>
- WHITNEY, H.M., MILNE, G., RANDS, S.A., VIGNOLINI, S., MARTIN, C., GLOVER, B.J. (2013) The influence of pigmentation patterning on bumblebee foraging from flowers of *Antirrhinum majus*. *Naturwissenschaften*. **100**, 249–256
<https://doi.org/10.1007/s00114-013-1020-y>
- WIKELSKI, M., MOXLEY, J., EATON-MORDAS, A., LÓPEZ-URIIBE, M. M., HOLLAND, R., MOSKOWITZ, D., ROUBIK, D. W., KAYS, R. (2010) Large-range movements of Neotropical orchid bees observed via radio telemetry. *PLoS ONE*. **5**, 1–6
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010738>
- WILLIAMS, N.H., WHITTEN, W.M. (1983) Orchid floral fragrances and male Euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *The Biological Bulletin*. **164** (3), 355–395
<https://doi.org/10.2307/1541248>
- ZAYED, A. (2009) Bees genetics and conservation. *Apidologie*. **40**, 237–262
<https://doi.org/10.1051/apido/2009026>

CAPÍTULO 1

DIVERSIDADE ALFA E BETA DE ABELHAS EUGLOSSINI ENTRE REMANESCENTES FLORESTAIS DO CERRADO

RESUMO

As abelhas Euglossini possuem uma distribuição Neotropical e grande diversidade em florestas tropicais úmidas. Definidas sete áreas de endemismo para sua ocorrência, duas possuem localização no território brasileiro, Floresta Amazônica e Mata Atlântica. No período Cretáceo um corredor ligava essas duas florestas tropicais úmidas e possibilitava a transição de espécies dependentes dessas áreas, onde hoje está localizado o Cerrado. Estudos recentes realizados no Cerrado revelam que ambientes florestais contribuem para a manutenção de uma grande diversidade dessas abelhas no bioma, assim como a ocorrência de espécies típicas da Floresta Amazônica e Mata Atlântica. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as variações temporais e espaciais na diversidade alfa e beta de abelhas Euglossini no Cerrado. Com o auxílio de iscas aromáticas, os machos de Euglossini foram amostrados em seis remanescentes de Florestas Estacionais Semideciduais em Minas Gerais, em dois períodos 2013-2014 (P_1) e 2015-2016 (P_2), com um esforço amostral total de 280 horas. O índice de Shannon-Wiener e o coeficiente de Whittaker foram utilizados para avaliar a diversidade alfa e beta, respectivamente. Para avaliar diferenças na abundância de indivíduos coletados e o agrupamento formado entre espécies de Euglossini registradas e pontos amostrais, foram realizados os testes de t de Student, Mann-Whitney e nMDS (Non-metric Multidimensional Scale). Nós amostramos 748 indivíduos e 16 espécies, sendo uma delas, a espécie cleptoparasita *Aglae caerulea*, registrada pela primeira vez no Estado de Minas Gerais. Apenas um dos remanescentes apresentou diferença significativa quanto à diversidade

alfa obtida nos dois períodos de amostragem. Por outro lado, quando comparados par a par, verificou-se maior diferença quanto à diversidade alfa. A diversidade beta foi similar entre um período e outro. As análises de nMDS evidenciaram um grupo formado por 18,75% das espécies amostradas, associado a um dos remanescentes, enquanto os outros 81,25% ficaram associados ao restante das áreas estudadas. Assim, conclui-se que a diversidade local e regional não parece ser afetada ao longo do tempo, mas pode diferir significativamente quando se compara diferentes remanescentes próximos.

Palavras-Chave: Biogeografia; *Aglae caerulea*; Corredor ecológico; Savana brasileira; Diversidade de abelhas.

ABSTRACT

Euglossine bees have a Neotropical distribution and the greatest diversity in rainforest environments. Seven areas of endemism have been defined for their occurrence; two are located in the Brazilian territory, the Amazon Forest and the Atlantic Forest. In the Cretaceous period, these two areas were linked by a corridor that made possible the transition of species dependent on these environments, where today the Cerrado biome is located. Recent studies in Cerrado show that forest environments contribute to the maintenance of a great diversity of these bees in the Biome, as well as occurrences of typical species of the Amazon Rainforest and Atlantic Forest. The current study aimed to evaluate the temporal and spatial variations in alpha and beta diversity of Euglossini bees in Cerrado. Euglossini males were sampled with aromatic baits in six humid areas in Minas Gerais in two periods 2013-2014 (P_1) and 2015-2016 (P_2), with a total sampling effort of 280 hours. The Shannon-Wiener index and the Whittaker coefficient were used to evaluate alpha and beta diversity, respectively. In order to evaluate differences in the abundance of individuals collected and the

grouping between recorded species of Euglossine bees and sample points, T-test, Mann-Whitney and nMDS (Non-metric Multidimensional Scale) tests were performed. We sampled 748 individuals and 16 species, one of them was the kleptoparasite species *Aglae caerulea*, which was recorded for the first time in the State of Minas Gerais. Only one of the remnants presented a significant difference in the alpha diversity obtained between the two sampling periods. On the other hand, when pairwise comparison were performed, there was a greater difference in the alpha diversity. Beta diversity was similar between periods. The nMDS analyzes evidenced a group formed by 18.75% of the sampled species associated to one of the remnants, while the other 81.25% were associated with the rest maining studied areas. Thus, it is concluded that local and regional diversity does not seem to be affected over time, but may differ significantly when nearby remnants were compared.

Keywords: Biogeography; *Aglae caerulea*; Ecological corridor; Brazilian savannah; Diversity of bees.

INTRODUÇÃO

Euglossini é um grupo de abelhas corbiculadas, com distribuição Neotropical e que possui maior diversidade em zonas tropicais, próximas à linha do Equador (DRESSLER, 1982). Sete áreas de endemismo foram propostas para esse grupo: América Central, Zona do Panamá, Choco, Andes, Bacia Amazônica, Floresta Atlântica e o Corredor Paraguaio, sendo a Bacia Amazônica e o Corredor Paraguaio, as regiões mais e menos diversas, respectivamente (RAMÍREZ et al, 2010).

O Cerrado está localizado entre três zonas de endemismo, Bacia Amazônica, Floresta Atlântica e o Corredor Paraguaio. Acredita-se que, no período Cretáceo, houve uma conexão entre a Bacia Amazônica e a Floresta Atlântica justamente onde se encontra atualmente o Cerrado (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2000). Tal conexão teria favorecido a dispersão de espécies de animais e plantas dependentes de áreas úmidas da Amazônia para o sudeste brasileiro por meio de cursos d'água, formados por matas de galeria e matas ciliares, que percorrem o Cerrado (OLIVEIRA-FILHO & RATTER, 2000; MOURA & SCHINDWEIN, 2009; SILVA et al, 2013). Particularmente no caso de Euglossini, estudos têm demonstrado que espécies tidas, até então, como típicas da Floresta Amazônica, como *Euglossa amazonica* e *Euglossa decorata* ocorrem no domínio do Cerrado (CARVALHO & BEGO, 1996; SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017).

Os remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual e as Matas de Galeria que ocorrem no Cerrado são responsáveis por manter uma maior riqueza de espécies presentes no bioma, considerando que algumas delas estão significativamente associadas às estas áreas florestais (SILVEIRA et al, 2015). Em contrapartida, são esses ambientes que mais sofrem com o avanço de fronteiras agrícolas, expansão das cidades e corte ilegal de madeira. Entre 2002 e 2011, a taxa de desmatamento no Cerrado foi 2,5 vezes maior que a taxa da Floresta

Amazônica (STRASSBURG et al, 2017). Com as recentes mudanças na legislação florestal brasileira, estima-se que 40% da vegetação natural poderá ser legalmente substituída e que até 2050 serão extintas 480 espécies florais endêmicas do bioma (STRASSBURG et al, 2017). Indiretamente, as projeções irão impactar profundamente a fauna de abelhas que habitam e dependem do mosaico fitofisionômico do Cerrado.

Estudos sobre a fauna de Euglossini do Cerrado, em especial a do Triângulo Mineiro (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017), têm mostrado que esse bioma possui uma riqueza de espécies similar àquela verificada em remanescentes de Mata Atlântica que ocorrem no interior dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (SILVEIRA et al, 2011; AGUIAR & GAGLIANONE, 2012; GIANGARELLI et al, 2014). Os remanescentes de florestas imersos no Cerrado são os grandes responsáveis por essa riqueza, uma vez que abrigam espécies dependentes de ambientes úmidos que não são ou são pouco amostradas nas fitofisionomias savânicas predominantes no bioma (SILVEIRA et al, 2015). Contudo, a abundância coletada chega a ser 20 vezes menor quando comparado com outros remanescentes de Mata Atlântica (SILVEIRA et al, 2011; AGUIAR & GAGLIANONE, 2012; GIANGARELLI et al, 2014; SILVEIRA et al, 2015). De fato, estimativas populacionais realizadas para algumas espécies amostradas em remanescentes de Florestas Estacionais Semideciduais do Cerrado, indicaram a ocorrência de pequenas populações (TOSTA et al, 2017).

Estudos sobre a diversidade de Euglossini são geralmente realizados por meio de coletas ativas em iscas aromáticas (TOSTA et al, 2017) ou utilizando-se armadilhas contendo estes compostos (AGUIAR & GAGLIANONE, 2012). A maior eficácia do primeiro método em relação ao segundo é enfatizada por alguns autores (JUSTINO & AUGUSTO, 2010; MATTOZO et al, 2011). Além disso, a maioria desses levantamentos é realizada por meio de amostragens mensais ao longo de, pelo menos, um ano (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA,

2014), embora amostragens concentradas em poucos dias tenham se mostrado tão eficazes quanto amostragens mensais (TOSTA et al, 2017).

Estudos sobre a comunidade de abelhas Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado sugerem que a diversidade alfa pode variar entre esses remanescentes, assim como a dominância e composição de espécies (SILVEIRA et al, 2015). Euglossini é um grupo que possui sua composição e diversidade influenciados, numa ampla escala regional, pela latitude e condições ambientais (ABRAHAMCZYK et al, 2011; PARRA-H & NATES-PARRA, 2012; NEMÉSIO & VASCONCELOS, 2013; ABRAHAMCZYK et al, 2014) e suas populações apresentam maior estabilidade ao longo do tempo quando comparado com outros insetos (ROUBIK & ACKERMAN, 1987). Assim, estudos da avaliação de diversidade alfa e beta devem envolver vários remanescentes para que a diversidade regional seja compreendida em sua totalidade e argumentos conservacionistas sejam de fato, subsidiados.

Restam aproximadamente 19,8% da vegetação original do Cerrado (STRASSBURG et al, 2017). Considerando as ações antrópicas que se abatem sobre a região, com maioria da proporção restante da vegetação distribuída na forma de remanescentes (GANEM et al, 2013) e a importância da conservação destes para a manutenção da diversidade de Euglossini, nós investigamos as possíveis variações espaciais e temporais nas diversidades alfa e beta em remanescentes florestais úmidos do Cerrado, em um raio relativamente pequeno de distribuição (<100 km). A nossa expectativa com este estudo, realizado em uma escala regional, é encontrar maior variação espacial do que temporal na diversidade de abelhas Euglossini.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

O trabalho foi realizado em seis remanescentes florestais de Cerrado, localizados na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais (Figura 1). As amostragens foram realizadas em uma reserva ecológica (Estação Ecológica do Panga – ESP), na área de preservação da Fazenda Experimental do Glória (GEF), ambas pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia, e quatro áreas de reserva legal de propriedades particulares que apresentam remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (Fazenda Mata da Água Fria – MAFF, Fazenda São José – SJF, Fazenda Irara – IF, Fazenda Marimbondo – MF) (Figura 1).

O clima da região é classificado como tropical de savana, com duas estações bem definidas (inverno seco e verão chuvoso), sendo do tipo Aw de acordo com a classificação de Koppen (KOTTEK et al, 2006). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C.

As áreas apresentam de 16 à 200 hectares, sendo a maior distância entre elas de, aproximadamente, 76 quilômetros (Tabela 1).

TABELA 1 – Distâncias (em km) entre os remanescentes de Florestas Estacionais Semimideciduais estudados (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria).

	MF	GEF	ESP	IF	MAFF
SJF	4,7	10,5	39,2	32,7	43,4
MF		6,7	37,9	28,8	47,6
GEF			32,0	22,2	53,8
ESP				26,5	75,6
IF					76,0

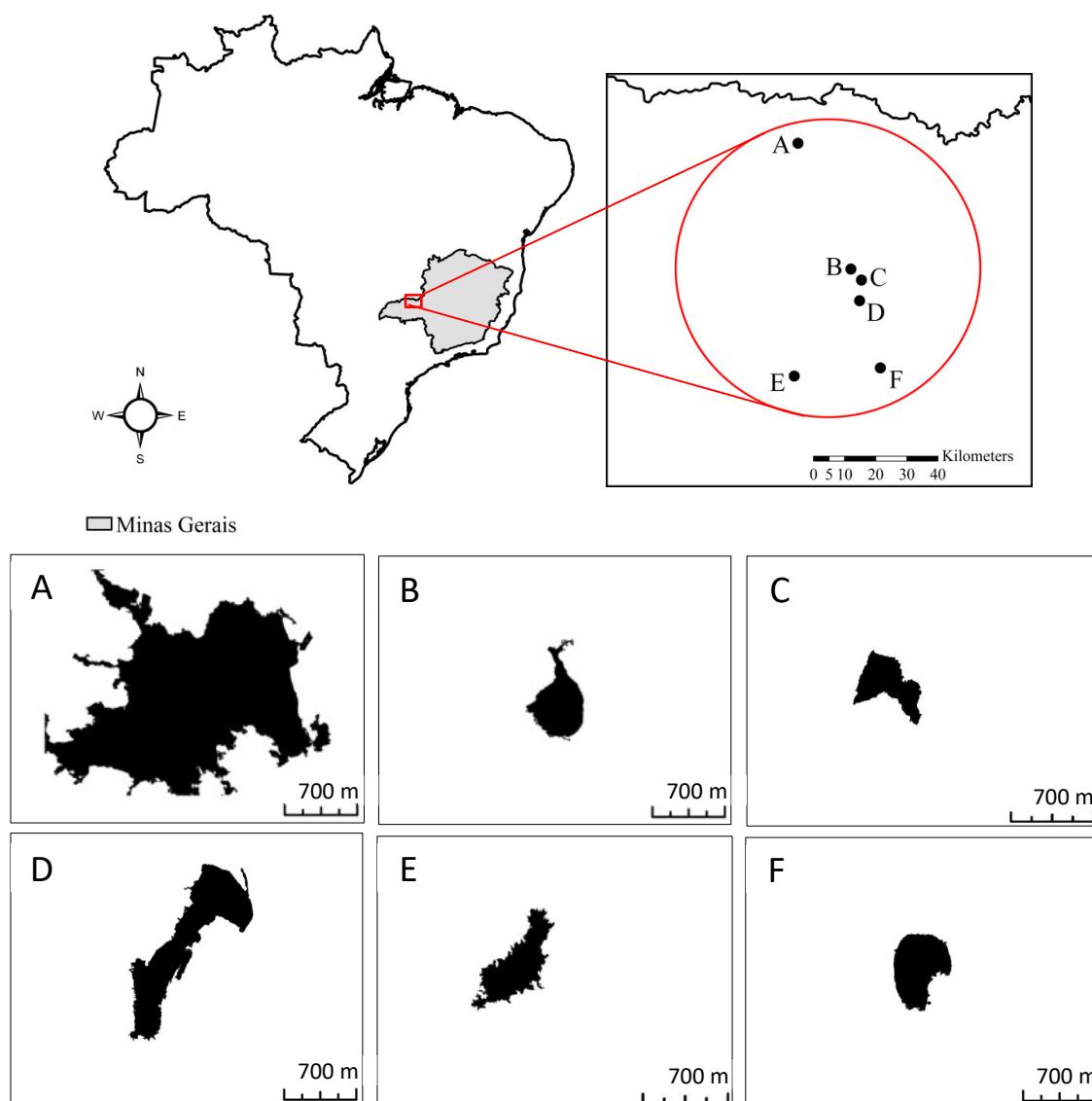


FIGURA 1 – Localização dos seis remanescentes estudados de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado quanto à fauna de abelhas Euglossini (A: Fazenda Mata d'Água Fria; B: Fazenda São José; C: Fazenda Marimbondo; D: Fazenda Experimental do Glória; E: Estação Ecológica do Panga; F: Fazenda Irara). Diâmetro da circunferência \approx 100 km).

Atração de abelhas Euglossini

Os machos de Euglossini foram coletados em dois períodos, com um intervalo de dois anos: 2012/2013 (P_1) e 2015/2016 (P_2). O P_1 corresponde às amostras coletadas por Tosta et al. 2017.

Em cada período as amostras foram obtidas durante cinco dias consecutivos nos meses da estação chuvosa (outubro-março), quando essas abelhas apresentam maior abundância, num total de 20 horas/remanescente/periódico de amostragem, totalizando 280 horas. As coletas foram realizadas preferencialmente entre o horário das 9 hr e 13 hr, período em que são observados picos de atividade de abelhas Euglossini (OLIVEIRA et al, 2015).

Foram utilizadas sete iscas-odoríferas: eucaliptol, eugenol, vanilina, salicilato de metila, acetato de benzila, β – ionona e cinamato de metila, seguindo o método tradicional de coleta ativa com uso de rede entomológica (REBÉLO & GARÓFALO, 1991). Desta forma, em cada coleta chumaços de papel absorvente (um para cada isca) foram amarrados com barbante em um ramo da vegetação, aproximadamente 1,5 metros de altura, distantes entre si cinco metros para atração dos machos. A identificação dos indivíduos foi realizada *in loco* usando-se uma lupa manual e material de referência das espécies amostradas em levantamentos realizados anteriormente nos mesmos remanescentes. Após a identificação, os indivíduos foram soltos no local. Os chumaços foram umedecidos a cada duas horas com os respectivos compostos devido à volatilidade das substâncias.

Análise dos dados

As variações espaciais e temporais na diversidade da fauna de Euglossini foram avaliadas utilizando-se o índice de Shannon-Wiener (H') para descrever a diversidade alfa de cada remanescente e o coeficiente de Whittaker (β_w), que calcula a diversidade beta entre os remanescentes. O coeficiente de Whittaker pode variar seus valores entre 0 e 1, quando

corrigido por -1, sendo que valores mais altos refletem menor similaridade (MAGURRAN, 2004). As análises foram feitas utilizando o programa PAST 2.13. Foram utilizados os testes t de *Student* e o seu correspondente não paramétrico Mann-Whitney para testar a diferença na abundância de indivíduos coletados entre os períodos amostrados.

O teste t *Hutcheson* foi utilizado *a posteriori* para determinar a diferença significativa na diversidade alfa entre os diferentes períodos de amostragem (ZAR, 2010). Para avaliar as diferenças na riqueza entre os remanescentes e se o esforço amostral foi suficiente para representar cada comunidade estudada e sua totalidade, foram feitas curvas do coletor baseadas no número de amostras, utilizando o programa EstimateS 9.1.0 (COLWELL, 2013). O estimador Jackknife 1 foi utilizado para estimar o número total de espécies a partir dos dados amostrais.

Foi realizada uma análise de nMDS (Non-metric Multidimensional Scale) com o objetivo de analisar como as espécies amostradas podem ficar agrupadas às áreas estudadas baseadas na dissimilaridade (Bray-Curtis) apresentadas pelas suas abundâncias. As análises foram realizadas utilizando o programa RStudio 1.0.153 e o pacote Vegan.

RESULTADOS

Foi amostrado um total de 748 indivíduos e 16 espécies (Tabela 2). *Eulaema nigrita* foi a espécie mais abundante (39,17%), seguida por *Euglossa imperialis* (20,59%) e *Euglossa cordata* (13,50%) (Tabela 2). Dentre as espécies amostradas, verificou-se o primeiro registro da cleptoparasita *Aglae caerulea* para o estado de Minas Gerais.

Apenas o remanescente SJF apresentou diferença significativa quanto a diversidade alfa obtida nos dois períodos de amostragem (Tabela 3) e apenas as áreas IF e MAFF obtiveram uma diferença significativa quanto à abundância (Tabela 4).

Por outro lado, quando se comparou a diversidade alfa entre os remanescentes amostrados, considerando os dois períodos de amostragem, verificou-se diferença significativa entre a maioria deles (Tabela 5). Quanto à análise de diversidade beta, não houve variação entre P₁ e P₂ ($\beta_w P_1 = 0,85714$; $\beta_w P_2 = 0,82609$).

As análises de nMDS mostraram uma divisão em dois grupos, um formado por 18,75% das espécies amostradas que ficou associado à área MAFF, enquanto os outros 81,25% ficaram associados ao restante das áreas estudadas. As espécies pertencentes ao primeiro grupo são: *Euglossa amazonica*, *Euglossa truncata* e *Aglae caerulea*, e parecem apresentar uma estreita relação com sua área de ocorrência (Figura 2).

O esforço de coleta utilizado nas amostragens se mostrou suficiente para representar a comunidade de abelhas Euglossini nos remanescentes (Figura 3). Os valores obtidos pelos estimadores Jackknife 1 foram próximos aos valores observados em cada área.

TABELA 2 – Total de machos de *Euglossini* coletados ao final de duas campanhas, 2012/2013 (P₁) e 2015/2016 (P₂), em seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Pangá; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d’Água Fria; Ab: Abundância; %: Abundância relativa).

Espécies	SJF		MF		GEF		ESP		IF		MAFF		Total	
	P ₁	P ₂	Ab	%										
<i>Aglae caerulea</i> Serville Lepelletier & Servile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,27
<i>Euglossa (Euglossa) amazonica</i> Dressler	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	6	2,14
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> (Linnaeus)	4	3	22	34	12	13	0	4	0	6	0	3	101	13,50
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Moure	1	0	0	1	5	0	0	0	1	0	0	0	8	1,07
<i>Euglossa (Glossura) imperialis</i> Cockrell	14	5	2	0	4	5	42	68	2	4	3	5	154	20,59
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure	2	3	5	7	4	3	0	0	4	2	0	0	30	4,01
<i>Euglossa (Euglossa) pleosticta</i> Dressler	17	4	2	3	6	4	9	9	0	4	2	0	60	8,02
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	6	0,80
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo & Moure	1	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	3	10	22
<i>Euglossa (Euglossella) viridis</i> (Perty)	1	0	0	0	0	0	18	10	0	0	0	0	1	30
<i>Eufriesea auriceps</i> (Friese)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius)	3	0	5	3	2	2	2	1	0	0	1	1	1	2,67
<i>Eulaema (Eulaema) hevola</i> Moure	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,13
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier	23	29	34	71	10	20	40	19	4	22	3	18	293	39,17
<i>Exaerete dentata</i> (Linnaeus)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,27
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0,27
Riqueza	12	6	7	11	7	8	6	6	4	7	6	8	16	-
Abundância	74	45	72	129	43	49	113	111	11	40	15	46	748	100

TABELA 3 – Diversidade alfa avaliada de acordo com o índice de Shannon-Wiener (H') em seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria) em dois períodos de amostragem (P_1 : 2012/2013 e P_2 : 2015/2016).

Parâmetros	Remanescentes					
	SJF	MF	GEF	ESP	IF	MAFF
Riqueza (P_1)	12	7	7	6	4	6
Riqueza (P_2)	6	11	8	6	7	8
Abundância (P_1)	74	72	43	113	11	15
Abundância (P_2)	45	129	49	111	40	46
H' (P_1)	1,914	1,386	1,805	1,372	1,264	1,737
H' (P_2)	1,188	1,354	1,616	1,185	1,408	1,687
Test t-Hutchinson	t=3,6453 p=0,0004	t=0,1866 p=0,8521	t=1,2268 p=0,2233	t=1,6548 p=0,0994	t=-0,8706 p=0,3906	t=-0,2252 p=0,8228

TABELA 4 – Valores dos testes utilizados para comparação da abundância obtidas nas áreas de estudo e da região nos diferentes períodos de amostragem (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria).

Área	Teste	Valor do teste	P
ESP	T	-0,143	0,890
MAFF	Mann-Whitney	25,000	0,008
SJF	Mann-Whitney	4,500	0,094
MF	T	2,240	0,055
IF	Mann-Whitney	25,000	0,008
GEF	Mann-Whitney	15,000	0,597
Região	T	1,987	0,082

TABELA 5 – Diferença na diversidade alfa entre os seis remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria) apresentados durante dois períodos de amostragem (P_1 : 2012/2013 e P_2 : 2015/2016).

	MF	GEF	ESP	IF	MAFF
SJF	t=2,414*	t=-0,358	t=3,219*	t=1,325*	t=-0,306
MF		t=-2,7811*	t=0,04883	t=1,0499	t= -2, 626*
GEF			t=-3,4953*	t=-3,1153*	t=0,015
ESP				t=1,193	t=-3,391*
IF					t=-1,540

*p < 0,05

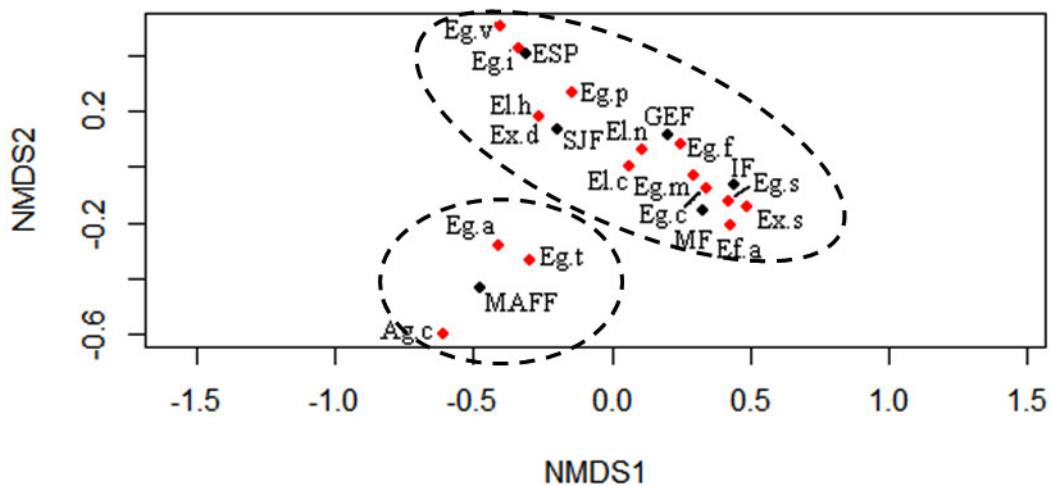


FIGURA 2 – Ordenação das espécies amostradas em um espaço multivariado de acordo com análise de nMDS baseado nas suas respectivas abundâncias. Ag. c – *Aglae caerulea*; Ef. a – *Eufriesea auriceps*; Eg. a – *Euglossa amazonica*; Eg. c – *Euglossa cordata*; Eg. f – *Euglossa fimbriata*; Eg. i – *Euglossa imperialis*; Eg. m – *Euglossa melanotricha*; Eg. p – *Euglossa pleosticta*; Eg. s – *Euglossa securigera*; Eg. t – *Euglossa truncata*; Eg. v – *Euglossa viridis*; El. c – *Eulaema cingulata*; El. h – *Eulaema helvola*; El. n – *Eulaema nigrita*; Ex. d – *Exaerete dentata*; Ex. s – *Exaerete smaragdina*; MAFF – Fazenda Mata da Água Fria; IF – Fazenda Irara; ESP – Estação Ecológica do Panga; GEF – Fazenda do Glória; MF – Fazenda Marimbondo; SJF – Fazenda São José.

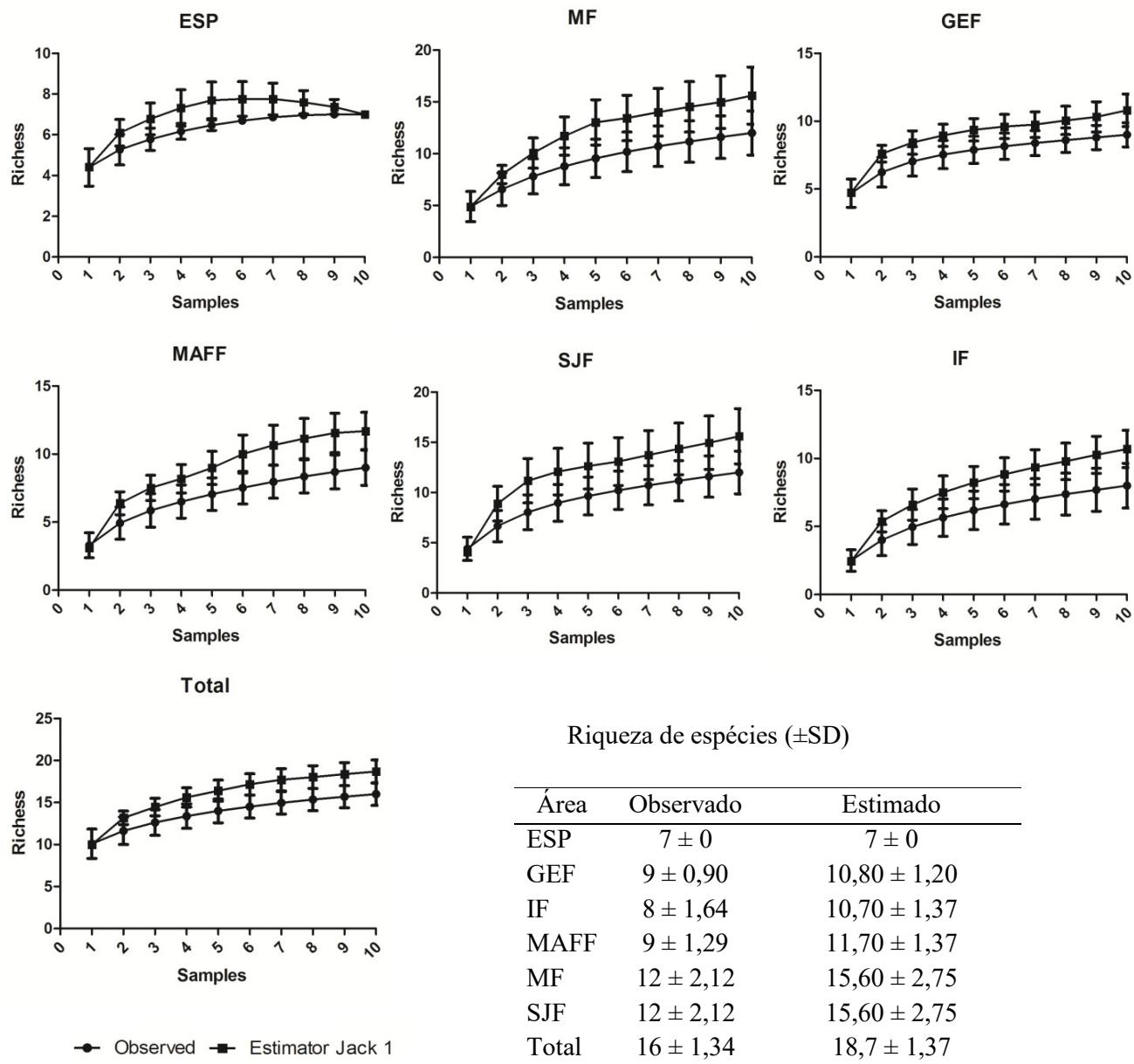


FIGURA 3 – Curva do coletor para cada um dos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual estudados (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata d'Água Fria) e o total.

DISCUSSÃO

Como contribuição do presente estudo para o conhecimento da diversidade de Euglossini no Cerrado, destaca-se a ocorrência de estabilidade na diversidade de indivíduos ao longo dos períodos amostrais analisados e de diferenças significativas quanto à diversidade alfa entre remanescentes localizados em um raio relativamente pequeno de distribuição (<100 km), assim como o primeiro registro da cleptoparasita *Aglae caerulea* na região e no estado de Minas Gerais. Esse conhecimento torna a fauna de cada remanescente de suma importância quando o componente regional é levado em consideração.

Os estudos realizados na região do Triângulo Mineiro revelaram, até o momento, o registro de 20 espécies de Euglossini (BARBOSA, 1997; ALVARENGA et al, 2007; JUSTINO & AUGUSTO, 2010; MESQUITA & AUGUSTO, 2011; TOSTA, 2012; SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017), quase a metade do número de espécies estimadas para a Mata Atlântica. Isso evidencia a importância do Cerrado para a conservação das espécies desse grupo de abelhas, especialmente pela presença das áreas de florestais úmidas.

A presença de *Aglae caerulea* no estado de Minas Gerais era possível, de acordo com o estudo de Silva et al. (2013). Essa espécie, que é um cleptoparasita de *Eulaema nigrita* (ROUBIK & HANSON, 2004), era conhecida como endêmica da Bacia Amazônica (ANJOS DA SILVA et al, 2006) até 2006, mas recentemente foi registrada em áreas de Cerrado (SILVA et al, 2013). Provavelmente trata-se de outra espécie que depende das áreas florestais úmidas do Cerrado para sua dispersão, considerando que todos os registros feitos fora da Bacia Amazônica foram em áreas úmidas (SILVA et al, 2013).

A grande riqueza de espécies amostradas no Cerrado, assim como a contribuição das florestas úmidas presentes em ambientes savânicos para a manutenção da diversidade de Euglossini nesse bioma, reforçam a necessidade de proteção desses ambientes. O Código Florestal Brasileiro estabelece que apenas 35% do Cerrado seja protegido por meio de reservas legais (KLINK et al, 2013). Esse é um dado alarmante, considerando a estimativa de um total de 55% de áreas desmatadas no Bioma (KLINK et al, 2013).

A preferência por florestas úmidas é uma característica das abelhas das orquídeas (DRESSLER, 1982). Especificamente no bioma Cerrado, sabe-se que *Euglossa pleosticta*, *Euglossa cordata*, *Euglossa amazonica*, *Euglossa imperialis* e *Euglossa viridis* são espécies amostradas mais frequentemente ou exclusivamente em áreas florestais úmidas, quando comparado a áreas savânicas (SILVEIRA et al, 2015). O presente estudo amostrou outras espécies que não obtêm registro em outros trabalhos realizados em fitofisionomias secas do bioma (NEMÉSIO & FARIA Jr., 2004; ALVARENGA et al, 2007; JUSTINO & AUGUSTO, 2010; FARIA & SILVEIRA, 2011; PIRES et al, 2013; NASCIMENTO et al, 2015; ANTONINI et al, 2016), refletindo assim a mesma exigência quanto à umidade do ambiente que aquelas listadas por Silveira et al (2015).

Considerando apenas a variação temporal, as populações de Euglossini demonstraram maior estabilidade em cinco das seis áreas estudadas em um intervalo de dois anos. Outros trabalhos que analisaram uma amplitude de amostragem superior à do presente estudo, sete (ROUBIK & ACKERMAN, 1987) e 21 anos (ROUBIK, 2001), constataram essa mesma estabilidade. As comunidades dessas abelhas são mais estáveis quando comparado com outros insetos (ROUBIK & ACKERMAN, 1987) e essa estabilidade pode ser detectada em um intervalo pequeno entre as amostragens. O

remanescente SJF foi o único que não apresentou esse padrão de estabilidade. Nesse remanescente, as abundâncias de *Euglossa amazonica*, *Euglossa imperialis* e *Euglossa pleosticta* diminuíram em 80, 64,3 e 41,2%, respectivamente. Todas essas são espécies apontadas como ocorrentes preferencialmente em áreas úmidas (SILVEIRA et al, 2015). As causas dessa diminuição precisam ser investigadas, pois podem evidenciar algum impacto antrópico nessa área, que está muito próxima de uma área urbana (aproximadamente 700 metros). Em todos os estudos anteriores, esse remanescente apresentou a maior diversidade de espécies de Euglossini (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017).

Aparentemente quando a localiação espacial é levada em consideração, as comunidades de Euglossini apresentaram uma variação maior (TYLIANAKIS et al, 2006; BOTSCHE et al, 2017). As mudanças nos pares de áreas com diferenças significativas entre os períodos de amostragem evidenciam isso. Apesar de apresentarem a mesma fitofisionomia, cada remanescente possui a sua singularidade quando a flora é levada em consideração (LOPES et al, 2012). A diversidade de abelhas de determinado local pode ser um reflexo da flora disponível para coletas de recursos florais (MILET-PINHEIRO & SCHLINDWEIN, 2008). Em especial Euglossini, um grupo que possui associação com diversas espécies florais, tendo a estruturação da sua comunidade afetada pela flora disponível (AGUIAR & GAGLIANONE, 2014; OSPINA-TORRES et al, 2015).

A análise de NMDS evidencia a formação de dois grupos, sendo um deles formado pelo remanescente MAFF e as espécies *Euglossa amazonica*, *Euglossa truncata* e *Aglae caerulea*. Apesar da similaridade florística ser geralmente relacionada à proximidade geográfica dos remanescentes (MCDONALD et al, 2005), as áreas aqui amostradas têm sua similaridade influenciada pelo estágio sucessional em que se

encontram (LOPES et al, 2012). A MAFF é um remanescente bem preservado e possui a dominância de plantas com uma área basal maior, sendo caracterizada em um estágio sucessional mais avançado (LOPES et al, 2012). Além disso, sua flora possui características de Mata Atlântica de interior, com várias espécies vegetais típicas da Mata Atlântica de encosta (SCHIAVINI, comunicação pessoal). Esses fatores podem ter colaborado para a ocorrência exclusiva ou com maior frequência das espécies de Euglossini amostradas nesse remanescente.

Os remanescentes florestais inseridos no Cerrado vêm demonstrando uma diversidade de espécies considerável e são apontados como os grandes responsáveis pela manutenção e ocorrência de algumas abelhas Euglossini no bioma (SILVEIRA et al, 2015). A localização desse bioma entre três grandes centros de endemismo (RAMÍREZ et al, 2010), aliada à presença de florestas úmidas que transpõe os ambientes savânicos e que são utilizadas por espécies de abelhas exigentes quanto ao microclima (MOURA & SCHLINDWEIN, 2009; SILVEIRA et al, 2015) favorecem a ocorrência dessa diversidade.

Em uma análise mais refinada, Garraffoni et al. (2017) delimitaram centros de endemismos especificamente para a Mata Atlântica, chegando a um total de cinco áreas. Para o estado de Minas Gerais, onde há vestígios desse bioma, são apontadas três áreas: “O componente Espírito Santo, Rio de Janeiro e Sul de Minas Gerais”, “O componente Norte de Minas Gerais e centro da Bahia” e “O componente Sudeste de Minas Gerais, Centro e Costa de São Paulo, Centro e Costa do Paraná”. Dentre as áreas mencionadas, os pontos de coleta utilizados nesse estudo estão geograficamente mais próximos do último componente mencionado.

Assim, em um contexto biogeográfico mais amplo, a posição do Cerrado o torna um bioma teoricamente rico para espécies de Euglossini. Os resultados apresentados

aqui corroboram com a expectativa de uma fauna numerosa de abelhas, inclusive de espécies ditas como endêmicas de outros biomas, como *Aglae caerulea*, *Euglossa amazonica* (SILVEIRA et al, 2015), *Euglossa decorata* (NEMÉSIO et al, 2007), *Euglossa despecta* (SILVEIRA et al, 2015) e *Euglossa viridis*. Em um contexto biogeográfico mais específico, oito das 16 espécies amostradas aqui (*Euglossa fimbriata*, *Euglossa imperialis*, *Euglossa leucotricha*, *Euglossa pleosticta*, *Euglossa truncata*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema helvola* e *Exaerete frontalis*) são consideradas pertencentes ao “Componente Sudeste de Minas Gerais, Centro e Costa de São Paulo, Centro e Costa do Paraná”. Tais fatos demonstram a reafirmação de dois pontos cruciais para o melhor entendimento da biogeografia de Euglossini: (i) A utilização de florestas úmidas inseridas no Cerrado como biocorredores de dispersão (MOURA & SCHLINDWEIN, 2009) e (ii) Esses ambientes são de suma importância para a manutenção da riqueza da fauna de Euglossini nas savanas brasileiras (SILVEIRA et al, 2015).

Considerando os dados apresentados, pode-se concluir que as comunidades de abelhas Euglossini nos remanescentes florestais do Cerrado possuem uma diversidade similar a outras fitofisionomias de Floretas Estacionais Semideciduais de outros biomas, com presença de espécies que já foram consideradas endêmicas da Floresta Amazônica e Mata Atlântica e que utilizaram os corredores mésicos do bioma para dispersão. A diversidade local não parece ser afetada por amostragens feitas em períodos curtos de intervalo, mas a diversidade regional é afetada quando se compara diferentes remanescentes em um raio relativamente pequeno de distribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMCZYK, S., GOTTLUEBER, P., MATAUSCHEK, C., KESSLER, M. (2011) Diversity and community composition of euglossine bee assemblages (Hymenoptera: Apidae) in western Amazonia. *Biodiversity Conservation*. **20**, 2981–3001
<https://doi.org/10.1007/s10531-011-0105-1>
- ABRAHAMCZYK, S., VOS, J.M., SEDIVY, C., GOTTLUEBER, P., KESSLER, M. (2014) A humped latitudinal phylogenetic diversity pattern of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in western Amazonia: assessing the influence of climate and geologic history. *Ecography*. **37** (5), 500–508
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00417.x>
- AGUIAR, W.M., GAGLIANONE, M.C. (2012) Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. **56** (2), 210–219
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262012005000018>
- AGUIAR, W.M., MELO, G.A.R., GAGLIANONE, M.C. (2014) Does Forest phisiognomy affect the structure of orchid bee (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A study in the Atlantic forest of Rio de Janeiro state, Brazil. *Sociobiology*. **61** (1), 68–77
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1.68-77>
- ALVARENGA, P.E.F., FREITAS, R.F., AUGUSTO, S.C. (2007) Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal*. **23**, 30–37
- ANTONINI, Y., SILVEIRA, R.A., OLIVEIRA, M.L., MARTINS, C., OLIVEIRA, R. (2016) Orchid bee fauna responds to habitat complexity on a savanna area (Cerrado) in Brazil. *Sociobiology*. **63** (2), 819–825
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.1038>
- BOTSCH, J.C., WALTER, S.T., KARUBIAN, J., GONZÁLEZ, N., DOBBS, E.K., BROSI, B.J. (2017) Impacts of forest fragmentation on orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) communities in the Chocó biodiversity hotspot of northwest Ecuador. *Jounal of Insect Conservation*. **21**, 633–643
<https://doi.org/10.1007/s10841-017-0006-z>
- CARVALHO, A.M.C., BEGO, L.R. (1996) Studies on Apoidea fauna of Cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **40**, 147–156
- COLWELL, R.K. (2013) EstimateS: Statistical estimation of richness and shared species from samples. Version 9. Available at: <http://purl.oclc.org/estimates>

- DRESSLER, R. L. (1982) Biology of the Orchid bees. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. **13**, 373–394
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- FARIA, L.R.R., SILVEIRA, F.A. (2011) 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 Neotropical*. **11**, 87–94
<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000400009>
- GANEM, R.S., DRUMMOND, J.A., FRANCO, J.L.A. (2013) Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. *Ambiente & Sociedade*. **16** (3), 99–115
<http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2013000300007>
- GARRAFFONI, A.R.S., MOURA, F.R., LOURENÇO, A.P. (2017) Areas of endemism in the Atlantic Forest: quantitative biogeography insights from orchid bees (Apidae: Euglossini). *Apidologie*. **48** (4), 513–522
<https://doi.org/10.1007/s13592-017-0494-6>
- GIANGARELLI, D.C., AGUIAR, W.M., SOFIA, S.H. (2015) Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. *Apidologie*. **46** (1), 71–83
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0303-4>
- JUSTINO, D.G., AUGUSTO, S.C. (2010) Avaliação da eficiência de coleta utilizando armadilhas aromáticas e riqueza de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Zoociências*. **12**, 227–239
- KLINK, C.A. (2013) Policy Intervention in the Cerrado Savannas of Brazil: Changes in Land-Use and Effects on Conservation. In: *Ecology and Conservation of the Maned Wolf: Multidisciplinary Perspectives*. Eds.: Consorte-McCrea, A.G., Santos, E.F.
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F. (2006) World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. **15** (3), 259–263
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- LOPES, S.F.L., SCHIAVINI, I., OLIVEIRA, A.P., VALE, V.S. (2012) An Ecological Comparison of Floristic Composition in Seasonal Semideciduous Forest in Southeast Brazil: Implications for Conservation. *International Journal of Forestry Research*.
<http://dx.doi.org/10.1155/2012/537269>
- MAGURRAN, A.E. (2004) Measuring biological diversity. Malden: Blackwell Publishing

- MATTOZO, V.C., FARIA, L.R.R., MELO, G.A.R. (2011) 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*. **51** (33), 505–515
- MCDONALD, R., MCKNIGHT, M., WEISS, D., SELIG, E., O'CONNOR, M., VIOLIN, C., MOODY, A. (2005) Species compositional similarity and ecoregions: do ecoregion boundaries represent zones of high species turnover? *Biological Conservation*. **126** (1), 24–40
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.008>
- MESQUITA, T.M.S., AUGUSTO, S.C. (2011) Diversity of trap-nesting bees and their natural enemies in the Brazilian savanna. *Tropical Zoology*. **24**, 127–144
- MILET-PINHEIRO, P., SCHLINDWEIN, C. (2008) Community of bees (Hymenoptera, Apoidea) and plants in an area of Agreste in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **52** (4), 625–636
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262008000400014>
- MOURA, D.C., SCHLINDWEIN, C. (2009) Mata Ciliar do Rio São Francisco como Biocorredor para Euglossini (Hymenoptera Apidae) de Florestas Tropicais Úmidas. *Neotropical Entomology*. **38** (2), 281–284
- NASCIMENTO, S., CANALE, G.R., SILVA, D.J. (2015) Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) associated with eucalyptus monoculture in Cerrado, Mato Grosso. *Revista Árvore*. **39** (2), 263–273
<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200006>
- NEMÉSIO, A., FARIA JR., L.R.R. (2004) First assessment of orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) of Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. *Lundiana*. **5**, 113–117
- NEMÉSIO, A., AUGUSTO, S.C., ALMEIDA, E.A.B. (2007) *Euglossa decorata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in central Brazil – biogeographic implications. *Lundiana*. **8** (1), 57–61
- NEMÉSIO, A., VASCONCELOS, H.L. (2013) Beta diversity of orchid bees in a tropical biodiversity hotspot. *Biodiversity Conservation*. **22** (8), 1647–1661
<https://doi.org/10.1007/s10531-013-0500-x>
- OLIVEIRA FILHO, A., RATTER, J.A. (2000) Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o Quaternário Tardio. In *Matas ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues and H.F. Leitão Filho, eds.). Edusp, São Paulo, 73–89

- OSPINAS-TORRES, R., MONTOPA-PFEIFFER, P.M., PARRA-H, A., SOLARTE, V., OTERO, J.T. (2015) Interaction networks and the use of floral resources by male orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in a primary rain forests of the Chocó Region (Colombia). *Revista de Biología Tropical*. **63** (3) 647–658
- PARRA-H, A., NATES-PARRA, G. (2012) The Ecological Basis for Biogeographic Classification: an Example in Orchid Bees (Apidae: Euglossini). *Neotropical Entomology*. **41** (6), 442–449
<https://doi.org/10.1007/s13744-012-0069-1>
- PIRES, E.P., MORGADO, L.N., SOUZA, B., CARVALHO, C.F., NEMÉSIO, A. (2013) Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. **73** (3), 507–513
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000300007>
- RAMALHO, A.V., GAGLIANONE, M.C., OLIVEIRA, M.L. (2009) Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*. **53** (1), 95–101
- RAMÍREZ, S.R., ROUBIK, D.W., SKOV, C., PIERCE, N.E. (2010) Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. **100**, 552–572
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01440.x>
- REBÉLO, J.M.M., GARÓFALO, C.A. (1991) Diversidade e Sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas odores em um fragmento de floresta no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. **51**, 787–799
- ROUBIK, D.W. (2001) Ups and downs in pollinator populations: when is there a decline? *Conservation Ecology*. **5** (1), 1–22.
- ROUBIK, D. W., ACKERMAN, J. D. (1987) Long-Term Ecology of Euglossine Orchid-Bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*. **73**, 321–333
<https://doi.org/10.1007/BF00385247>
- ROUBIK, D.W., HANSON, P.E. (2004) Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo / Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- SILVA, D.P., AGUIAR, A.J.C., MELO, G.A.R., ANJOS-SILVA, E.J., MARCO JR, P. (2013) Amazonian species within the Cerrado savanna: new records and potential distribution for *Aglaea caerulea* (Apidae: Euglossini). *Apidologie*. **44** (6), 673–683
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0216-7>

SILVEIRA, G.C., NASCIMENTO, A.M., SOFIA, S.H., AUGUSTO, S.C. (2011) Diversity of the euglossine bee community (Hymenoptera, Apidae) of an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia.* **55** (1), 109–115
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000100017>

SILVEIRA, G.C., FREITAS, R.F., TOSTA, T.H.A., RABELO, L.S., GAGLIANONE, M.C., AUGUSTO, S.C. (2015) The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie.* **46** (2), 197–208
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0314-1>

STRASSBURG, B.B.N., BROOKS, T., FELTRAN-BARBIERI, R., IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R., LOYOLA, R., LATAWIEC, A.E., OLIVEIRA FILHO, F.J.B., SCARAMUZZA, C.A. DE M., SCARANO, F.R., SOARES-FILHO, B., BALMFORD, A. (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution,* **1** (99)
<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>

TOSTA, T.H.A. (2012) Abelhas Euglossini em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no bioma Cerrado. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

TOSTA, T.H.A. (2014) Abelhas Euglossini no bioma Cerrado: diversidade, estimativa populacional e estrutura genética. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84 p

TOSTA, T.H.A; SILVEIRA, G.C. SCHIAVINI, I. SOFIA, SH; AUGUSTO, SC. (2017) Using short-term surveys and mark-recapture to estimate diversity and population size of orchid bees in forest formations of the Brazilian savanna. *Journal of Natural History.* **51** (7-8), 391–403
<https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1274441>

TYLIANAKIS, J.M., KLEIN, A., LOZADA, T., TSCHARNTKE, T. (2006) Spatial scale of observation affects α , β and γ diversity of cavity-nesting bees and wasps across a tropical land-use gradient. *Journal of Biogeography.* **33**, 1295–1304
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01493.x>

ZAR, J. H. (2010) Biostatistical Analysis. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 944 p

CAPÍTULO 2

CAPTURAS E RECAPTURAS DE MACHOS DE EUGLOSSINI EM ESTUDOS POPULACIONAIS: UMA RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIA?

RESUMO

Estimativas dos tamanhos populacionais de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado indicam a possível ocorrência de pequenas populações. Por meio do método de marcação e recaptura é possível monitorar as populações que habitam esses remanescentes. O objetivo geral do presente trabalho foi acompanhar as flutuações nas estimativas populacionais e as porcentagens de recaptura de machos de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado. Em dois períodos diferentes, 2012/2013 e 2014/2015, machos de Euglossini foram capturados e marcados durante quatro horas, por cinco dias consecutivos, em seis remanescentes. Os machos foram atraídos utilizando-se sete iscas odores, eucaliptol, eugenol, salicilato de metila, acetato de benzila, vanilina, cinamato de metila e beta-ionona. Os resultados mostraram uma variação na abundância das quatro espécies dominantes, *Eulaema nigrita*, *Euglossa imperialis*, *Euglossa cordata* e *Euglossa pleosticta*, seja por efeito da área, do período ou por uma associação entre ambos. Considerando as 16 espécies que tiveram indivíduos marcados, para apenas nove delas houve recaptura e os valores se mostraram baixos para a maioria, variando de 0,88% a 23,08%. O número de machos Euglossini recapturados, com exceção de *Eulaema nigrita*, mostrou-se dependente do número de indivíduos marcados. Também foram detectadas variações nos tamanhos populacionais entre os dois períodos amostrados. Em conclusão, este estudo revelou diferenças quanto às probabilidades de recapturas de espécies de Euglossini, identificando mínimos de

captura que devem ser alcançados para que estimativas populacionais possam ser feitas. Essas estimativas permitem detectar flutuações naturais dos tamanhos populacionais, sendo assim essenciais para estudos de monitoramento.

Palavras-chave: Euglossini, monitoramento, marcação e recaptura, estimativas populacionais, número de recaptura.

ABSTRACT

Estimates of Euglossine bees populations in forest remnants of the Cerrado indicate the occurrence of small populations. Through the method of marking and recapture it is possible to monitor the populations that inhabit these remnants. The aim of this study was to evaluate the fluctuations in population estimates and the recapture rate of Euglossini males in forest remnants in Cerrado. In two different periods, 2012/2013 and 2014/2015, Euglossini males were captured and marked during four hours, for five consecutive days, in six remnants. Males were attracted using seven aromatic baits, eucalyptol, eugenol, methyl salicylate, benzyl acetate, vanillin, methyl cinnamate and beta-ionone. The results showed a variation in abundance of the four dominant species, *Eulaema nigrita*, *Euglossa imperialis*, *Euglossa cordata* and *Euglossa pleosticta*, either by area, period or by an association between them. Considering the 16 species that had marked individuals, only nine of them had recapture and values were low for the most, varying from 0.88% to 23.08%. The number of Euglossine bees recaptured, with the exception of *Eulaema nigrita*, was dependent on the number of individuals marked. Variations in population sizes were also detected between the two sampling periods. In conclusion, this study revealed differences regarding the probabilities of Euglossine bees recaptures, determining the minimum number that must be obtained and so

population estimates can be made. These estimates make it possible to detect natural fluctuations of population sizes and are therefore essential for monitoring studies.

Keywords: Euglossine bees, monitoring, marking and recapture, population estimates, recapture number.

INTRODUÇÃO

As abelhas Euglossini possuem aproximadamente 238 espécies descritas, distribuídas em cinco gêneros viventes, *Aglae* (1), *Eufriesea* (67), *Euglossa* (128), *Eulaema* (33), *Exaerete* (8), e um gênero extinto, *Paleoeuglossa* (1) (MOURE et al, 2012). São abelhas corbiculadas neotropicais, com distribuição do sul da Flórida à Argentina (ROUBIK & HANSON, 2004). Sua abundância e riqueza são maiores em florestas tropicais, onde há altos valores de umidade e temperatura (DRESSLER, 1982). Além dessas características abióticas, outros fatores podem afetar sua diversidade, como altitude, tamanho e estado de conservação do remanescente (BROSI, 2009; ABRAHAMCZYK et al, 2011).

As florestas tropicais úmidas presentes no território brasileiro, Floresta Amazônica e Mata Atlântica, possuem um alto grau de endemismo e diversidade de Euglossini (NEMÉSIO & SILVEIRA, 2007). Apesar disso, remanescentes de fitofisionomias úmidas, como a Floresta Estacional Semidecidual, inseridos na paisagem xérica do Cerrado têm apresentado um número de espécies semelhante a remanescentes presentes no bioma de Mata Atlântica do sudeste e sul do Brasil (AGUIAR & GAGLIANONE, 2012; GIANGARELLI et al, 2015; SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017). Contudo, apesar da semelhança em relação à riqueza de espécies, o número de indivíduos capturados pode ser até 20 vezes menor (SILVEIRA et al, 2015; TOSTA et al, 2017).

Estimativas quanto aos tamanhos populacionais de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado, bem como análises da diversidade alélica de *Euglossa (Euglossa) pleosticta* em dois desses remanescentes, indicaram a possível ocorrência de pequenas

populações desse grupo de abelhas nesses ambientes (TOSTA, 2014; TOSTA et al, 2017).

A partir da década de 50, o bioma Cerrado passou a sofrer com intensa atividade agropecuária, aumento das cidades e densidade demográfica. Esses eventos impactaram de forma direta as populações naturais deste bioma devido à fragmentação, perda de habitat e redução de áreas de vida. Em relação às abelhas, um grupo de insetos com reconhecida importância na polinização de espécies vegetais naturais e cultiváveis, as principais consequências são as diminuições da quantidade e qualidade da área geográfica explorada na busca por fontes de recursos, e a diminuição de locais ideais para nidificação (GALLAI et al, 2009; ZAYED, 2009; CARRIÉ et al, 2017).

Apesar do apelo midiático contra o desmatamento, o Cerrado recebe menos atenção que outros biomas, como a Floresta Amazônica. Entre os anos de 2002 e 2011, a savana brasileira registrou uma taxa de desmatamento 2,5 vezes maior que a referida floresta tropical (STRASSBURG et al, 2017). Há estimativas de desaparecimento de aproximadamente 480 espécies vegetais endêmicas do Cerrado até o ano de 2050 (STRASSBURG et al, 2017). Impactos indiretos nas populações de abelhas são alarmantes, podendo resultar em extinções secundárias (WEINER et al, 2014).

As abelhas possuem populações numerosas, alta riqueza e são sensíveis a mudanças ambientais (MICHENNER, 2007). No que se refere às comunidades de Euglossini, estudos mostram que estas são geralmente estáveis ao longo do tempo quando levamos em conta análises de diversidade (ROUBIK & ACKERMAN, 1987; TOSTA et al, 2017). Contudo, quando analisado apenas a abundância, pode-se observar variações temporais (TOSTA et al, 2017).

Em estudos populacionais analisar apenas a abundância de insetos pode levar a uma subestimativa do número real de indivíduos que estão presentes naquela

comunidade. Estimativas dos tamanhos populacionais podem suprir essa imprecisão (KREBS, 2013). Diversos estudos com invertebrados têm estimado suas populações com sucesso (LÓPEZ-URIBE et al, 2008; TIKKAMÄKI & KOMONEN, 2011; ROTHERAY et al, 2014; YAMAMOTO et al, 2014; VLASANEK et al, 2013; TOSTA et al, 2017).

Estimativas populacionais são obtidas por meio de capturas e recapturas, como no método de Jolly-Seber (JOLLY, 1965; SEBER, 1973). Esse é um método condizente com populações naturais, pois prediz que seja aplicado com populações abertas (KREBS, 2013). O método de Jolly-Seber foi usado com sucesso por Tosta et al. (2017) para estimar os tamanhos populacionais de abelhas Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado associado a duas metodologias, o uso de amostragens concentradas e uma marcação permanente e não letal.

Considerando as variações temporais que podem ocorrer em relação à abundância, o monitoramento desse táxon de abelhas aparece como uma alternativa para o acompanhamento do estado de conservação desses insetos em uma paisagem fragmentada. Além disso, Euglossini é considerado um grupo bioindicador para estudos ambientais (BROSI, 2009) e estudos populacionais podem fornecer informações sobre a qualidade dos remanescentes florestais no Cerrado.

O objetivo geral do presente trabalho foi acompanhar as flutuações nas estimativas populacionais e as porcentagens de recaptura de machos de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado. Esperamos encontrar correlação positiva e significativa entre o número de indivíduos marcados e recapturados. Considerando a elevada capacidade de dispersão de abelhas Euglossini, o número de recapturas esperado deve ser baixo para a maioria das espécies e, no geral, dependente do número de indivíduos marcados. Esperamos também encontrar diferenças significativas nos

tamanhos populacionais, considerando o período de amostragem e o remanescente florestal amostrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo e amostragem

O trabalho foi realizado em seis remanescentes florestais de Cerrado localizados na região do Triângulo Mineiro, Minas Gerais (ver cap. 1).

Os machos de abelhas Euglossini foram amostrados na estação chuvosa em dois períodos: 2012 – 2013 (P_1) e 2014 – 2015 (P_2). O P_1 corresponde às amostras coletadas por Tosta et al. 2017. Com esforço amostral de quatro horas, por cinco dias consecutivos em cada remanescente, as amostragens foram feitas utilizando-se sete iscas odores, eucaliptol, eugenol, salicilato de metila, acetato de benzila, vanilina, cinamato de metila e beta-ionona.

Marcação e recaptura dos machos de Euglossini

A marcação aconteceu através da remoção do pré-tarso e um dos tarsômeros (PTT) após o indivíduo capturado ser mantido em caixa térmica contendo gelo e identificado *in loco* pelo coleitor usando-se uma lupa manual e material de referência das espécies amostradas em levantamentos realizados anteriormente. Cada PTT removido correspondeu a um determinado dia de coleta, de acordo com a seguinte ordem: (i) perna anterior direita; (ii) anterior esquerda; (iii) mediana direita; (iv) mediana esquerda; (v) posterior direita (TOSTA et al, 2017). (Figura 1).



FIGURA 1 – Metodologia de marcação utilizada para estudo das populações de abelhas da tribo Euglossini por cinco dias consecutivos. Cada forma geométrica representa a remoção do pré-tarso e primeiro tarsômero dos indivíduos, de acordo com o dia de coleta. (quadrado = 1º dia; círculo = 2º dia; pentágono = 3º dia; triângulo = 4º dia; losango = 5º dia). (TOSTA et al, 2017).

Após a identificação e marcação, os indivíduos ficaram presos em uma “gaiola” confecionada com tubos de PVC (Policloreto de vinila) (dimensões: 70 cm x 65 cm) e organza, por aproximadamente 30 minutos, até recobrarem seus movimentos de voo e locomoção.

Análise dos dados

Os tamanhos populacionais foram estimados por meio do método de Jolly-Seber, respeitando suas premissas. Os cálculos ocorreram usando-se de planilhas disponibilizadas pela University of Missouri (oak.snr.missouri.edu/nr3110/topics/jolly.php) no programa Microsoft Excel 2010. Não há diferença nos resultados obtidos em análises realizadas pelo pacote office e softwares especializados (BISCHOFF, 2003). As estimativas foram realizadas para algumas espécies e, quando possível, para a tribo Euglossini, utilizando-se o conceito de guilda “abelhas das orquídeas”.

Para fins de monitoramento do número de indivíduos das populações de Euglossini, os valores estimados obtidos foram comparados com os valores das

estimativas realizadas por Tosta et al. (2017), que correspondem ao P1. Para avaliação da diferença no número de indivíduos capturados, recapturados e população estimada entre os períodos amostrais, foram utilizados os teste *t de Student* e Qui-quadrado (ZAR, 2010) no programa Systat 12.0.

A probabilidade de sucesso na recaptura de indivíduos marcados foi avaliada por meio de uma regressão logística (ZAR, 2010), utilizando o programa Systat 12.0. A relação de dependência entre capturas e recapturas, foi avaliada tanto para a tribo Euglossini quanto para o gênero *Euglossa* e a espécie *Eulaema nigrita*. Para tanto foi utilizado o modelo GLMM (Generalise Linear Mixed Effect Model), no programa R 3.4.3., no qual os fatores área, espécie e período foram definidos como aleatórios e apenas o efeito do número de capturas sobre o de recapturas foi considerado.

RESULTADOS

Considerando os dois períodos de coleta, todos os gêneros da tribo Euglossini foram amostrados, em um total de 16 espécies e 748 indivíduos. Considerando as 16 espécies que tiveram indivíduos marcados, para apenas nove delas houve recaptura (Tabela 1). Os valores de recaptura se mostraram baixos para a maioria das espécies (Tabela 1), variando de 0,88% a 23,08%. Não houve diferença entre o número de indivíduos marcados ($t = -0,677$; $df = 10$; $p = 0,514$) e recapturados ($t = -0,359$; $df = 10$; $p = 0,727$) entre os períodos amostrais.

TABELA 1 – Riqueza, número de indivíduos capturados e marcados (C), recapturados (R), porcentagem de recapturas em relação aos indivíduos capturados (%R) de machos de Euglossini em remanescentes florestais do Cerrado. Áreas = Locais onde ocorreram as recapturas. (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga; IF: Fazenda Irara; MAFF: Fazenda Mata da Água Fria) (Período 1: 2012-2013; Período 2: 2014-2015).

Espécies	Período 1				Período 2			
	C	R	%R	Áreas	C	R	%R	Áreas
<i>Aglae caerulea</i> Lepelletier and Serville	0	0	0,00	x	2	0	0,00	x
<i>Euglossa (Euglossa) amazonica</i> Dressler	8	0	0,00	x	8	1	12,50	MF
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> Linnaeus	38	7	18,42	SJF (1), GEF (2), MF (4)	63	0	0,00	x
<i>Euglossa (Euglossa) fimbriata</i> Moure	7	0	0,00	x	1	0	0,00	x
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure	15	0	0,00	x	15	1	6,67	IF
<i>Euglossa (Euglossa) pleosticta</i> Dressler	36	0	0,00	x	24	2	8,33	SJF (1), GEF (1)
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler	2	0	0,00	x	4	0	0,00	GEF
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo & Moure	6	0	0,00	x	16	1	6,25	MAFF
<i>Euglossa (Euglossella) viridis</i> Perty	19	0	0,00	x	11	1	9,09	ESP
<i>Euglossa (Glossura) imperialis</i> Cockerell	67	5	7,46	GEF (1), ESP (4)	87	5	5,75	ESP
<i>Eufriesea auriceps</i> (Friese)	0	0	0,00	x	1	0	0,00	x
<i>Eulaema (Apulaema) cingulata</i> Fabricius	13	3	23,08	ESP (2), SJF (1)	7	0	0,00	x
<i>Eulaema (Apulaema) nigrita</i> Lepetrier	114	1	0,88	ESP (1)	179	6	3,35	MF (3), GEF (2), IF (1)
<i>Eulaema (Eulaema) flavescens</i> Friese	1	0	0,00	x	0	0	0,00	x
<i>Exaerete dentata</i> Linnaeu	2	0	0,00	X	0	0	0,00	x
<i>Exaerete smaragdina</i> Guérin	0	0	0,00	x	2	0	0,00	x
Total	328	16	4,88		420	17	4,29	

A regressão logística foi significativa ($t = 2,176$; $p = 0,030$). Há uma relação positiva entre o número de indivíduos marcados e recapturados e, a cada aumento de uma unidade no número de indivíduos marcados, há o aumento na chance de recaptura em 5% (Figura 2). A partir de 100 indivíduos marcados a chance de sucesso na recaptura é de 98,7%.

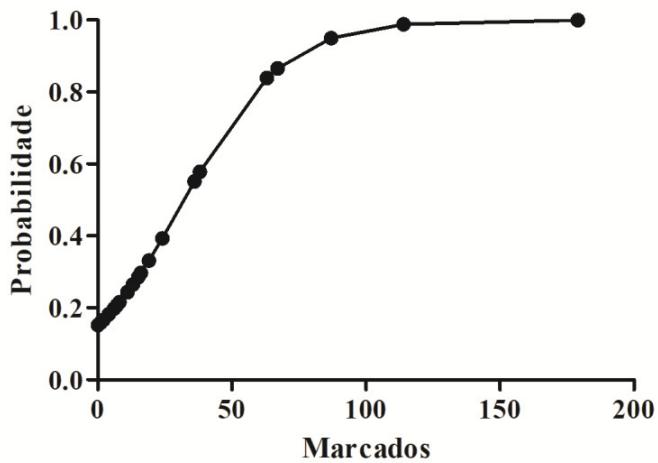


FIGURA 2 – Probabilidade de recaptura de machos de Euglossini a partir do número de indivíduos marcados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Cerrado.

Na análise GLMM, onde os efeitos da área, período e espécie foram considerados aleatórios, também se verificou que o número de recapturas depende do número de indivíduos marcados ($\chi^2 = 19,01$; $p = 0,001$) (Figura 3A), o que explica a ausência de recapturas para a maioria das espécies pouco abundantes. O mesmo foi verificado usando-se somente as espécies de *Euglossa* ($\chi^2 = 7,794$; $p = 0,005$) (Figura 3B). Entretanto, na análise específica para *Eulaema nigrita* não foi observado essa dependência ($\chi^2 = 2,004$; $p = 0,157$) (Figura 3B).

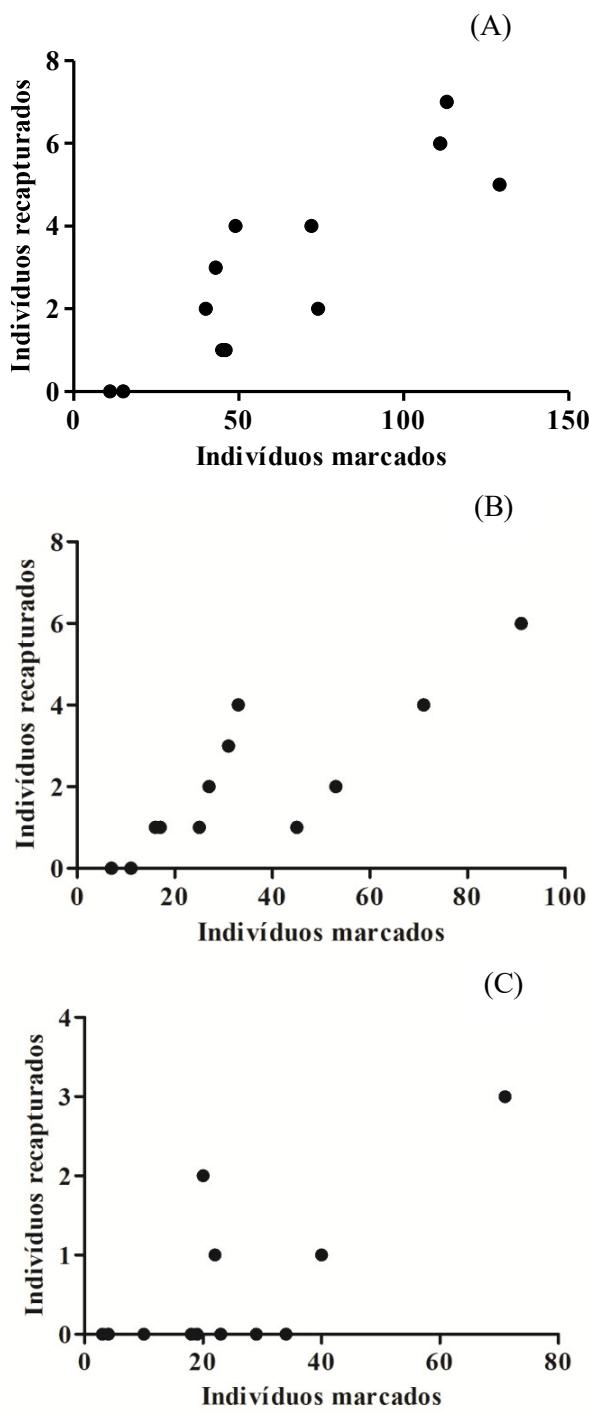


FIGURA 3 – Relação entre o número de indivíduos marcados e recapturados (A) todas as espécies de Euglossini amostradas; (B) somente as espécies de *Euglossa*; (C) somente *Eulaema nigrita*.

Euglossa imperialis foi a única espécie recapturada nos dois períodos em um mesmo remanescente (EEP), o que possibilitou comparar os tamanhos populacionais obtidos nos dois períodos. Assim, para realizar outras comparações sobre os tamanhos populacionais, todas as espécies do gênero *Euglossa* foram agrupadas sob o conceito de guilda (abelhas das orquídeas). Para esse grupo, as estimativas calculadas para o P₂ (Tabela 2) foram comparadas com aquelas obtidas por Tosta et al. (2017) para o P₁, nos quatro remanescentes onde ocorreram recapturas (ESP, GEF, SJF, e MF).

TABELA 2 – Indivíduos capturados (Σni) e recapturados (Σmi), proporção marcada ($\alpha \pm SD$), probabilidade de sobrevivência ($\varphi \pm SD$), e tamanho populacional estimado ($\Sigma Bi \pm SD$) de machos de *Euglossa imperialis*, e do total de abelhas das orquídeas em quatro remanescentes no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. (Eg. = *Euglossa*; ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimetal do Glória; SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo).

Área	Espécie ou Grupo funcional	Dados populacionais				
		Σni	Σmi	$\alpha \pm SD$	$\varphi \pm SD$	$\Sigma Bi \pm SD$
ESP	<i>Eg. imperialis</i>	68	5	0,157 ± 0,092	1,366 ± 1,450	1358,5 ± 422,8
ESP	<i>Euglossa</i>	91	6	0,130 ± 0,087	1,559 ± 1,590	2871,0 ± 1106,5
GEF	<i>Euglossa</i>	27	2	0,273 ± 0,157	0,602 ± 0,495	95,5 ± 20,5
SJF	<i>Euglossa</i>	16	1	0,342 ± 0,111	0,695 ± 0,369	29,0 ± 6,0
MF	<i>Euglossa</i>	53	2	0,169 ± 0,057	0,677 ± 0,605	173,0 ± 41,0

Comparando-se os valores obtidos para os dois períodos, foram encontradas diferenças significativas entre as estimativas populacionais feitas para *Euglossa imperialis* e para as populações de “abelhas das orquídeas” dos remanescentes ESP e SJF (Tabela 3).

TABELA 3 – Estimativa populacional (Est. pop.), obtida em dois períodos de amostragem (P_1 : 2012-2013; P_2 : 2014-2015). (SJF: Fazenda São José; MF: Fazenda Marimbondo; GEF: Fazenda Experimental do Glória; ESP: Estação Ecológica do Panga).

Áreas	Espécie ou grupo funcional	Est. pop.		
		P_1	P_2	χ^2
ESP	<i>Euglossa</i>	1384,5	2871	519,26*
GEF	<i>Euglossa</i>	111,1	95,5	1,18
MF	<i>Euglossa</i>	150	173	1,64
SJF	<i>Euglossa</i>	389	29	310,04*
ESP	<i>Eg. imperialis</i>	611	1358,5	283,7*

*p<0,05

DISCUSSÃO

No presente estudo verificou-se o que o número de recapturas para Euglossini de maneira geral, com exceção de *Eulaema nigrita*, é dependente do número de indivíduos marcados e que a chance de sucesso é de 98,7% a partir da marcação de 100 indivíduos. Foi possível detectar variações nos tamanhos populacionais entre os dois períodos amostrados, sendo o método eficiente para estudos de monitoramento de populações de Euglossini.

A estabilidade das comunidades de abelhas Euglossini já foi documentada em outros estudos com um intervalo maior entre as amostragens e que perduraram por mais anos (ROUBIK & ACKERMAN, 1987; ROUBIK, 2001). Por outro lado, em levantamentos com intervalos de tempo menor, essa estabilidade parece estar mais associada ao componente riqueza que à abundância (TOSTA et al, 2017). Flutuações na abundância e, consequentemente, no tamanho das populações são naturalmente esperadas em estudos populacionais (ROUBIK & ACKERMAN, 1987; ROUBIK, 2001; KNOLL, 2016). Dessa forma, o fator tempo presente em levantamentos de períodos maiores pode evidenciar uma estabilidade, diluindo o crescimento ou declínio das populações em instantes pontuais. Considerando que algumas espécies de Euglossini são dependentes de florestas úmidas

inseridas no Cerrado (SILVEIRA et al, 2015), levantamentos posteriores são fundamentais para o monitoramento dessas populações.

O número de recapturas foi relativamente baixo para a maioria das espécies e está de acordo com estudos sobre capturas e recapturas feitos para machos de abelhas euglossinas, mesmo aqueles que utilizam outros métodos de marcação (KROODSMA, 1975; ACKERMAN & MONTALVO, 1985; OTERO & SANDINO, 2003; MURREN, 2002; TONHASCA et al, 2003; OI et al, 2013; POKORNY et al, 2015; TOSTA et al, 2017). Entretanto, a análise de regressão logística mostrou que à medida que novos indivíduos são marcados, a chance de recaptura aumenta e o teste GLMM evidenciou a relação entre número de indivíduos marcados e recapturados, exceto para *Eulaema nigrita*.

O número de recapturas é influenciado pelo número de indivíduos marcados, independentemente do período de coleta ou remanescente para os táxons Euglossini e *Euglossa*. Aparentemente existe um número mínimo de capturas para que as recapturas comecem a acontecer. Considerando a tribo Euglossini, a partir de aproximadamente 100 indivíduos marcados, a chance de recaptura é de 98,7%. Outros trabalhos que obtiveram uma marcação superior a esse limiar apresentaram o registro de pelo menos uma recaptura (KROODSMA, 1975; ACKERMAN & MONTALVO, 1985; MURREN, 2002; TONHASCA et al, 2003; OI et al, 2013; POKORNY et al, 2015; TOSTA et al, 2017).

Otero & Sandino (2003), em estudo para avaliação de número de captura em gradiente de impactos antrópicos, marcaram 2008 indivíduos e não recapturaram nenhum. Três pontos desse trabalho devem ser analisados com cautela e podem explicar a ausência de indivíduos recapturados em detrimento ao grande número de abelhas marcadas. Primeiro, as amostras foram realizadas, quando possível, com um intervalo de quatro semanas por dois anos. A longevidade de abelhas Euglossini gira em torno de quatro semanas (ACKERMAN & MONTALVO, 1985). Os intervalos entre as amostragens podem ter sido muito longos para

que as recapturas ocorressem. Segundo, o tipo de marcação utilizada foi uma mancha na asa com caneta de tinta permanente. Considerando o tempo entre as amostragens e a duração total do estudo, a marcação com tinta pode ter desaparecido (PEIXOTO, 2007). Terceiro, quase metade dos indivíduos marcados (40,3%) são abelhas de grande porte (gêneros *Eulaema*, *Exaerete* e *Aglae*). Como pode ser observado nesse estudo, *Eulaema nigrita*, uma espécie de grande porte, o número de recapturas não foi influenciado pelo número de indivíduos marcados.

A baixa recaptura de abelhas de grande porte, como *Eulaema nigrita*, pode estar relacionada à vagilidade dessas espécies (WIKELSKI et al, 2010; TOSTA et al, 2017). Um fator que pode proporcionar a recaptura dessas abelhas é a permanência em determinada área por alguns dias devido à identificação de fontes de recurso (WIKELSKI et al, 2010), como pode ter ocorrido com *Eulaema cingulata* no primeiro período de coleta (TOSTA et al, 2017). Murren (2002), em avaliação do sucesso reprodutivo de *Catasetum viridiflavum* (Orchidaceae), marcou 301 abelhas *Eulaema cingulata* e recapturou 12 (4%). Vale-se a ressalva de que esse autor coletou as abelhas diretamente nas flores de orquídea, o que explica o número de recapturas considerável quando comparado com os resultados do presente estudo.

Observada essa exceção, extrações do pequeno ou inexistente número de recapturas para outras espécies de Euglossini com tamanho corpóreo e comportamentos semelhantes aos de *Eulaema nigrita* podem ser feitas. O tamanho de uma abelha está correlacionado com sua capacidade de voo e consequentemente aumento da sua capacidade de cobrir uma grande área geográfica (GREENLEAF et al, 2007).

Dois dos remanescentes estudados nos diferentes anos amostrais demonstraram uma diferença significativa na população estimada do gênero *Euglossa*, sendo um aumento e outra diminuição no número de indivíduos. A população de *Euglossa imperialis* aumentou no

intervalo de dois anos nas amostragens. Abelhas, assim como outros insetos, são sensíveis, respondem rápido e de formas diferentes a impactos ambientais (CARIVEAU & WINFREE, 2015). Em um ambiente onde as condições sejam favoráveis para o aumento da população de abelhas, esta irá crescer em número até que a capacidade de suporte do meio permita e fatores intraespecíficos passem a limitar o aumento do número de indivíduos (BEGON et al, 2006).

Quando uma mudança ambiental é caracterizada como degradação, as populações de abelhas diminuem (WEINER et al, 2014; RUVOLO-TAKASUSUKI et al, 2015). O remanescente da SJF, não só diminuiu o número de indivíduos estimados, mas também em 50% o número de espécies ocorrentes, especialmente àquelas que dependem de áreas úmidas, como *Euglossa pleosticta*, *Euglossa cordata*, *Euglossa amazonica*, *Euglossa imperialis* e *Euglossa viridis* (SILVEIRA et al, 2015) . Nesse caso em especial, aparentemente pode não se tratar de uma flutuação natural dos tamanhos populacionais. O remanescente demonstrou efeitos visíveis de degradação entre uma amostragem e outra, como sinais de queimada na borda e interior, corte de árvores e abertura de clareiras. A proximidade com a área urbana pode favorecer esse tipo de impacto.

Em conclusão, este estudo revelou diferenças quanto às probabilidades de recapturas de espécies de Euglossini, identificando números mínimos de captura que devem ser alcançados para possibilitar o registro de recapturas e, consequentemente, de estimativas dos tamanhos populacionais. Esses resultados podem subsidiar estudos com o objetivo de detectar flutuações dos tamanhos populacionais em áreas naturais, bem como identificar declínios populacionais ao longo do tempo, ocasionados por degradação ambiental. Tais fatores são essenciais para a eficácia de estudos de monitoramento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMCZYK, S., GOTTLUEBER, P., MATAUSCHEK, C., KESSLER, M. (2011) Diversity and community composition of euglossine bee assemblages (Hymenoptera: Apidae) in western Amazonia. *Biodiversity Conservation*. **20**, 2981–3001
<https://doi.org/10.1007/s10531-011-0105-1>
- ACKERMAN, J.D., MONTALVO, A.M. (1985) Longevity of Euglossine Bees. *Biotropica*. **17** (1), 79–81
<https://doi.org/10.2307/2388384>
- AGUIAR, W.M., GAGLIANONE, M.C. (2012) Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*. **56** (2), 210 – 219
<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262012005000018>
- BEGON, M., C. R. TOWNSEND E J. L. HARPER (2007) Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas. 4^aed, Artmed, Porto Alegre. 752 p
- BICHOFF, I. (2003) Population dynamics of the solitary digger bee *Andrena vaga* Panzer (Hymenoptera, Andrenidae) studied using mark-recaptureand nest counts. *Population Ecolgy*. **45**, 197–204
<https://doi.org/10.1007/s10144-003-0156-6>
- BROSI, B.J. (2009) The effects of forest fragmentation on euglossini bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biology Conservation*. **142**, 414–423
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.003>
- CARIVEAU, D.P., WINFREE, R. (2015) Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. *Insect Science*. **10**, 104–109
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.004>
- DRESSLER, R.L. (1982) Biology of the Orchid bees. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. **13**, 373–394
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- GALLAI, N., SALLES, J., SETTELE, J., VAISSIÈRE, B. E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*. **68**, 810–821
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- GIANGARELLI, D.C., AGUIAR, W.M., SOFIA, S.H. (2015) Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. *Apidologie*. **46** (1), 71–83
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0303-4>

- GREENLEAF, S.S., WILLIAMS, N.M., WINFREE, R., KREMEN, C. (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*. **153**, 589–596
<https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>
- JOLLY, G.M. (1965) Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigrationstochastic model. *Biometrika*. **52**, 225–248
<https://doi.org/10.2307/2333826>
- KNOLL, F.R.N. (2016) Variation in the Abundance of Neotropical Bees in an Unpredictable Seasonal Environment. *Neotropical Entomology*. **45** (2), 129–138
<https://doi.org/10.1007/s13744-015-0347-9>
- KREBS, C.J. (2013) Ecological Methodology, University of British Columbia, Vancouver
- KROODSMA, D.E. (1975) Flight Distances of Male Euglossine Bees in Orchid Pollination. *Biotropica*. **7** (1), 71–72
- LÓPEZ-URIBE, M.M., OI, C.A., DEL LAMA, M.A. (2008) Nectar-foraging behavior of Euglossine bees (Hymenoptera:Apidae) in urban areas. *Apidologie*. **39**, 410–418
<https://doi.org/10.1051/apido:2008023>
- MICHENER, C.D. (2007) The Bees of the World. Baltimore, The Johns Hopkins. 972 p
- MOURE, J.S., MELO, G.A.R., FARIA JR., L.R.R. (2012) Euglossini Latreille, 1802. In Moure, J. S., Urban, D. and Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Feb/2018
- MURREN, C.J. (2002) Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. *Journal of Ecology*. **90**, 100–107
<https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00638.x>
- NEMÉSIO, A., SILVEIRA, F. (2007) Diversity and Distribution of Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae) with a Revised Checklist of Species. *Neotropical Entomology*. **36** (6), 874–888
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600008>
- OTERO, J.T., SANDINO, J.C. (2003) Capture Rates of Male Euglossine Bees across a Human Intervention Gradient, Choco Region, Colombia. *Biotropica*. **35** (4), 520–529
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00608.x>
- PEIXOTO, R.F. (2007) Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) Em Dois Remanescentes de Mata Atlântica em Área Urbana, João Pessoa, Paraíba – Brasil. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007.

- POKORNY T., LOOSE D., DYKER G., QUEZADA-EUÁN J.J.G., ELTZ T. (2015) Dispersal ability of male orchid bees and direct evidence for long-range flights. *Apidologie*. **46**, 224–237
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0317-y>
- ROTHERAY, E.L., BUSSIÈRE, L.F., MOORE, P., BERGSTROM, L. & GOULSON, D. (2014) Mark recapture estimates of dispersal ability and observations on the territorial behaviour of the rare hoverfly, *Hammerschmidtia ferruginea* (Diptera, Syrphidae). *Jounal of Insect Conservation*. **18**, 179–188
<https://doi.org/10.1007/s10841-014-9627-7>
- ROUBIK, D.W., ACKERMAN, J.D. (1987) Long-Term Ecology of Euglossine Orchid-Bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*. **73**, 321–333
<https://doi.org/10.1007/BF00385247>
- ROUBIK, D.W., HANSON, P.E. (2004) Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo / Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad
- ROUBIK, D.W. (2001) Ups and downs in pollinator populations: when is there a decline? *Conservation Ecology*. **5** (1), 1–22.
- ROUBIK, D.W. Ecology and Natural History of Tropical Bees. (1992) Cambridge: Cambridge University Press. 514 p
- RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C., RONQUI, L., BARATEIRO-STUCHI, A.L.P., ARAUJO, M.C., FERMINO, F., SANTOS, P.R., TOLEDO, V.A. (2015) Biomonitoring the Environmental Quality by Bees. In: Agricultural and Biological Sciences - "Herbicides, Physiology of Action, and Safety",
<https://doi.org/10.5772/61616>
- SEBER, G.A.F. (1973) The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin: London.
- SILVA, D.P., MARCO Jr., P de. (2014) No Evidence of Habitat Loss Affecting the Orchid Bees *Eulaema nigrita* Lepeletier and *Eufriesea auriceps* Friese (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*. **43**, 509–518
<https://doi.org/10.1007/s13744-014-0244-7>
- SILVA, D.P., AGUIAR, A.J.C., MELO, G.A.R., ANJOS-SILVA, E.J., MARCO JR, P. (2013) Amazonian species within the Cerrado savanna: newrecords and potential distribution for Aglaea caerulea (Apidae: Euglossini). *Apidologie*. **44** (6), 673–683
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0216-7>
- SILVEIRA, G.C., FREITAS, R.F., TOSTA, T.H.A., RABELO, L.S., GAGLIANONE, M.C., AUGUSTO, S.C. (2015) The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher spesies diversity? *Apidologie*. **46** (2), 197–208
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0314-1>

- STRASSBURG, B.B.N., BROOKS, T., FELTRAN-BARBIERI, R., IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R., LOYOLA, R., LATAWIEC, A.E., OLIVEIRA FILHO, F.J.B., SCARAMUZZA, C.A. DE M., SCARANO, F.R., SOARES-FILHO, B., BALMFORD, A. (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution*, **1** (99)
<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- TIKKAMÄKI, T., KOMONEN, A. (2011) Estimating population characteristics of two saproxylic beetles: a mark-recapture approach. *Journal of Insect Conservation*. **15** (3), 401–408
<https://doi.org/10.1007/s10841-010-9313-3>
- TONHASCA JR., A., ALBUQUERQUE, G.S., BLACKMER, J.L. (2003) Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian AtlanticForest. *Journal of Tropical Ecology*. **19**, 99–102
<https://doi.org/10.1017/S0266467403003122>
- TOSTA, T.H.A; SILVEIRA, G.C. SCHIAVINI, I. SOFIA, SH; AUGUSTO, SC. (2017) Using short-term surveys and mark–recapture to estimate diversity and population size of orchid bees in forest formations of the Brazilian savanna. *Journal of Natural History*. **51** (7-8), 391–403
<https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1274441>
- TOSTA, T.H.A. (2014) Abelhas Euglossini no bioma Cerrado: diversidade, estimativa populacional e estrutura genética. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84 p
- VLASANEK, P., SAM, L., NOVOTNY, V. (2013) Dispersal of butterflies in a New Guinea rainforest: using mark-recapture methods in a large, homogeneous habitat. *Ecological Entomology*. **38**, 560–569
<https://doi.org/10.1111/een.12051>
- WEINER, C.N., WERNER, M., LINSENMAIR, K.E., BLÜTHGEN, N. (2014) Land-use impacts on plant–pollinator networks: interaction strength and specialization predict pollinator declines. *Ecology*. **95** (2), 466–474
<https://doi.org/10.1890/13-0436.1>
- WIKELSKI, M., MOXLEY, J., EATON-MORDAS, A., LÓPEZ-URIIBE, M.M., HOLLAND, R., MOSKOWITZ, D., ROUBIK, D.W., KAYS, R. (2010) Large-range movements of Neotropical orchid bees observed via radio telemetry. *Plos One*. **5**, 1–6
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010738>
- YAMAMOTO M, JUNQUEIRA CN, BARBOSA AAA, AUGUSTO SC, OLIVEIRA PE. (2014) Estimating crop pollinator population using mark–recapture method. *Apidologie*. **45**, 205–214
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0238-1>
- ZAR, J. H. (2010) Bioestatistical Analysis. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 944 p

ZAYED, A. (2009) Bees genetics and conservation. *Apidologie*. **40**, 237–262
<https://doi.org/10.1051/apido/2009026>

CAPÍTULO 3

A ASSOCIAÇÃO COR E ODOR TEM EFEITO NA ATRAÇÃO DOS MACHOS DE EUGLOSSINI?

RESUMO

Machos de Euglossini, além de coletar néctar, forrageiam por fragrâncias aromáticas em diversas fontes florais, materiais em decomposição, cogumelos, cadáveres de outros machos e fezes. Geralmente, machos mais novos são mais ativos na busca por essas fragrâncias, as quais são armazenadas na tíbia posterior e, posteriormente usadas, na atração de fêmeas. Assim, podem ser atraídos por iscas contendo diferentes compostos isolados sinteticamente. Considerando que as cores das iscas utilizadas no ambiente natural podem ter efeito na localização desses recursos, o objetivo geral desse estudo foi avaliar se diferentes combinações de fragrâncias/cores influenciam na atração de machos de Euglossini. Também foi avaliado se o ambiente e a idade relativa dos machos teriam efeito na escolha dessas combinações. O estudo foi realizado em quatro remanescentes de florestas estacionais semideciduais inseridos no Cerrado. Nesses remanescentes, foram utilizadas iscas associando-se três essências (eucaliptol, salicilato de metila e vanilina) e flores artificiais de cinco cores (preta, vermelha, amarela, branca e verde), em um total de 15 combinações possíveis. Os machos foram coletados com rede entomológica, acondicionados em caixa térmica contendo gelo, identificados, avaliados quanto ao desgaste alar e posteriormente soltos. Dois conjuntos de dados foram gerados, um com todas as espécies de Euglossini coletadas e outro apenas com *Eulaema nigrita*, espécie comum a todos os remanescentes. Os dados foram analisados utilizando a simulação por modelos por meio de testes GLMM com distribuição binomial ou Poisson e suas diferenças avaliadas através do teste Anova ou Qui-quadrado. Foram

amostrados 262 indivíduos que exibiram preferência por um tipo de isca (eucaliptol) e uma cor (vermelho), mas não houve interação entre esses dois fatores. Houve efeito do ambiente sobre a escolha da fragrância, mas não da cor. Não houve associação significativa entre desgaste alar, fragrância e/ou cor da isca escolhida. *Eulaema nigrita* manteve o mesmo padrão apresentado pelas espécies da tribo, exceto pela ausência do efeito da cor na escolha da isca. Para seleção do recurso floral, os Euglossini parecem utilizar o odor como fonte primária de orientação e a cor como fonte secundária. Além da flora do remanescente, parece haver um fator intrínseco que, juntos, determinam a escolha da fonte de recurso.

Palavras-chave: Abelhas das orquídeas; orientação; espectro visível; flores artificiais; seleção de recurso.

ABSTRACT

Euglossine males, besides to feeding on nectar, forage for aromatic fragrances in several floral sources, decomposing materials, mushrooms, other dead males and feces. Younger males are generally more active to collect these fragrances, which are stored in the posterior tibia and later used to attract females. Thus, they can be attracted by baits containing different compounds isolated synthetically. Considering that the colors of the baits may have an effect on the collect of these resources, the aim of this study was to evaluate if different combinations of fragrances/colors may have an effect on the attraction of euglossine males. It was also assessed whether the environment and the relative age of males would have an effect on the choice of these combinations. The study was carried out in four remnants of semideciduous seasonal forests of the Brazilian savanna. In these remnants, baits were made by associating three essences (eucaliptol, methyl salicylate and vanillin) and artificial flowers of five colors (black, red, yellow, white and green), in a total of 15 possible combinations.

The males were collected using entomological net, kept in a thermal box containing ice, identified, assessed for wing wear and subsequently released. Two sets of data were generated, one with all species of Euglossine bees collected and another only with *Eulaema nigrita*, a species common to all remnants. The data were analyzed using the GLMM tests with binomial or Poisson distribution and their differences evaluated using the Anova or Chi-square test. We sampled 262 individuals who exhibited preference for one type of bait (eucalyptol) and one color (red), but there was no interaction between these two factors. The environment had effect on the choice of the fragrance, but not the color. There was no significant association between the wing wear, fragrance and/or the color of the bait chosen. *Eulaema nigrita* maintained the same pattern presented by the species of the tribe, except for the effect of color in the choice of bait. Euglossini seems to use odor as source of primary orientation and color as secondary factor for selection of floral feature. Besides, the remnant flora, there seems to be an intrinsic factor that, together, determine the source of floral feature.

Keywords: Orchid bees; orientation; visible spectrum; artificial flowers; resource selection.

INTRODUÇÃO

Abelhas forrageiam em busca de néctar (carboidratos) e pólen (proteínas), sendo essas substâncias fontes de energia para suas atividades metabólicas diárias e alimento larval para desenvolvimento da prole (CHITTKA, 1996). As abelhas Euglossini, além de forragear por esses nutrientes, possuem uma peculiaridade; os machos dessa tribo forrageiam por fragrâncias aromáticas (DRESSLER, 1982). Tais compostos podem ter diversas origens, como fontes florais, materiais em decomposição, cogumelos, cadáveres de outros machos e fezes (DRESSLER, 1982; CAPELLARI & HARTER-MARQUES, 2010). Uma das principais fontes florais utilizadas são espécies da família Orchidaceae, tornando esses insetos popularmente conhecidas como abelhas das orquídeas. As fragrâncias coletadas são utilizadas pelos machos no processo de reprodução e incluem a demarcação territorial e comportamentos de corte (CAMERON, 2004; ELTZ et al, 2005). A seleção sexual pela fêmea ocorre com base nos compostos coletados e armazenados pelo macho (buquê), uma vez que de forma indireta, indicam sua capacidade de sobrevivência (ELTZ et al, 2015). A complexidade da composição do buquê e o tempo dedicado à coleta das fragrâncias aromáticas podem estar relacionados ao histórico de coletas do indivíduo, uma vez que, as fragrâncias coletadas são armazenadas de forma eficiente nas tibias posteriores (ELTZ et al, 1999; ELTZ et al, 2005).

Uma das estratégias utilizadas para inferir o tempo que determinado indivíduo já dedicou às atividades de voo é o desgaste alar (MUELLER & WOLF-MUELLER, 1993). Rebêlo e Garofalo (1991) utilizaram quatro categorias para inferir indiretamente essa característica, sendo que quanto maior o desgaste alar, maior a atividade de voo. A coleta das fragrâncias e acúmulo das mesmas estabiliza com o avanço da idade/atividade de voo (ELTZ et al, 1999). Além disso, o desgaste alar é positivamente correlacionado com a quantidade e

complexidade de perfumes em espécies de *Euglossini* (ELTZ et al, 2015). Essas características são bons indicadores da capacidade de sobrevivência do macho, evidenciando suas qualidades fenotípicas e genéticas (ELTZ et al, 1999; ELTZ et al, 2015). Machos com pouco ou nenhum desgaste alar possuem uma frequência maior de visita às iscas aromáticas que indivíduos que possuem maior desgaste (ZIMMERMAN, 1988).

A seleção das fontes de recurso por abelhas é feita baseado principalmente em dois sentidos, visão e olfato (CHITTKA, 1996). Os comprimentos de onda que pertencem ao espectro visível das abelhas correspondem à faixa de intervalo que vai de 325 a 560 nm (CHITTKA, 1996). Dentro dessa faixa temos cores como o azul, verde e ultravioleta (UV). A longa distância, o estímulo exercido pelo aroma das flores tem papel fundamental para atração de indivíduos (BRITO et al, 2015), e determinante na atração de *Euglossini*, uma vez que existe a relação de coleta de compostos aromáticos pelos machos (DRESSLER, 1982).

As cores das flores e os aromas exalados estão estritamente ligados às espécies vegetais disponíveis no ambiente. Assim, remanescentes que possuem uma composição florística peculiar, consequentemente possuem um conjunto de cores e aromas diferentes disponíveis à fauna de abelhas residente na área (BRAGA et al, 2015; MACANEIRO et al, 2016; GONZAGA et al, 2017).

A partir da década de 1950, o bioma Cerrado passou a sofrer com intensa atividade agropecuária, aumento das cidades e densidade demográfica. As fitofisionomias do Cerrado sofreram com uma taxa de desmatamento 2,5 vezes maior que a Floresta Amazônica entre os anos de 2002 e 2011 (STRASSBURG et al, 2017). Projeções indicam que até o ano de 2050, aproximadamente, 480 espécies vegetais endêmicas desse bioma serão extintas (STRASSBURG et al, 2017). Dentre as diferentes fitofisionomias que possui, os remanescentes florestais do Cerrado correspondem à aproximadamente 32% das áreas naturais restantes (SANO et al, 2009).

Os remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual presentes no Triângulo Mineiro, apesar de apresentar a mesma fitofisionomia, possuem uma diferença na composição e riqueza da flora, o que faz com que a preservação de cada um deles contribua para a preservação de um grande número de espécies vegetais (LOPES et al, 2012). A similaridade entre cada um deles é determinada principalmente pelo estágio sucessional e não pelo tipo fitofisionômico (LOPES et al, 2012).

No presente estudo testamos o efeito da combinação entre fragrâncias aromáticas e cores na atração de machos de Euglossini em diferentes remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Cerrado. Especificamente foram testadas: (i) a influência da fragrância, da cor e a interação entre esses fatores na atratividade de machos; (ii) o efeito do ambiente na escolha da cor e da fragrância aromática pelos machos; e (iii) a diferença na frequência de visitas e na escolha da combinação cor/fragrância de acordo com o desgaste alar dos indivíduos.

Acreditamos que existirá diferença na atratividade de cada fragrância, na atratividade da cor e interação entre esses dois fatores e, consequentemente, um efeito do ambiente nas escolhas feitas pelos machos. Haverá também influência do desgaste alar na frequência de visitas dos machos às iscas, tendo a prevalência de indivíduos com pouca atividade de voo, e na escolha da combinação cor/fragrância.

MATERIAIS E MÉTODOS

Áreas de estudo

O trabalho foi realizado em quatro remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (FES) inseridos no bioma Cerrado do Triângulo Mineiro (Figura 1). Duas das áreas de levantamento pertencem à Universidade Federal de Uberlândia, uma reserva ecológica, a

Estação Ecológica do Panga (ESP), e uma área de preservação da fazenda experimental, a Fazenda Experimental do Glória (GEF). As outras duas áreas pertencem a propriedades privadas, a Fazenda Marimbondo (MF) e Fazenda São José (SJF).

A ESP possui área total de 409,5 hectares contando com várias fitofisionomias características do bioma Cerrado (CARDOSO & SCHIAVINI, 2002). O ponto amostral se localizou em um remanescente de FES com 16 hectares, inserido nessa paisagem. A GEF está localizada dentro do perímetro urbano e seu remanescente de FES margeia uma mata de galeria, totalizando 30 hectares de tamanho (LOPES et al, 2011).

As duas propriedades privadas estão localizadas no município de Uberlândia, distante aproximadamente 8 e 10 km do centro da cidade, respectivamente. A MF possui dois fragmentos, um formado por FES (17 hectares) e outro por mata de galeria (32 hectares), separados por 100 metros de pastagem. A SJF possui um remanescente de FES com tamanho de 20 hectares que margeia um pequeno corpo d'água. Os remanescentes dessas fazendas apresentam sinais evidentes de degradação, como corte seletivo de árvores, queimadas, presença de rastros de gado e plantios de eucalipto no entorno.

De acordo com a classificação de Koppen, a região possui um clima tropical de savana (Aw), com inverno seco e verão chuvoso (KOTTEK et al, 2006). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C e a pluviosidade média fica entre 1200 e 1800 mm por ano.

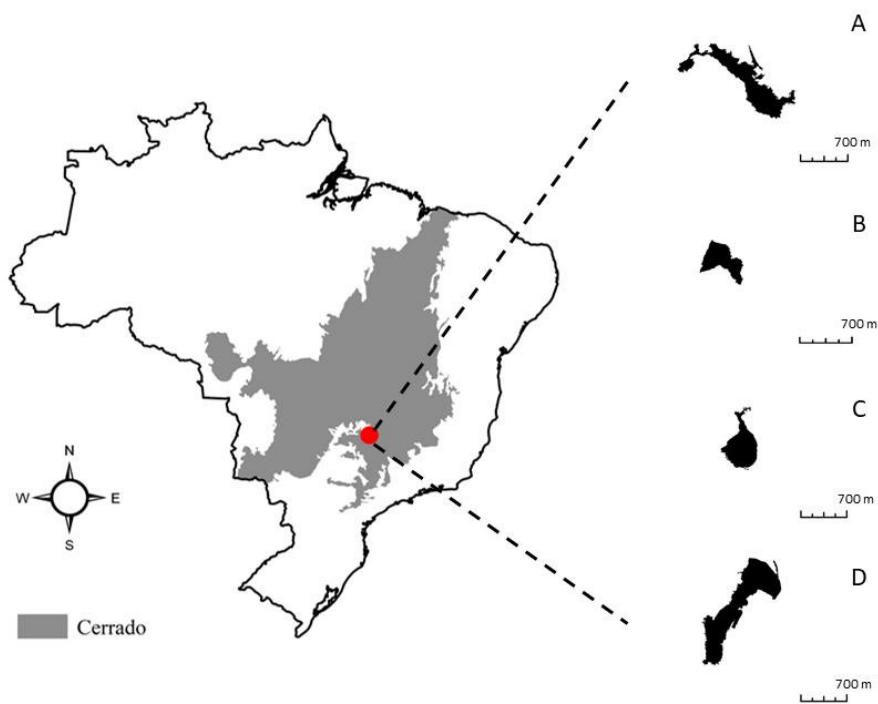


FIGURA 1 – Localização das áreas para amostragem de machos de *Euglossini* utilizando flores artificiais confeccionadas com EVA em diferentes cores. (A) Estação Ecológica do Panga; (B) Fazenda Experimental do Glória; (C) Fazenda Marimbondo; (D) Fazenda São José.

Atração dos machos

As coletas dos machos de *Euglossini* nos pontos amostrais foram realizadas com um esforço amostral de quatro horas ininterruptas, durante a estação úmida, entre fevereiro e março de 2016. Um ponto de amostragem foi definido em cada remanescente a partir de, pelo menos, 50 metros da borda.

Para este levantamento foram utilizadas três essências: eucaliptol, salicilato de metila e vanilina, sendo essas as mais atrativas em trabalhos realizados nos remanescentes estudados (TOSTA et al, 2017). Para atração dos machos, flores artificiais que se aproximam da forma apresentada por orquídeas foram confeccionadas a partir de emborrachados de Etileno Acetato de Vinila (EVA) de diferentes cores (preto, vermelho, amarelo, verde e branco). As flores artificiais apresentavam uma medida de, aproximadamente, 7,0 x 5,5 cm (Figura 2A). No centro da estrutura dessas flores artificiais foram fixados chumaços de papel absorvente

(um para cada isca) umedecidos com os respectivos compostos (Figura 2B). Essas iscas foram amarradas com barbante em um ramo da vegetação aproximadamente 1,5 metros de altura e a dois metros de distância umas das outras (Figura 3).

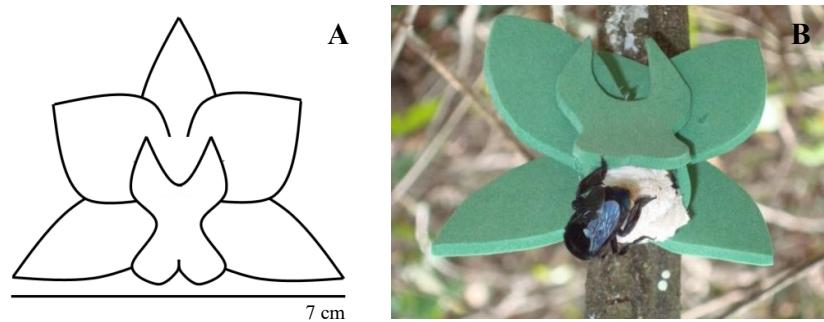


FIGURA 2 – (A) Modelo das flores confeccionadas em EVA; (B) Posição do papel toalha embebido com o respectivo composto aromático.

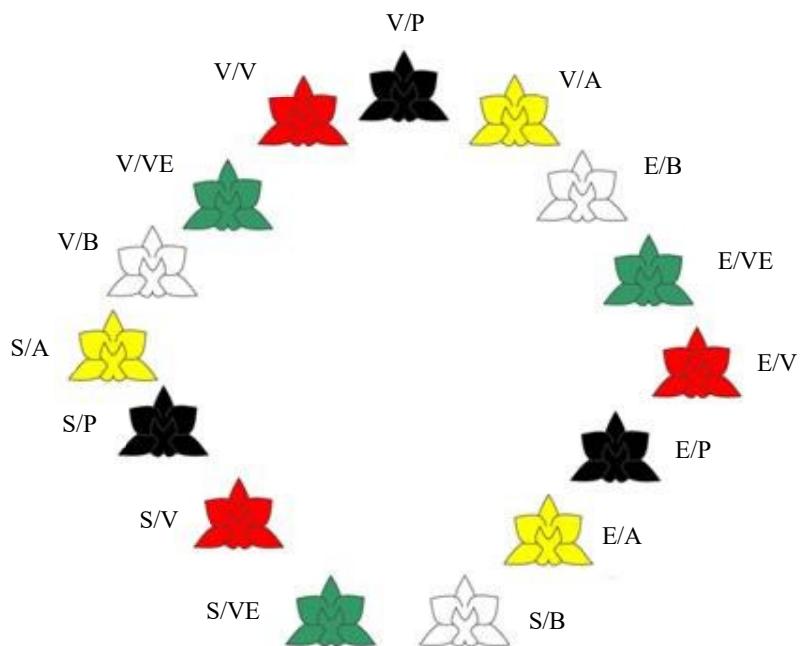


FIGURA 3 – Distribuição das combinações de flores artificiais, contendo cada uma uma isca aromática diferente. S = Salicilato de metila, V = Vanilina, E = Eucaliptol, VE = Verde, V = Vermelho, P = Preto, A = Amarelo, B = Branco.

Para avaliação das curvas de reflectância das flores artificiais foi utilizado um espectrofotômetro (JAZ OceanOptics, Inc.) (Figura 4). As flores apresentaram picos de reflectância correspondente a cada uma das cores avaliadas.

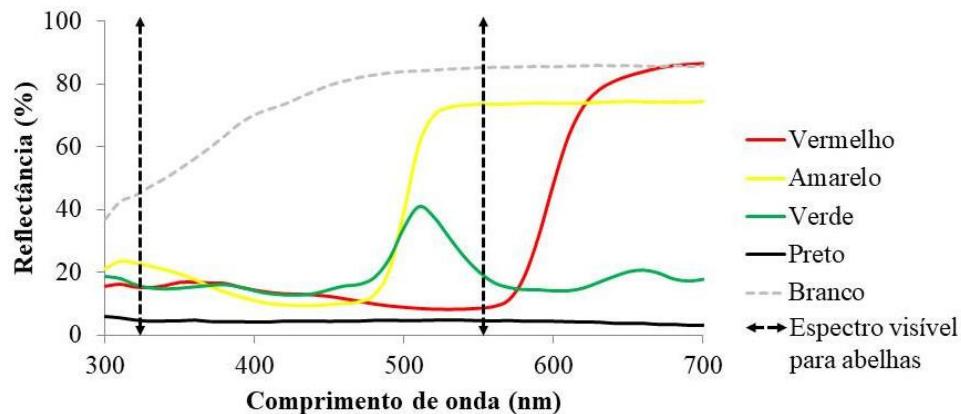


FIGURA 4 – Curvas de reflectância correspondente a cada uma das cores das flores artificiais utilizadas para amostragem de machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.

Os indivíduos foram capturados com auxílio de rede entomológica, acondicionados em potes identificados de acordo com o tipo de isca e cor da flor artificial, e mantidos em uma caixa térmica contendo gelo. A partir dessa etapa o indivíduo capturado passava pela avaliação do desgaste alar, o que permite inferir sua idade e, consequentemente, o nível de experiência. As categorias utilizadas no presente estudo foram definidas por Rêbelo e Garofalo (1991) (Figura 5). Ao final do procedimento, o indivíduo era liberado, uma vez que machos capturados e soltos dificilmente retornam para uma nova visita no mesmo dia ou no dia posterior (TOSTA et al, 2017).

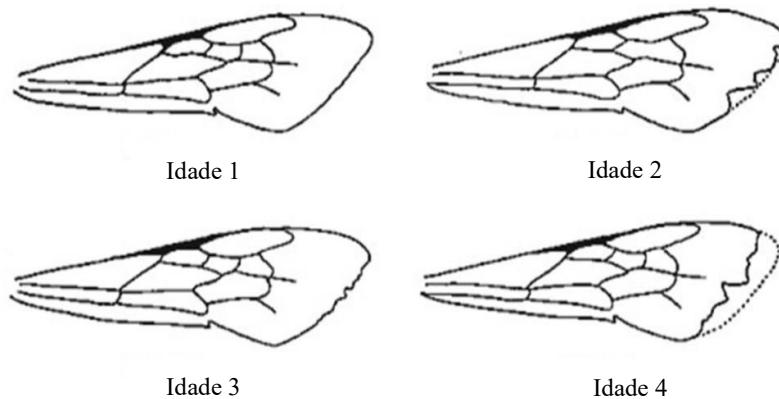


FIGURA 5 – Desgaste alar dos machos de Euglossini com a classificação da idade de acordo com o Rebêlo e Garófalo (1991).

Análise dos dados

As análises realizadas foram feitas a partir de dois bancos de dados. O primeiro utilizando todas as espécies de abelhas Euglossini coletadas e o segundo, mais específico, utilizando apenas os dados relativos à *Eulaema nigrita*, espécie de ocorrência comum a todos os remanescentes amostrados e com números de registros consideráveis.

Para avaliar a diferença na atratividade da isca e das diferentes cores utilizadas, realizamos um modelo através do teste GLMM (Generalized Linear Mixed-Effects Model) utilizando uma distribuição binomial (BOLKER et al, 2009) e, posteriormente, uma ANOVA para os modelos simulados. Para os resultados significativos foi utilizado o teste *a posteriori* de Tukey.

Para avaliar a diferença no padrão de escolha das cores e das iscas entre abelhas “naive” e experientes também utilizamos a simulação de modelos através do teste GLMM (Generalized Linear Mixed-Effects Model) utilizando uma distribuição de Poisson (BOLKER et al, 2009) e, posteriormente, o teste de Qui-quadrado. Para os resultados significativos foi utilizado o teste *a posteriori* de Tukey. Consideramos aqui “naive” aquelas abelhas que

apresentaram um desgaste alar correspondente à idade 1 e experiente aquelas com desgaste alar correspondente às idades 2, 3, e 4 (REBELO & GARÓFALO, 1991).

Considerando as diferenças quanto à composição florística dos remanescentes estudados (LOPES et al, 2012), avaliamos a atratividade das cores e dos odores, realizando também a simulação de modelos através do teste GLMM utilizando uma distribuição de Poisson (BOLKER et al, 2009). Posteriormente, o teste de Qui-quadrado foi realizado e para os resultados significativos foi utilizado o teste *a posteriori* de Tukey.

As análises foram realizadas no programa RStudio versão 3.2.3 e através dos pacotes lme4, lmerTest e Matrix. Foram considerados significantes valores de p menores que 0,05.

RESULTADOS

Foram amostrados 262 machos pertencentes a oito espécies (Tabela 1). *Eulaema nigrata* foi a espécie mais abundante (47,7%), seguida por *Euglossa imperialis* (21,8%) e *Euglossa cordata* (17,2%).

Considerando-se todas as espécies amostradas, houve diferença significativa na atração dos machos pelos diferentes compostos ofertados ($F = 44,032$; d.f. = 2; $p < 0,001$) (Figura 6a) e na atração exercida pelas cores das flores artificiais ($F = 11,732$; d.f. = 4; $p = 0,019$) (Figura 6b), mas não houve interação entre os fatores ($F = 4,775$; d.f. = 8; $p = 0,781$) (Figura 7).

TABELA 1 – Total de machos de Euglossini em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; FM: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).

Espécies	ESP	GEF	MF	SJF	TOTAL
<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i> Linnaeus, 1758	0	19	20	6	45
<i>Euglossa (Glossura) imperialis</i> Cockerell, 1922	21	12	0	24	57
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967	0	1	5	11	17
<i>Euglossa (Euglossa) pleosticta</i> Dressler, 1982	0	1	1	11	13
<i>Euglossa (Euglossa) truncata</i> Rebêlo and Moure, 1996	0	0	0	2	2
<i>Euglossa (Euglossella) viridis</i> Perty, 1833	0	0	0	1	1
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> Fabricius, 1804	0	0	1	1	2
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	38	20	38	29	125
TOTAL	59	53	65	85	262

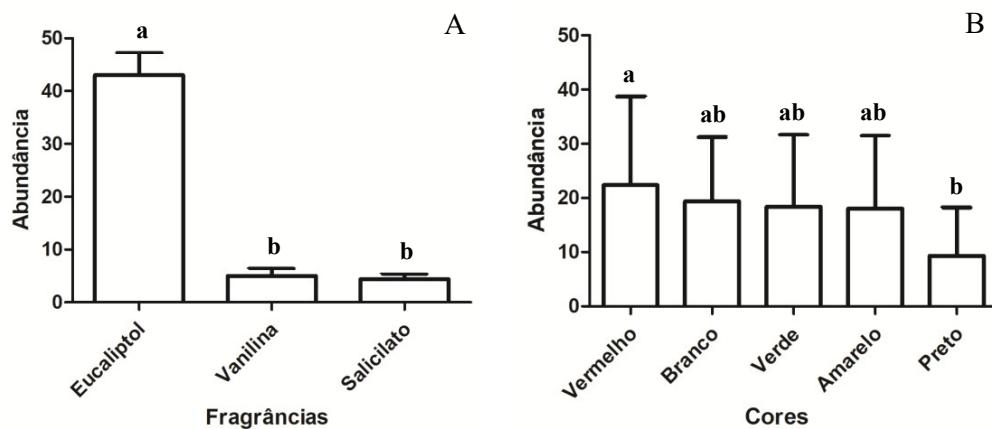


FIGURA 6 – Atratividade de três essências (A) e das cinco cores das flores artificiais (B) em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.

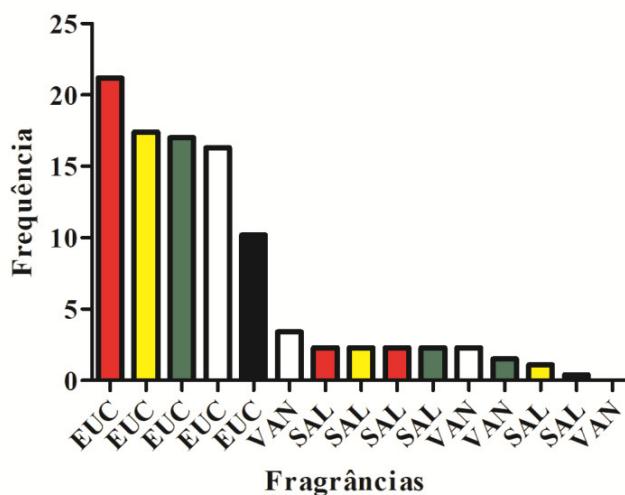


FIGURA 7 – Escolha da combinação entre cor e isca pelos machos de *Euglossini* amostrados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado. As cores das colunas correspondem às cores das flores artificiais (EUC: Eucaliptol; SAL: Salicilato de Metila; VAN: Vanilina).

Quanto ao efeito do ambiente (diferenças quanto à florística dos remanescentes), não houve influência significativa do remanescente na escolha da cor promovida pela abelha ($\chi^2 = 19,762$; d.f. = 12; p = 0,072) (Figura 8). Entretanto, quando analisamos cada um dos remanescentes separadamente, percebemos uma diferença significativa quanto à escolha da fragrância ofertada ($\chi^2 = 17,566$; d.f. = 6; p = 0,007) (Figura 9).

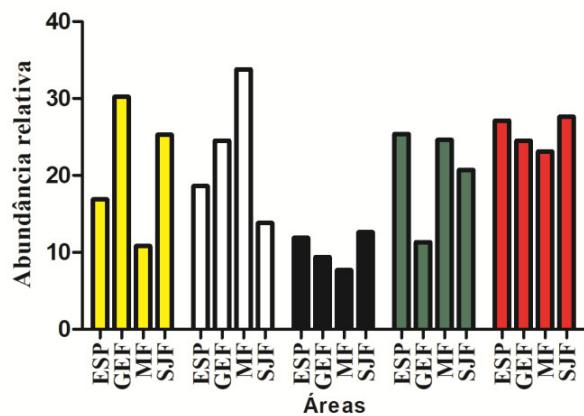


FIGURA 8 – Abundância relativa (%) de machos de *Euglossini* em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado, de acordo com a escolha da flor artificial utilizada (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).

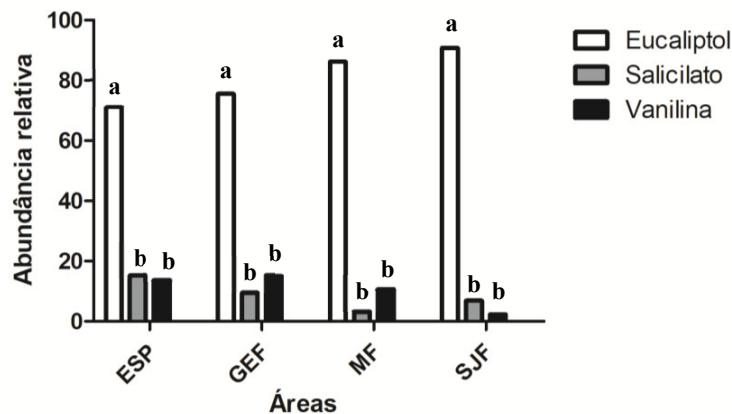


FIGURA 9 – Escolha das fragrâncias aromáticas por machos de *Euglossini* em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).

Os machos *naive* foram mais atraídos pelas iscas que os machos experientes ($\chi^2 = 130,42$; $df = 1$; $p = 0,001$) (Figura 10). Por outro lado, a experiência da abelha não teve influência na escolha das cores disponibilizadas ($\chi^2 = 18,900$; $d.f. = 12$; $p = 0,091$) (Figura 11) e na seleção das iscas ($\chi^2 = 1,30$; $df = 2$; $p = 0,522$).

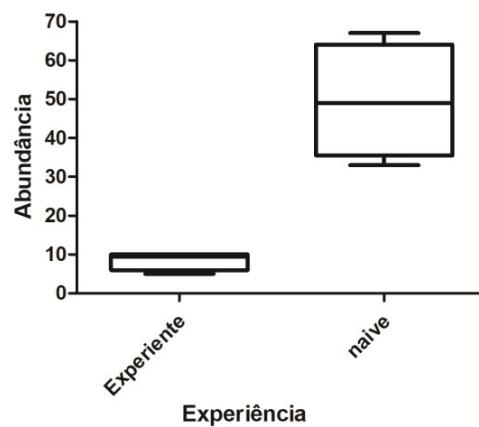


FIGURA 10 – Abundância de machos de *Euglossini* experientes e “*naïve*” coletados em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.

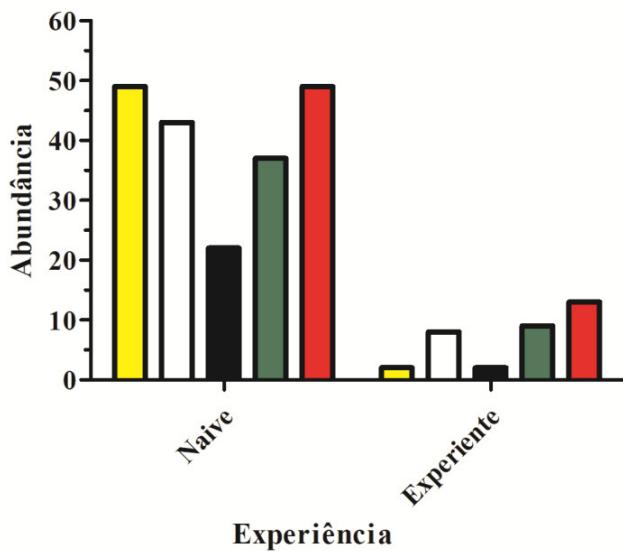


FIGURA 11 - Escolha de cores por machos de *Euglossini naive* e experientes, em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado. As cores das colunas correspondem às cores das flores artificiais.

Em relação à *Eulaema nigrita*, também houve diferença significativa na atração dos diferentes compostos ofertados ($F = 8,191$; d.f. = 2; $p = 0,017$) (Figura 12), mas não na atração exercida pelas cores das flores artificiais ($F = 9,022$; d.f. = 4; $p = 0,061$). Não houve interação entre os fatores ($F = 5,189$; d.f. = 8; $p = 0,737$).

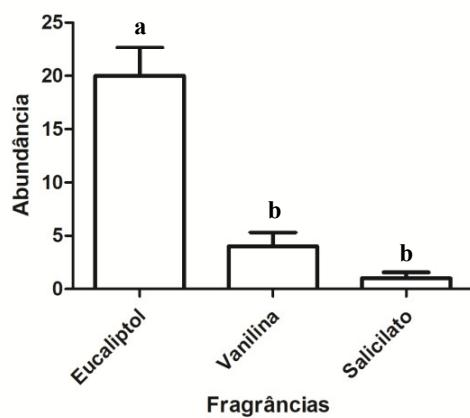


FIGURA 12 – Atratividade das iscas para machos de *Eulaema nigrita* utilizadas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado.

Quando a experiência dos machos de *Eulaema nigrita* é levada em consideração na seleção das cores, também não foi observada diferenças significativa entre os machos considerados *naive* e experientes ($\chi^2 = 12,591$; d.f. = 12; p = 0,399).

Não houve influência significativa do remanescente na escolha da cor ($\chi^2 = 7,563$; d.f. = 12; p = 0,818). Por outro lado, quando analisamos a influência de cada um dos remanescentes na escolha da fragrância, houve uma diferença significativa ($\chi^2 = 19,080$; d.f. = 6; p = 0,004) (Figura 13).

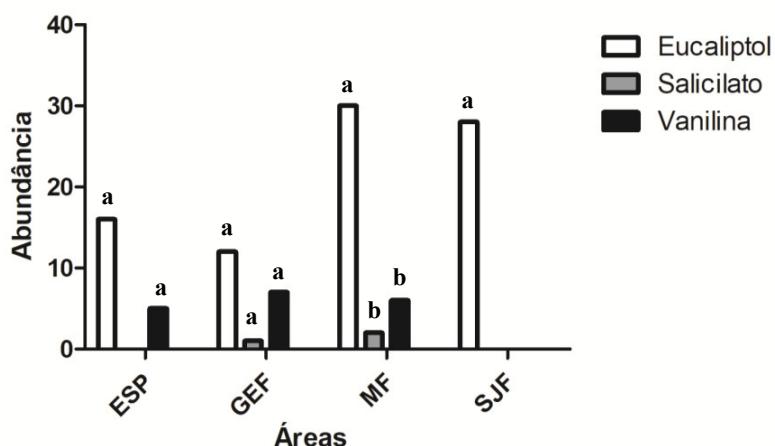


FIGURA 13 – Abundância de machos de *Eulaema nigrita* nas fragrâncias aromáticas em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual inseridos no Cerrado (ESP: Estação Ecológica do Panga; GEF: Fazenda Experimental do Glória; MF: Fazenda Marimbondo; SJF: Fazenda São José).

DISCUSSÃO

No presente estudo, tanto a fragrância quanto a cor tiveram efeito na atração dos machos, mas não houve interação significativa entre esses dois fatores. Apesar de apresentar o mesmo padrão de escolha, o ambiente teve efeito significativo na atração dos machos pela

fragrância. Também se verificou que machos “*naive*” foram os mais frequentes nas iscas e não houve diferença na escolha pela cor/fragrância quando comparados com machos “experientes”.

Trabalhos envolvendo a avaliação da atração de abelhas Euglossini utilizando dois fatores diferentes, odores e cores, são escassos. Pereira et al (2011) avaliaram a atração de polinizadores por duas espécies de Melastomataceae utilizando como sinais cores e odores exalados. Outros estudos recentes têm abordado temas relacionados a capacidade cognitiva de abelhas sociais envolvendo cores, como a relação entre a memorização da localização de fontes florais e o tempo por *Apis mellifera* (AMAYA-MÁRQUEZ et al, 2014), a interação entre discriminação de cores e sua detecção por abelhas para entender a comunidade floral de determinado local (BUKOVAC et al, 2017), a preferência de cores numa paisagem complexa (RIVEST et al, 2017) e como o aprendizado pelos polinizadores das características florais visualmente atrativas podem influenciar na evolução da coloração floral (RUSSELL et al, 2017).

Embora tanto a fragrância quanto a cor tenham tido efeito na atração dos machos, não houve uma combinação entre cor e fragrância mais atrativa. Os machos de Euglossini utilizam a percepção do aroma como fonte de orientação a grande distância (BRITO et al, 2015). Assim, espera-se que ao chegar ao sítio de coleta, a cor poderia influenciar na escolha, como um fator secundário.

Apesar do composto eucaliptol ter sido o mais atrativo para a grande maioria dos indivíduos, o ambiente teve efeito significativo na atração dos machos por essa fragrância. Eucaliptol é um composto presente na mistura de essências exalada por 60% das espécies de orquídeas (DODSON et al, 1969). Trata-se de um terpeno com dispersão favorecida pelo ambiente onde ocorre (KAMPRANIS et al, 2007), sendo o composto mais atrativo para a

maioria das espécies de Euglossini (PIRES et al, 2013; CORDEIRO et al, 2013; GIANGARELLI et al, 2015).

Uma das explicações para as diferenças quanto ao uso de eucaliptol nos diferentes ambientes poderia ser a especificidade que algumas espécies de Euglossini possuem quanto à escolha da fragrância, sendo mais atraídas por determinado composto quando comparado a outros (ELTZ et al, 2005). Assim, diferenças na composição e abundância de espécies teriam influência no uso dos compostos disponibilizados. Machos de *Euglossa imperialis*, por exemplo, embora apresentem alta frequência de visitas em iscas de eucaliptol, também visitam frequentemente o salicilato de metila (MOORE, 2009). A ESP e a SJF foram as áreas que apresentaram maior abundância relativa de *Euglossa imperialis*, bem como um maior número de registros para a isca salicilato de metila, quando comparadas com outras áreas. Portanto, as fragrâncias aromáticas podem ter efeito diferentes na atração de machos, de acordo com a espécie, tratando-se de um comportamento de coleta espécie-específico (ZIMMERMANN et al, 2006).

Contudo, quando a análise foi realizada apenas com uma espécie, *Eulaema nigrita*, percebemos de fato, um efeito do ambiente na escolha. Sabe-se que *Eulaema nigrita* é uma espécie com alta preferência por eucaliptol e vanilina (SILVA & MARCO Jr, 2014; MATEUS et al, 2015; OLIVEIRA-JUNIOR et al, 2015), como também foi observado neste estudo. Entretanto, em duas das áreas amostradas (GEF e MF), alguns indivíduos foram também capturados na isca salicilato de metila. Esse resultado poderia estar relacionado à composição de espécies vegetais ou outras fontes de fragrâncias disponíveis nesses ambientes, diferente dos outros, onde somente foram coletados indivíduos no eucaliptol e vanilina. Apesar de todas serem áreas de florestas estacionais semideciduais existe uma grande variação quanto à composição florística e estágio sucessional dos remanescentes estudados (LOPES et al, 2012).

Além das iscas como atrativo para captura das abelhas, as cores utilizadas para confecção das flores artificiais exercearam um papel significativo em sua atração. A cor mais atrativa foi o vermelho, depois o grupo formado por branco, verde e amarelo, e por fim o menos atrativo, preto. O vermelho não é uma cor que possui comprimento de onda perceptível ao espectro visível das abelhas (CHITTKA, 1996), entretanto o material utilizado (EVA) para a produção das flores artificiais tenha apresentado reflectância no ultravioleta (≤ 380 nm). Essa porcentagem de reflectância foi a responsável pela atração dos machos de Euglossini às flores vermelhas (LUNAU et al, 2011). Lunau et al. (2011) realizou experimentos para avaliação da partição de nicho entre beija-flores e abelhas Euglossini entre flores artificiais vermelhas e brancas. Essas flores tinham diferentes graus de reflectância quanto ao UV. Os resultados do presente estudo corroboram os desses autores, sendo as conclusões as mesmas, isto é, de que as abelhas têm preferência por flores vermelhas que apresentem UV e por flores brancas que não refletem esse comprimento de onda.

A seleção da flor artificial parece ser motivada por outros fatores, que não o aprendizado com a flora disponível em cada um dos remanescentes (LUNAU & MAIER, 1995). Esses fatores podem incluir o contraste que cada uma das flores artificiais apresentou quando a composição de fundo é levada em consideração ou a quantidade de raios UV refletido pelo material utilizado para confecção (LUNAU et al, 2011; BRITO et al, 2015).

Machos *naive* foram os mais frequentes nas iscas e não diferenciaram de machos “experientes” quanto à escolha do aroma e da cor da flor artificial nos diferentes remanescentes. Sabe-se que machos mais novos têm como prioridade acumular seus buquês, tornando-os atrativos com as combinações certas de aroma para que consigam protagonizar a maior quantidade de eventos reprodutivos possíveis (ELTZ et al, 1999; ELTZ et al, 2008). Contudo, indivíduos “experientes” não interrompem por completo a coleta de fragrâncias aromáticas (ELTZ et al, 1999), mas diminuem sua frequência de visitas às fontes desse

recurso e consequente o tempo dedicado às coletas, apresentando uma frequência de visitas maior em fontes nectaríferas (ZIMMERMAN, 1988).

Assim, a baixa frequência de machos com já avançado desgaste de voo nas iscas verificada em todos os remanescentes, pode ser justificado sob três aspectos: (i) o buquê formado para coleta já está finalizado e coletas posteriores são para suprir as quantidades de voláteis; (ii) o desgaste alar favorece a morte do indivíduo em um ambiente hostil (CARTAR, 1992); ou (iii) com o avanço na idade dos machos, as atividades reprodutivas diminuem.

Indivíduos experientes coletaram, proporcionalmente, a mesma fragrância (eucaliptol) que indivíduos jovens. A coleta feita por machos *naive* e experientes é um reflexo dos aromas florais disponíveis naturalmente em cada um dos remanescentes (ELTZ et al, 2005). A utilização da mistura que constitui o buquê é por toda a vida do macho (ELTZ et al, 1999), onde o indivíduo constitui territórios para acasalamento (CAMERON, 2004).

O sistema cognitivo de abelhas é complexo e de difícil dissociação dentre os diversos fatores utilizados por elas para orientação em uma paisagem complexa. Os resultados apresentados aqui contribuem para melhor compreensão das possíveis estratégias utilizadas por machos de Euglossini para seleção de uma fonte de recurso aromático, primeiro a seleção da fragrância e depois a seleção da fonte baseada na sua coloração. Além da flora do remanescente, a escolha feita pelos machos de Euglossini parece ser influenciada pela relação intrínseca que cada espécie mantém com suas fontes aromáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAYA-MÁRQUEZ, M., HILL, P.S.M., ABRAMSON, C.I., WELLS, H. (2014) Honey Bee Location and Time Linked Memory Use in Novel Foraging Situations: Floral Color Dependency. *Insects*. **5** (1), 243–269
<https://doi.org/10.3390/insects5010243>
- BOLKER, B.M., BROOKS, M.E., CLARK, C.J., GEANGE, S.W., POULSEN, J.R., STEVENS, M.H.H., WHITE, J.S. (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*. **24** (3), 127–135
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- BRAGA, A.J.T., BORGES, E.E.L., MARTINS, S.V. (2015) Influência dos fatores edáficos na variação florística de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. *Revista Árvore*. **39** (4), 623–633
<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000400004>
- BRITO, V., TELLES, F., LUNAU, K. (2015) Ecologia cognitiva da polinização. In: Rech, A.R., Agostini, K., Oliveira, P.E., Machado, I.C. Biologia da polinização. Rio de Janeiro. 1^a edição. 532 p
- BUKOVAC, Z., DORIN, A., FINKE, V., SHRESTHA, M., GARCIA, J., AVARGUES-WEBER, A., BURD, M., SCHRAMME, J., DYER, A. (2017) Assessing the ecological significance of bee visual detection and colour discrimination on the evolution of flower colours. *Evolutionary Ecology*. **31** (2), 153–172
<https://doi.org/10.1007/s10682-016-9843-6>
- CARDOSO, E., SCHIAVINI, I. (2002) Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). *Revista Brasileira de Botânica*. **25**, (3), 277–289
- CAMERON, S.A. (2004) Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology*. **49**, 377–404
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.072103.115855>
- CAPPELLARI, S.C., HARTER-MARQUES, B. (2010) First Report of Scent Collection by Male Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Terrestrial Mushrooms. *Journal of the Kansas Entomological Society*. **83** (3), 264–266
<https://doi.org/10.2317/JKES0911.16.1>
- CARRIÉ, R., ANDRIEU, E., CUNNINGHAM, S.A., LENTINI, P.E., LOREAU, M., OUIN, A. (2017) Relationships among ecological traits of wild bee communities along gradients of habitat amount and fragmentation. *Ecography*. **40** (1), 85–97
<https://doi.org/10.1111/ecog.02632>

- CARTAR, R.V. (1992) Morphological senescence and longevity: an experiment relating wing wear and life span in foraging wild bumble bees. *Journal of Animal Ecology*. **61**, 225–231
<https://doi.org/10.2307/5525>
- CHITTKA, L. (1996) Does Bee Color Vision Predate the Evolution of Flower Color? *Naturwissenschaften*. **83**, 136–138
<https://doi.org/10.1007/BF01142181>
- CORDEIRO, G.D., BOFF, S., CAETANO, T.A., FERNANDES, P.C., ALVES-DOS-SANTOS, I. (2013) Euglossine bees (Apidae) in Atlantic forest areas of São Paulo State, southeastern Brazil. *Apidologie*. **44**, 254–267
<https://doi.org/10.1007/s13592-012-0176-3>
- DODSON, C.H., DRESSLER, R.L., HILLS, H.G., ADAMS, R.M., WILLIAMS, N.H. (1969) Biologically Active Compounds in Orchid Fragrances. *Science*. **164**, 1243–1249
- DRESSLER, R. L. (1982) Biology of the Orchid bees. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. **13**, 373–394
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- ELTZ, T., WHITTEN, W.M., ROUBIK, D.W., LINSENMAIR, K.E. (1999) Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *Journal of Chemical Ecology*. **25** (1), 157–176
<https://doi.org/10.1023/A:1020897302355>
- ELTZ, T., ROUBIK, D.W., WHITTEN, M.W. (2003) Fragrances, male display and mating behaviour of *Euglossa hemichlora*: a flight cage experiment. *Physiological Entomology*. **28**, 251–260
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2003.00340.x>
- ELTZ, T., ROUBIK, D. W., LUNAU, K. (2005) Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **59**, 149–156
<https://doi.org/10.1007/s00265-005-0021-z>
- ELTZ, T., ZIMMERMANN, Y., PFEIFFER, C., PECH, J.R., TWELE, R., FRANCKE, W., QUEZADA-EUAN, J.J.G., LUNAU, K. (2008) An Olfactory Shift Is Associated with Male Perfume Differentiation and Species Divergence in Orchid Bees. *Current Biology*. **18**, 1844–1848
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.10.049>
- ELTZ, T., BAUSE, C., HUND, K., QUEZADA-EUAN, J.J.G., POKORNY, T. (2015) Correlates of perfume load in male orchid bees. *Chemoecology*. **25** (4), 93–199
<https://doi.org/10.1007/s00049-015-0190-9>

- GALLAI, N., SALLES, J., SETTELE, J., VAISSIÈRE, B. E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*. **68**, 810–821
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- GIANGARELLI, D. C., AGUIAR, W. M., SOFIA, S. H. (2015) Orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) assemblages from three different threatened phytophysiognomies of the subtropical Brazilian Atlantic Forest. *Apidologie*. **46** (1), 71–83
<https://doi.org/10.1007/s13592-014-0303-4>
- GONZAGA, A.P.D., MACHADO, E.L.M.M., FELFILI, J.M., PINTO, J.R.R. (2017) Brazilian Decidual Tropical Forest enclaves: floristic, structural and environmental variations. *Brazilian Journal of Botany*. **40** (2), 417–426
<https://doi.org/10.1007/s40415-016-0346-z>
- KAMPRANIS, S.C., IOANNIDIS, D., PURVIS, A., MAHREZ, W., NINGA, E., KATERELOS, N.A., ANSSOUR, S., DUNWELL, J.M., DEGENHARDT, J., MAKRIS, A.M., GOODENOUGH, P.W., JOHNSON, C.B. (2007) Rational Conversion of Substrate and Product Specificity in a Salvia Monoterpene Synthase: Structural Insights into the Evolution of Terpene Synthase Function. *The Plant Cell*. **19**, 1994–2005
<https://doi.org/10.1105/tpc.106.047779>
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F. (2006) World Map of the Köppen-Geiger climate classification up dated. *Meteorologische Zeitschrift*. **15** (3), 259–263
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- LOPES, S.F., SCHIAVINI, I., PRADO JÚNIOR, J.A., GUSSON, A.E., SOUZA NETO, A.R. ET AL. (2011) Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, na Fazenda experimental do Glória, Uberlândia, MG. *Bioscience Journal*. **27** (2), 322–335
- LOPES, S.F., SCHIAVINI, I., OLIVEIRA, A.P., VALE, V.S. (2012) An Ecological Comparison of Floristic Composition in Seasonal Semideciduous Forest in Southeast Brazil: Implications for Conservation. *Inter. Journal of Forestry Research*.
<http://dx.doi.org/10.1155/2012/537269>
- LUNAU, K., MAIER, E.J. (1995) Innate colour preferences of flower visitors. *Journal of Comparative Physiology A*. **177**, 1–19
<https://doi.org/10.1007/BF00243394>
- LUNAU, K., PAPIOREK, S., ELTZ, T., SAZIMA, M. (2011) Avoidance of achromatic colours by bees provides a private niche for hummingbirds. *Journal of Experimental Biology*. **214**, 1607–1612
<https://doi.org/10.1242/jeb.052688>

- MAÇANEIRO, J.P., OLIVEIRA, L.Z., SEUBERT, R.C., EISENLOHR, P.V., SCHORN, L.A. (2016) More than environmental control at local scales: do spatial processes play an important role in floristic variation in subtropical forests? *Acta Botanica Brasilica*. **30** (2), 183–192
<http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062015abb0294>
- MATEUS, S., ANDRADE-SILVA, A.C.R., GARÓFALO, C.A. (2015) Diversity and Temporal Variation in the Orchid Bee Community (Hymenoptera: Apidae) of a Remnant of a Neotropical Seasonal Semi-deciduous Forest. *Sociobiology*. **62** (4), 571–577
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v62i4.391>
- MOORE, L. (2009) Orchid Fragrance Complexity as a Mechanism for Euglossine Bee Pollinator Specialization. *Euglossine Bee Pollinator Specialization*. Department of Biology, University of Puget Sound.
- MUELLER, U.G., WOLF-MUELLER, B. (1993) A Method for Estimating the Age of Bees: Age Dependent Wing Wear and Coloration in the Wool Carder Bee *Anthidium manicatum* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Insect Behavior*. **6** (4), 529–537
<https://doi.org/10.1007/BF01049530>
- OLIVEIRA-JUNIOR, J.M.B., ALMEIDA, S.M., RODRIGUES, L., SILVÉRIO JÚNIOR, A.J., ANJOS-SILVA, E.J. (2015) Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone Cerrado-Amazonian forest, Brazil. *Acta Biológica Colombiana*. **20** (3), 67–78
<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.41122>
- PEREIRA, A.C., SILVA, J.B., GOLDENBERG, R., MELO, G.A.R., VARASSIN, I.G. (2011) Flower color change accelerated by bee pollination in Tibouchina (Melastomataceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. **206** (5), 491–497
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2011.01.004>
- PIRES, E.P., MORGADO, L.N., SOUZA, B., CARVALHO, C.F., NEMÉSIO, A. (2013) Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. **73** (3), 507–513
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000300007>
- REBÉLO, J.M.M., GARÓFALO, C.A. (1991) Diversidade e Sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas odores em um fragmento de floresta no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. **51**, 787–799
- RIVEST, S.A., AUSTEN, E.J., FORREST, J.R.K. (2017) Foliage affects colour preference in bumblebees (*Bombus impatiens*): a test in a three-dimensional artificial environment. *Evolutionary Ecology*. **31** (4), 435–446
<https://doi.org/10.1007/s10682-017-9893-4>

- RUSSELL, A.L., NEWMAN, C.R., PAPAJ, D.R. (2017) White flowers finish last: pollen-foraging bumble bees show biased learning in a floral color polymorphism. *Evolutionary Ecology*. **31** (2), 173–191
<https://doi.org/10.1007/s10682-016-9848-1>
- SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G., BEZERRA, H.S. (2009) Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meiode imagens Landsat ETM+, in: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE, Natal, pp. 1199-1206
- SILVA, D.P., MARCO JR, P DE. (2014) No Evidence of Habitat Loss Affecting the Orchid Bees *Eulaema nigrita* Lepeletier and *Eufriesea auriceps* Friese (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*. **43**, 509–518
<https://doi.org/10.1007/s13744-014-0244-7>
- STRASSBURG, B.B.N., BROOKS, T., FELTRAN-BARBIERI, R., IRIBARREM, A., CROUZEILLES, R., LOYOLA, R., LATAWIEC, A.E., OLIVEIRA FILHO, F.J.B., SCARAMUZZA, C.A. DE M., SCARANO, F.R., SOARES-FILHO, B., BALMFORD, A. (2017) Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology and Evolution*, **1** (99)
<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- TOSTA, T.H.A., SILVEIRA, G.C., SCHIAVINI, I., SOFIA, S.H., AUGUSTO, S.C. (2017) Using short-term surveys and mark–recapture to estimate diversity and population size of orchid bees in forest formations of the Brazilian savanna. *Journal of Natural History*. **51** (7-8), 391–403
<https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1274441>
- ZAYED, A. (2009) Bees genetics and conservation. *Apidologie*. **40**, 237–262
<https://doi.org/10.1051/apido/2009026>
- ZIMMERMAN, J.K. (1988) Age structure of male *Euglossa imperialis* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) at nectar and chemical sources in Panama. *Journal of Tropical Ecology*. **4**, 303–306
<https://doi.org/10.1017/S0266467400002868>
- ZIMMERMANN, Y., ROUBIK, D.W., ELTZ, T. (2006) Species-specific attraction to pheromonal analogues in orchid bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **60**, 833–843
<https://doi.org/10.1007/s00265-006-0227-8>

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os dados resultantes da presente tese de doutorado contribuíram para o conhecimento da diversidade de Euglossini no Cerrado, para a determinação de métodos e parâmetros essenciais em análises populacionais e na determinação de fatores que influenciam no forrageamento de machos de Euglossini por fragrâncias aromáticas.

Sobre o conhecimento da diversidade (Capítulo 1), tínhamos como hipótese principal encontrar maior variação espacial do que temporal na diversidade de abelhas Euglossini. De fato, constatou-se que a diversidade alfa varia significativamente entre remanescentes florestais inseridos em um raio relativamente pequeno (<100 km). Além disso, o registro de *Aglae caerulea* pela primeira no Estado de Minas Gerais elevou para 20 o número de espécies amostradas na região do Triângulo Mineiro, quase a metade do número de espécies estimadas para a Mata Atlântica. Esses resultados evidenciam a importância do Cerrado para a conservação das espécies desse grupo de abelhas, especialmente pela presença das áreas florestais úmidas.

No que se refere à determinação de métodos e parâmetros essenciais em análises populacionais (Capítulo 2), verificou-se que o método não letal de marcação associado ao de capturas e recapturas múltiplas, realizadas em um curto período de tempo, podem ser usados para estimar flutuações naturais dos tamanhos populacionais de abelhas Euglossini. Contudo, considerando que o número de recaptura é influenciado pelo número de indivíduos marcados, independentemente do período de coleta ou remanescente, exceto para *Eulaema nigrita*, aparentemente existe um número mínimo de capturas para que as recapturas comecem a acontecer. Assim, nesse capítulo, foram corroboradas as nossas hipóteses iniciais de encontrar correlação positiva e significativa entre o número de indivíduos marcados e recapturados, e

diferenças significativas na abundância e nos tamanhos populacionais, considerando o período de amostragem e o remanescente florestal amostrado.

Quanto ao efeito do odor e cor no comportamento de forrageamento dos machos (Capítulo 3), tínhamos expectativa verificar diferenças na atratividade de cada fragrância, na atratividade da cor e interação entre esses dois fatores, tendo o ambiente um efeito nas escolhas feitas pelos machos. Além disso, esperávamos encontrar mais abundantemente machos com menor desgaste alar (“*naive*”) nas iscas aromáticas. De fato, cor e fragrância tiveram efeito na atração dos machos, mas não houve interação significativa entre esses dois fatores. O ambiente teve efeito significativo apenas na atração dos machos pela fragrância. Machos “*naive*” foram os mais frequentes nas iscas, mas não houve diferença na escolha da cor/fragrância quando comparados com machos “experientes”.