



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE



**BIODIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
ANTHOPHILA) EM TRÊS REGIÕES NO ESTADO DO TOCANTINS,
BRASIL**

SIMONE SANTOS OLIVEIRA BARROS

PALMAS – TO

2022

SIMONE SANTOS OLIVEIRA BARROS

**BIODIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
ANTHOPHILA) EM TRÊS REGIÕES NO ESTADO DO TOCANTINS,
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Lima Bragança

Coorientador: Prof. Dr. Waldesse Piragé de Oliveira Júnior

**PALMAS – TO
OUTUBRO/ 2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Barros, Simone Santos Oliveira

Biodiversidade de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) em três regiões no Estado do Tocantins, Brasil/ Simone Santos Oliveira – Palmas: TO, 2022.

101f.: il.

Orientadores: Marcos Antonio Lima Bragança e Waldesse Piragé de Oliveira Júnior.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, 2022

CDU xxx

SIMONE SANTOS OLIVEIRA BARROS

**BIODIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA:
ANTHOPHILA) EM TRÊS REGIÕES NO ESTADO DO TOCANTINS,
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de
Doutorado do Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE,
na Universidade Federal do Tocantins, como
requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor
em Biodiversidade e Biotecnologia.

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente



MARCOS ANTONIO LIMA BRAGANCA

Data: 04/11/2022 23:00:57-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Marcos Antonio Lima Bragança
Universidade Federal do Tocantins

Documento assinado digitalmente



PAULO HENRIQUE TSCHOEKE

Data: 01/11/2022 10:39:39-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Paulo Henrique Tschoeke
Universidade Federal do Tocantins

Documento assinado digitalmente



FAVIZIA FREITAS DE OLIVEIRA

Data: 01/11/2022 09:46:11-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a. Favízia Freitas de Oliveira
Universidade Federal da Bahia

Documento assinado digitalmente



EDUARDO FREITAS MOREIRA

Data: 01/11/2022 19:17:03-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Eduardo Freitas Moreira
Universidade de São Paulo

Documento assinado digitalmente



JOENES MUCCI PELUZIO

Data: 03/11/2022 09:49:15-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Joenes Mucci Peluzio
Universidade Federal do Tocantins

**Dedico este trabalho aos meus pais João Elias
e Maria Eldivan, meu esposo Pedro Paulo e meus
filhos João Pedro e Pietra.**

AGRADECIMENTOS

À Jesus, meu amigo e salvador, que mediante seu Espírito Santo me instruiu, me deu forças, sabedoria e persistência nesta jornada.

Ao meu amado esposo Pedro Paulo, meu companheiro, amigo que sempre acreditou na minha capacidade e me deu apoio para que este trabalho fosse desenvolvido, me auxiliando em todas as etapas. A você todo meu amor e admiração pelo homem que és na minha vida. Amo você.

Aos meus amados filhos João Pedro e Pietra que se tornaram meu oxigênio durante esses anos. Vocês sempre serão minha maior conquista na vida, minhas flechas que estou preparando e a seu tempo terei prazer em lançar para ser um homem e mulher de Deus. Amo vocês, obrigada por existirem.

Aos meus pais João Elias e Maria Eldivan que são o principal motivo de hoje eu chegar aqui, que investiram seu tempo, seus investimentos, seu amor e incentivo. Que eu esteja sempre pronta a honra-los, pois o que sou, devo a vocês. Amo vocês.

Aos meus irmãos Sandra Erleise e Elias Júnior pelo apoio dado a mim, cuidando dos meus filhos, torcendo pelas minhas conquistas, somos uma equipe, amo vcs. E também a minha sobrinha Catherine e meu cunhado Sósthenes.

Aos meus sogros Gildeon Moreira e Maria Oneides que são meus segundos pais. Obrigada por torcerem por mim e me apoiarem, amo vocês.

Ao meu co-orientador e amigo Prof. Dr. Waldesse Pirajé e sua família que me acolheu desde o dia em que bati na sua porta. Que mesmo sem me conhecer, confiou em mim, me ajudou em tudo desde o projeto, campo, escrita. Você é um exemplo a ser seguido de humildade e virtude, obrigada por tudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Bragança que também não me conhecia e decidiu acreditar que eu seria capaz de desenvolver esse trabalho. Obrigada por se doar, por me exortar, me corrigir. Cresci muito com suas orientações, você é realmente um orientador presente e preocupado. A você meu muito obrigada.

A toda a equipe do Labiogen em especial ao meu braço direito durante as coletas à campo Nadilla Gonçalves, que sempre se esforçou como se o trabalho fosse seu. Meu muito obrigada. Agradeço também a Laiza, Joelson, Natália, Gabriel Imolesi, Ramon, Letícia, Milleny e tantos outros que me ajudaram durante o desenvolvimento deste trabalho. A família Beetech meu muito obrigada.

Aos meus colegas de trabalho Michele, Joelma, Cerize, Gustavo, Fabiano, Fabiana, Ediana, Gabriela, Thiago e minha linda amiga Elga (in memoriam) por todo o apoio que me deram durante o desenvolvimento desse trabalho. Vocês são uma família para mim.

Aos meus colegas de doutorado pelas aulas, ensinamentos, anseios e medos compartilhados, em especial a Drielly Dayanne por compartilhar não só os quatro anos de doutorado mas a maternidade que veio juntamente com esses anos e se tornou mais leve.

À professora Dra. Favízia Freitas por todo o conhecimento adquirido, que me ensinou a entender esse universo das abelhas, nos ajudou na identificação e se tornou amiga e parceira. Sem você esse trabalho não seria possível de concretizar.

Ao prof. Dr. Rafael pelo auxílio na análise de dados desse trabalho, tornando possível a melhor compreensão dos resultados, muito obrigada.

Ao prof. Dr. Renato Pinheiro que nos direcionou nas coletas à campo e nos deu suporte no Centro de Pesquisa Canguçu, meu muito obrigada.

À Prof. Dra. Iracy Martins, pelos primeiros ensinamentos sobre a região de ocorrência das ipucas e facilitação da logística para a coleta dos insetos no ano de 2002. À Raquel Acácio e Rosiléia Ribeiro pelo auxílio nas coletas e triagem do material coletado em armadilhas Malaise na região das ipucas.

Ao Instituto Natureza do Tocantins – NATURATINS, na pessoa do Volney que nos deu acesso ao Parque Estadual do Lajeado e nos deu suporte nas trilhas, meu muito obrigada.

À Universidade Federal do Tocantins – UFT, pelo apoio com os veículos utilizados nas coletas à campo.

À CAPES pelo auxílio financeiro na tradução do artigo publicado.

**“Pois o Senhor é quem dá sabedoria; de sua boca
procedem o conhecimento e o discernimento”.**

Provérbios 2:6 Bíblia Sagrada - NVI

BARROS, Simone Santos Oliveira. **Biodiversidade de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) em três regiões no Estado do Tocantins, Brasil**. 2022. 102f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2022.

RESUMO

As abelhas (Hymenoptera: Anthophila) se constituem nos mais importantes polinizadores de plantas silvestres e cultivadas, chegando a serem responsáveis por mais de 85% da polinização de espécies cultivadas mais importantes para a espécie humana. Em se tratando do Brasil, com uma das faunas mais biodiversas do mundo, temos um desafio imenso para conhecermos e preservarmos nossa fauna de polinizadores, como é o caso das abelhas, em especial em regiões pouco estudadas como o Estado do Tocantins. O objetivo deste estudo foi realizar o levantamento da biodiversidade de abelhas em três regiões do Estado do Tocantins, uma área de Cerrado (Parque Estadual do Lajeado) e duas áreas de transição Cerrado - Floresta Amazônica (Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN – Canguçu e Fazenda Lago Verde – Ipucas). Foram utilizados para o levantamento três métodos passivos de coleta (pantraps, armadilha de cheiro e Malaise) além do método ativo que consistiu na utilização de Rede Entomológica. Há uma alta biodiversidade de abelhas no Estado do Tocantins, seja no Cerrado ou em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica, onde foi identificada uma fauna diversificada e abundante pertencente a quatro das cinco famílias de abelhas relatadas para o Brasil, a saber Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae. Tal achado reforça a hipótese de que o Tocantins é rico em espécies de abelhas. Quanto aos métodos utilizados para o levantamento, a rede entomológica se apresentou como mais eficaz na amostragem da diversidade de espécies em relação aos demais métodos utilizados. Embora as regiões amostradas no Estado do Tocantins ainda sejam em menor número, nossos resultados evidenciam a riqueza de espécies de abelhas no Cerrado e na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica.

Palavras-chave: abelhas; Cerrado; ecótono; riqueza, Tocantins.

BARROS, Simone Santos Oliveira. **Bee biodiversity (Hymenoptera: Anthophila) in three regions in the State of Tocantins, Brazil**. 2022. 102f. (PhD in Biodiversity e Biotecnology) - Federal University of Tocantins, Palmas-TO - Brazil, 2022.

ABSTRACT

Bees (Hymenoptera: Anthophila) are the most important pollinators of wild and cultivated plants, being responsible for more than 85% of the pollination of the most important cultivated species for the human species. In the case of Brazil, with one of the most biodiverse faunas in the world, we have an immense challenge to know and preserve our pollinator fauna, as is the case of bees, especially in regions that are little studied like the State of Tocantins. The objective of this study was to carry out a survey of the biodiversity of bees in three regions of the State of Tocantins, one Cerrado area (Lajeado State Park) and two Cerrado transition areas - Amazon Forest (Private Natural Heritage Reserve - RPPN – Canguçu and Lago Verde Farm – Ipucas). Three passive collection methods were used for the survey (pantraps, scent trap and Malaise) in addition to the active method which consisted of using the Entomological Network. There is a high biodiversity of bees in the State of Tocantins, whether in the Cerrado or in Cerrado-Amazon Forest transition areas, where a diverse and abundant fauna belonging to four of the five bee families reported for Brazil was identified, namely Apidae, Colletidae, Halictidae and Megachilidae. This finding reinforces the hypothesis that Tocantins is rich in bee species. As for the methods used for the survey, the entomological network proved to be more effective in sampling the diversity of species in relation to the other methods used. Although the regions sampled in the State of Tocantins are still fewer in number, our results show the richness of bee species in the Cerrado and in the Cerrado-Amazon Forest transition area.

Keywords: bees, Cerrado, ecotone, richness, Tocantins

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Localização tanto do Centro de Pesquisas Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN) (A) quanto do Parque Estadual do Lajeado (PEL) (B), onde foi realizado o levantamento apícola..... 33
- Figura 2.** Perímetro do Centro de Pesquisas Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN), onde foi realizado o levantamento apícola: A- vista aérea geral da RPPN; B e C- vista aérea da trilha próxima ao rio Javaés; D- vista aérea da trilha próxima à sede do Centro de Pesquisas Canguçu. 34
- Figura 3.** Perímetro do Parque Estadual do Lajeado (PEL), onde foi realizado o levantamento apícola. A- Vista geral do parque e trilha; B e C- Vista aérea da trilha estudada ao longo do trajeto percorrido; D- Vista aérea da sede administrativa do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Lajeado. 35
- Figura 4.** Métodos de coleta utilizados no levantamento de abelhas tanto no Centro de Pesquisas do Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN) quanto no Parque Estadual do Lajeado (PEL): A- Armadilha azul instalada no PEL; B- Pantrap amarelo instalado no PEL; C, D e E- Armadilhas odoríferas instaladas no PEL [D- *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira, 2006 atraídas pela isca odorífera; E- *Eulaema* (*Apeulaema*) *nigrita* Lepeletier, 1841 atraída pela isca odorífera; F- Armadilha Malaise instalada no PEL; G- Coleta direta com rede entomológica realizada na RPPN Canguçu. 37
- Figura 5.** Espécies de Meliponini (Família Apidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Trigona pallens* (Fabricius 1798); C e D- *Tetragona mourei* Nogueira, 2022; E e F- *Geotrigona mombuca* (Smith, 1863). 477
- Figura 6.** Espécies Augochlorini (Família Halictidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Augochlorodes* sp. 2; C e D- *Pseudaugochlora pandora* (Smith, 1853); E e F- *Thectochlora alaris* (Vachal, 1904). 49
- Figura 7.** Espécies Euglossini e Xylocopini (Família Apidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira, 2006; C e D- *Eulaema* (*Apeulaema*) *nigrita* Lepeletier, 1841; E e F- *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *aurulenta* (Fabricius, 1804). 52

CAPÍTULO 2

Figura 1. A) Mapa de localização da Fazenda Lago Verde, no município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins, Brasil. B) Transecto com identificação dos três pontos de instalação de armadilhas Malaise (interior da ipuca, sua borda e varjão)..... 75

Figura 2. Imagem aérea dos fragmentos florestais inundáveis (Ipucas), envolto pela matriz de varjão sujo, que abriga os chamados “murundus”, na Fazenda Lago Verde, município de Lagoa da Confusão, TO, Brasil. (Foto: Martins, 2002)..... 75

Figura 3. Distribuição do número de indivíduos e riqueza de espécies nas ipucas pequenas e grandes nos meses de agosto a dezembro de 2002. 81

Figura 4. Número acumulado de indivíduos (A) e riqueza acumulada de espécies de abelhas (B) durante coletas em ipucas grandes (interior + borda) e pequenas (interior + borda), realizadas nos meses de agosto a dezembro de 2002..... 82

Figura 5. Número acumulado de indivíduos (A) e a riqueza acumulada de espécies de abelhas (B) durante os meses de coleta nos diferentes ambientes (interior, borda e varjão)..... 83

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Número de indivíduos e índices faunísticos (FREQ=frequência, ABUN=abundância, CONS=constância e DOMI=dominância) de espécies de abelhas amostradas por quatro métodos na área de transição Cerrado-Amazônia do Centro de Pesquisa Canguçu (RPPN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil. 41

Tabela 2. Abelhas atraídas pelas armadilhas odoríferas na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica do Centro de Pesquisas Canguçu (RPPN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil. 500

Tabela 3. Abelhas atraídas pelas armadilhas de água coloridas (PANTRAPS) na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica do Centro de Pesquisas Canguçu (RPPN-CAN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil. 533

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Relação do número de indivíduos de espécies de abelhas de três subfamílias coletadas em três ambientes (interior, borda e varjão) de três fragmentos grandes e três pequenos, na região das ipucas. 79

Tabela 2. Comparação pelo índice de Shannon (H') entre ipuca grande e pequena (interior + borda) e entre os ambientes estudados (interior, borda e varjão) da diversidade de abelhas, Tocantins, Brasil. 84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO GERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 BIODIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: ANTHOPHILA)	20
2.2 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM	22
2.3 FAUNA DE ABELHAS DO CERRADO.....	23
2.4 RESERVA PARTICULAR DE PATRIMÔNIO NATURAL (RPPN CANGUÇU).....	25
2.5 PARQUE ESTADUAL DO LAJEADO (PEL).....	26
2.6 FRAGMENTOS FLORESTAIS NATURAIS - IPUCAS	26
CAPÍTULO 1.....	28
A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de transição Cerrado e Cerrado-Floresta Amazônica no estado do Tocantins, Região Norte do Brasil...	28
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
2.1 LOCAIS DE ESTUDO	32
2.2 AMOSTRAGEM DE ABELHAS	35
2.3 ANÁLISE DE DADOS.....	38
3 RESULTADOS	39
4 DISCUSSÃO	54
4.1 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA	54
4.2 ABELHAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO-FLORESTA AMAZÔNICA.....	57
4.3 ESPÉCIES DE ABELHAS DO CERRADO	58
4.4 EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM	60
5 AGRADECIMENTOS	62

6 REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 2.....	71
Abundância e diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em paisagem dos fragmentos florestais naturais da planície do Araguaia (Ipucas)	71
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	74
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	74
2.2 COLETA, TRIAGEM E ARMAZENAMENTO DE HIMENÓPTEROS	76
2.3 REIDRATAÇÃO, MONTAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS ABELHAS ...	76
2.4 ANÁLISE DE DADOS.....	77
3 RESULTADOS	78
4 DISCUSSÃO	84
5 CONCLUSÃO	89
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXO	100

1 INTRODUÇÃO

A diversidade biológica global vem sofrendo alto impacto negativo, principalmente devido à necessidade humana por espaço e recursos naturais (RYDÉN *et al.*, 2020), o que culmina no aumento das taxas de extinção de espécies (PIMM *et al.*, 2014; CHAPLIN-KRAMER *et al.*, 2015; MARCHESI, 2015; MMA, 2020). Desta forma, o levantamento de dados biológicos, ecológicos e biogeográficos seguros torna-se de extrema importância como suporte à tomada de decisões e ações práticas para conservação das espécies de forma global (BROWN & PAXTON, 2009).

Como país megadiverso, o Brasil precisa adotar programas de conservação como uma prioridade (OLIVEIRA *et al.*, 2017), uma vez que é responsável pela gestão do maior patrimônio de biodiversidade do mundo. Aqui são conhecidas mais de 120 mil espécies de invertebrados e aproximadamente 8.930 espécies de vertebrados (734 mamíferos, 1.982 aves, 732 répteis, 973 anfíbios, 3.150 peixes continentais e 1.358 peixes marinhos) (ICMBIO, 2020).

Dado a sua grande extensão territorial, a cobertura da amostragem da biodiversidade no Brasil é desigual entre os biomas ou suas ecorregiões. Mesmo para os táxons relativamente mais bem estudados, como aves e mamíferos, a cobertura geográfica dos estudos em certos biomas ou regiões é muito restrita e, considerando apenas a apifauna, as regiões norte e centro-oeste são menos amostradas em relação as demais regiões do país (LEWINSOHN *et al.*, 2005). Estudos em cobertura geográfica extensa são essenciais para a prospecção de diversidade e conservação (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A expansão das atividades agrícolas constitui a principal ameaça à biodiversidade no Brasil, levando à perda de habitats naturais, sua fragmentação, provocando o declínio de populações em diferentes táxons como aves, mamíferos e insetos (ZABEL *et al.*, 2019). Estudos sugerem que as altas taxas de declínio podem levar à extinção de 40% das espécies de insetos do mundo nas próximas décadas, sendo a ordem Hymenoptera (vespas, formigas e abelhas) uma das mais afetadas (SÁNCHEZ-BAYO & WYCKHUYS, 2019).

Entre os insetos, as abelhas são reconhecidas como os principais polinizadores da maioria das plantas, e dependem diretamente do suprimento de alimentos fornecidos pelas flores (pólen e néctar) (MICHENER, 2007). Além disso, a diversidade de espécies de abelhas e suas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais otimizam a localização e a exploração dos recursos florais (ROUBIK, 1989; MOORE, 2001; SILVEIRA *et al.*, 2002). A maioria das plantas com flores

em ambientes naturais (aproximadamente 78%), dependem dos polinizadores para sua reprodução e sobrevivência (OLLERTON *et al.*, 2011; BREEZE *et al.*, 2016).

Além disso, a presença de polinizadores em ambientes naturais influencia a qualidade ambiental local, a conservação das espécies em geral e o fornecimento de polinizadores nativos para os campos de cultivo (GARIBALDI *et al.*, 2011; HIPÓLITO, 2019). Em áreas cultivadas, as abelhas aumentam a produção agrícola (KLEIN *et al.*, 2007) e, portanto, a diminuição desses insetos nas lavouras tem relação com a segurança alimentar das populações humanas (POTTS *et al.*, 2016; GARIBALDI *et al.*, 2016). Por isso, as questões ligadas à sua conservação tem atraído grande atenção, uma vez que impactos antrópicos, como a destruição de habitats e a fragmentação de paisagens, a intensificação da agricultura e o aumento do uso de pesticidas são tidos como grandes causadores da atual perda de abelhas e a possível crise de polinização (BIESMEIJER *et al.*, 2006).

As recompensas florais fornecidas pelas plantas durante a polinização não compreendem o único requisito das abelhas para persistirem no meio ambiente. Elas também necessitam de substratos e materiais para nidificação e condições climáticas favoráveis, entre outros fatores essenciais, tanto nos ambientes naturais como nas áreas cultivadas (KLEIN *et al.*, 2007; SATURNI *et al.*, 2016; GIANNINI *et al.*, 2017; OLLERTON, 2017). Portanto, a conservação da heterogeneidade dos ecossistemas é crucial para a manutenção da biodiversidade de abelhas, assim como para a vida humana no planeta (BROWN & PAXTON, 2009; TAKUR, 2012).

Por se tratar de um grupo bastante diversificado, muitas são as dificuldades na distinção taxonômica das espécies de abelhas. Há gêneros com grande quantidade de espécies, muitas delas separadas por caracteres pouco definidos. Adicionado a esses fatores, grande parte da fauna de abelhas permanece não descrita (ORR *et al.*, 2020). Não conhecer as espécies de abelhas, onde vivem e sua abundância na paisagem, torna difícil medir as taxas de declínio destes insetos e gerar dados sobre as prioridades e sugerir estratégias para sua conservação (BROW & PAXTON, 2009).

Obter números precisos dessa riqueza não é fácil devido a uma série de razões, como a disseminação dessas informações em milhares de livros, dissertações e teses (FREITAS *et al.*, 2009). No caso das abelhas da tribo Meliponini, por exemplo, embora cerca de 60% dos táxons dos Meliponini neotropicais ocorrerem no Brasil, a diversidade de espécies de abelhas ainda é subamostrada uma vez que os estudos e levantamentos tendem a se concentrar em algumas regiões (Sul e Sudeste, principalmente), deixando importantes lacunas amostrais, especialmente na Região Norte e no Centro-Oeste do país (FREITAS *et al.*, 2009; OLIVEIRA & RICHERS, 2019), o que

dificulta comparações e uma compreensão mais precisa dos padrões de diversidade e distribuição geográfica das abelhas ao longo do território nacional.

Os levantamentos faunísticos são considerados as ferramentas básicas para se conhecer a diversidade de espécies e monitorar tendências ao longo do tempo (LEWINSOHN *et al.*, 2001). Os estudos envolvendo comunidades de abelhas foram iniciados há décadas para obter informações quantitativas e qualitativas, buscando-se estruturar o conhecimento sobre as relações com as flores, riqueza de espécies, abundância relativa e distribuição geográfica (LAROCA, 1972). A realização de inventários faunísticos possibilita uma abordagem comparativa entre vários ecossistemas, fornecendo subsídios para a investigação de padrões das comunidades da fauna de abelhas na Região Neotropical. Desde a década de 1980 já era discutido que a coleta e a identificação de espécies que compõem a fauna e a flora de uma determinada região são importantes para o conhecimento dos recursos naturais nela disponíveis, possibilitando a obtenção de informações básicas para estudos mais amplos sobre as características ecológicas de um determinado habitat ou ecossistema (PRADO, 1980).

Estudos realizados em diferentes áreas do bioma Cerrado e regiões de ecótono, revelaram a presença de uma biodiversidade de abelhas bastante rica (FARIA & SILVEIRA, 2011; ANJOS-SILVA, 2013; PIRES *et al.*, 2013; FIGUEIREDO *et al.*, 2016; ARANDA & AOKI, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2019; ROEL *et al.*, 2019). Contudo, para algumas áreas do Cerrado brasileiro há uma escassez de informações consistentes sobre a composição, riqueza de gêneros e espécies, bem como sobre a dinâmica de distribuição espacial e temporal das populações de abelhas que ocorrem no estado. Até o desenvolvimento da presente pesquisa, havia apenas um estudo (SANTOS *et al.*, 2004) de levantamento de abelhas em área de transição Cerrado-Amazônia. Esse estudo foi realizado no extremo norte do Tocantins e foi registrada a presença de 83 espécies, distribuídas em 38 gêneros.

O território do estado do Tocantins é originalmente constituído por 92% de Cerrado e 8% de Floresta Amazônica. A cobertura vegetal no estado apresenta ambientes das regiões fitoecológicas do Cerrado, Floresta Estacional, Floresta Ombrófila e de ecótono (Florestas Estacionais/Florestas Ombrófilas) (HAIDAR *et al.*, 2013). Inventários faunísticos realizados em áreas ecotonais podem revelar achados importantes relacionados aos limites de distribuição de espécies endêmicas de qualquer um dos biomas considerados na área de transição (ALMEIDA *et al.*, 2019; ANDENA *et al.*, 2012). Grande parte dos estudos de levantamento da diversidade de abelhas no bioma Cerrado utiliza principalmente o método de coleta rede entomológica e, poucos

estudos utiliza mais métodos para compor o levantamento, além disso, considerando a diversidade de espécies levantadas, muitos estudos são focados especificamente no levantamento de tribos específicas como Meliponini e/ou Euglossini, não abordando as outras tribos no levantamento (OLIVEIRA-JUNIOR *et al.*, 2015; PEREIRA & SOUSA, 2015; ROEL *et al.*, 2019).

A fim de aumentar o conhecimento da fauna de abelhas do estado do Tocantins, no presente estudo foi realizado o inventário destes insetos na região central do estado do Tocantins. Nesta região, foi escolhido o Parque Estadual do Lajeado (PEL), localizado a 32 km da capital do estado, Palmas. O parque possui a predominância de cobertura vegetal de Cerrado, destacando-se as fitofisionomias campestres, de campo limpo e campo sujo. Adicionalmente ao PEL, a fim de representação da região centro-oeste do estado, divisa com o estado do Pará, também foi realizado o levantamento de abelhas no Centro de Pesquisa Canguçu, que é uma área de Reserva Particular de Patrimônio Natural. A área deste centro de pesquisa está situada na Zona de Tensão Ecológica, uma região ecotonal entre os dois maiores biomas da América do Sul, o Cerrado e a Floresta Amazônica. Esta Zona da fronteira sul da Amazônia brasileira está presente nos estados de Mato Grosso, Pará, Maranhão e Tocantins (MARIMON *et al.*, 2006). Os levantamentos de espécies de abelhas realizados no Centro de Pesquisa Canguçu e no PEL deram origem ao artigo publicado na Revista Biota Neotropica (anexo) e constitui o primeiro capítulo desta tese (versão em português do artigo publicado).

Outra região ecotonal Cerrado-Amazônia, localizada a sudoeste do estado do Tocantins, no município de Lagoa da Confusão, também foi escolhida para ser realizado o inventário de abelhas. Nesta região se localizam os fragmentos florestais naturais conhecidos como “Ipucas” (MARTINS *et al.*, 2002). A região de ocorrência das Ipucas é considerada área prioritária para a conservação da biodiversidade do Cerrado (CAVALCANTI & JOLY, 2002). Na região das Ipucas predominam os campos, com fragmentos de cerrado e, ou, cerradões, matas ciliares e, em algumas partes, outras formações florestais na forma de ilhas. Esta região foi escolhida para o levantamento de abelhas por ser composta por essas formações florestais inusitadas (BRASIL, 1994). O estudo com abelhas na região das ipucas constituiu o segundo capítulo desta tese.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o levantamento da biodiversidade da fauna de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) em três regiões do estado do Tocantins.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i) Descrever a composição da comunidade de abelhas, sua riqueza e abundância em uma área de Cerrado do estado do Tocantins, no Parque Estadual do Lajeado (PEL).
- (ii) Aumentar o conhecimento sobre a composição da apifauna, bem como sua riqueza e abundância, em área de transição Cerrado - Floresta Amazônica do estado, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN- Canguçu) e, na Fazenda Lago Verde.
- (iii) Conhecer a biodiversidade de abelhas, bem como avaliar o efeito da estrutura da paisagem sobre as comunidades de polinizadores em um ambiente naturalmente fragmentado (Ipucas), na região do município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins.
- (iv) Comparar quatro métodos de coleta quanto a sua eficácia no inventário de abelhas nas regiões do Parque Estadual do Lajeado e na Reserva Particular no Patrimônio Natural.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIODIVERSIDADE DE ABELHAS (HYMENOPTERA: ANTHOPHILA)

As abelhas, juntamente com as vespas e formigas, fazem parte da ordem Hymenoptera. No caso das abelhas (Anthophila), esse grupo de insetos é bastante diverso, para o qual já foi confirmada a ocorrência de cerca de 20.800 espécies consideradas válidas para o mundo (ITIS, 2020; ASCHER & PICKERING, 2020; ORR *et al.*, 2020). Para a Região Neotropical, já foram registradas 5.600 espécies de abelhas (FREITAS *et al.*, 2009). Considerando a apifauna do Brasil, foram computadas recentemente 1.909 espécies pertencentes às famílias Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae (ITIS, 2020; ASCHER & PICKERING, 2020). No entanto, os estudos taxonômicos sobre as abelhas da região Neotropical não estão completos, novos inventários continuam sendo realizados e, novas espécies são continuamente descritas, principalmente provenientes de áreas menos estudadas e mais biodiversas, como as florestas tropicais (PEDRO, 2013; MOURE *et al.*, 2022).

Estudo recente realizado por Zattara & Aizen (2021) mostra que o número de espécies de abelhas coletadas ou observadas ao longo do tempo vem diminuindo constantemente desde a

década de 1990. Segundo os autores, embora esses resultados possam, em parte, refletir o aumento dos impedimentos à coleta de espécimes e à natureza heterogênea dos dados, bem como a redução da cobertura amostral, eles também poderiam refletir um declínio mundial na diversidade de abelhas, dado que muitas espécies estão se tornando mais raras e menos propensas a serem encontradas.

Quanto aos hábitos de sociabilidade, as abelhas podem ser solitárias ou sociais. No caso de espécies solitárias, a fêmea constrói e aprovisiona o seu próprio ninho e, geralmente, não há contato com a prole. Diferentemente, para as abelhas que apresentam comportamento verdadeiramente (eussocial), há a formação de colônias com separação dos indivíduos por castas, divisão de trabalho, superposição de gerações, trabalho cooperativo nas células, polietismo etário (divisão de funções dentro do ninho de acordo com idade da abelha), e alimentação progressiva das larvas (a célula de cria fica aberta e o alimento vai sendo adicionado de acordo com a alimentação das larvas) ou massal (disposição do alimento de uma só vez) (MICHENER, 2000).

Entre as abelhas solitárias, as espécies mais conhecidas popularmente pertencem à tribo Euglossini, conhecida como abelhas-das-orquídeas. Esta tribo compõe um grupo abundante de abelhas que ocorrem em toda a região Neotropical (DRESSLER, 1982; RAMIRÉZ *et al.*, 2002), com aproximadamente 256 espécies descritas (MOURE *et al.*, 2022), sendo as mesmas distribuídas em cinco gêneros: *Aglae*, *Euglossa*, *Eulaema*, *Eufriesea*, *Exaerete* (RAMIRÉZ *et al.*, 2010). As Euglossini estão entre os principais polinizadores nas florestas tropicais e subtropicais nas Américas Central e do Sul, sendo essenciais à fecundação cruzada de diversos gêneros de angiospermas nesses ecossistemas (RAMIRÉZ *et al.*, 2002). Possuem estreita relação com as orquídeas, mais de 10% das espécies de orquídeas Neotropicais são polinizadas por machos dessas abelhas (RAMIRÉZ *et al.*, 2002; RAMIRÉZ *et al.*, 2010). Os machos coletam substâncias aromáticas em flores de diferentes famílias vegetais (principalmente Orchidaceae) ou mesmo em fontes não florais, armazenando estes compostos na tíbia posterior, que é modificada (DRESSLER, 1982; ROUBIK & HANSON, 2004). A relação exata destes compostos com a biologia dos machos de Euglossini ainda não foi totalmente esclarecida, embora evidências apontem para a relação entre estes compostos e o comportamento reprodutivo e seleção sexual nas espécies (CAMERON, 2004; ROUBIK & HANSON, 2004).

Dentre as abelhas de hábito social mais conhecidas, destaca-se *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, que é uma espécie exótica ao Brasil, tendo sido introduzida no Brasil no século XIX. *Apis mellifera* se destaca da fauna de abelhas sem ferrão (Meliponini) por apresentar importância

econômica bastante expressiva, pois através da apicultura são obtidos produtos utilizados tanto para a alimentação humana (mel, pólen, geléia real), como para farmacologia (própolis, apitoxina) e em diversos setores da indústria (cera, mel, própolis) (NOGUEIRA-NETO, 1997).

As abelhas Meliponini também se caracterizam por apresentarem espécies de hábito eussocial, sendo conhecidas principalmente no norte e nordeste do Brasil pelo extrativismo de mel, cerume e resinas (NOGUEIRA-NETO, 1997). Essas abelhas caracterizam-se pela atrofia do ferrão (vestigial), o que as impossibilita de ferocar. Elas exibem uma grande diversidade de comportamentos e modos de vida (CAMARGO, 2013), incluindo cleptobiose (NOGUEIRA-NETO, 1970) e necrofagia (CAMARGO & ROUBIK, 1991). Possuem diversidade de soluções arquitetônicas e o uso de diferentes substratos (ROUBIK & MORENO, 2009) como também a associação com outros organismos, como formigas, vespas, cupins e pássaros para construir seus ninhos (CAMARGO & PEDRO, 2003; RASMUSSEN & CAMARGO, 2008; ROUBIK, 2006). Estudo realizado com a fauna de abelhas sem ferrão no Brasil, mostrou que somente para a tribo Meliponini foram registradas 244 espécies válidas e cerca de 89 formas não descritas (espécies já reconhecidas pelo autor, mas que não foram publicadas ainda), pertencentes a 29 gêneros (PEDRO, 2014). Cerca de 87 destas espécies são endêmicas, correspondendo a cerca 20% do número de espécies estimadas de abelhas neotropicais sem ferrão (PEDRO, 2014).

2.2 MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

Métodos para amostragem de abelhas foram desenvolvidos cada um com seus próprios benefícios e limitações, incluindo esforço de amostragem, habilidade necessária, vieses taxonômicos e de grupo funcional, e custo de implementação. No entanto, ainda não há consenso sobre qual método é mais eficiente ou mais ideal, pois depende do sistema de estudo e pesquisa alvo (PRENDERGAST *et al.*, 2020). Porém, tem sido recomendado o uso de diferentes métodos de amostragem, porque os métodos muitas vezes são complementares para pesquisa da fauna de abelhas que eles coletam (KRUG E ALVES-DOS-SANTOS, 2008; WILSON *et al.*, 2008; BERGLUND & MILBERG, 2019; ARRUDA *et al.*, 2022).

As comunidades de abelhas nativas têm sido notoriamente difíceis de amostrar quando o objetivo é uma lista de espécies para uma localização ou uma estimativa imparcial das abundâncias relativas das espécies de abelhas. Taxonomistas interessados em obter raridades têm usado durante anos uma série de ferramentas passivas úteis para aumentar a amostragem, incluindo armadilhas

Malaise e armadilhas pan trap (ou tigela ou Moericke) (CANE, 2000), além da captura ativa utilizando rede entomológica (SAKAGAMI *et al.*, 1967).

Recentemente, o pan-traps ou Armadilhas Coloridas com Água (ARCAS) tem sido amplamente empregado como único meio para amostrar facilmente as comunidades locais de abelhas, embora sob diferentes configurações (MOREIRA *et al.*, 2016). Esta armadilha tem vários apelos, é simples, são colocadas no chão e parcialmente preenchidos com água e uma gota de detergente para servir como surfactante. Os insetos, principalmente as abelhas, pousam na superfície da água e afundam. As abelhas afogadas são então recuperadas no final do dia. Os Pan-traps evitam a necessidade da habilidade de coletores treinados em protocolos de amostragem que minimizam vieses individuais (CANE, 2000).

Outro método utilizado especificamente para o levantamento da tribo Euglossini, é a utilização de iscas odores para a atração e coleta de machos, sendo esta uma técnica amplamente conhecida (REBÊLO, 2001). Os machos de Euglossini são facilmente atraídos por certos terpenóides e hidrocarbonetos aromáticos sintéticos, análogos àqueles presentes nas fragrâncias florais (HILLS *et al.*, 1972). Os machos são normalmente velozes e ariscos, porém, certas substâncias os deixam lentos e embriagados facilitando a sua coleta (DODSON *et al.*, 1969). As iscas odoríferas mais comumente utilizadas são eugenol, vanilina, cineol, eucaliptol e cinamato de metila. Há diversos trabalhos que mostram as iscas odoríferas preferidas pelas diversas espécies de Euglossini, no entanto, ainda não há uma padronização com relação aquelas que trariam melhores resultados caso fossem empregadas (FARIAS & MARTINS, 2013).

No entanto, a rede entomológica é o principal instrumento de um entomólogo para a coleta de insetos e continua sendo o método mais utilizado em pesquisas à campo para o levantamento da fauna de abelhas. É utilizada para captura ativa de insetos em vôo ou pousados na vegetação. Os resultados das coletas com rede entomológica podem ser comparáveis entre diferentes áreas geográficas desde que seja padronizado o tipo de rede entomológica (diâmetro do aro), que os coletores envolvidos tenham as mesmas habilidades e empreguem o mesmo esforço de coleta (tempo de coleta ou número de batidas na vegetação) (RAFAEL, 2002).

2.3 FAUNA DE ABELHAS DO CERRADO

O Cerrado, também conhecido como Savana Brasileira, ocupa uma área de 2.045.064 km², representando o segundo maior ecossistema do Brasil, indo desde os estados de Rondônia,

Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Goiás (incluindo Distrito Federal), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (AQUINO & OLIVEIRA, 2006; SANO *et al.*, 2007). Como resultado de sua grande cobertura, este ecossistema apresenta uma grande variedade de fitofisionomias. Coutinho (1978) define o cerrado como um mosaico vegetal fisionômico, sendo caracterizado pela abundância de espécies herbáceas, arbustivas e espécies arbóreas, que variam de áreas abertas (campo limpo) a florestas (cerradão). Um mosaico fisionômico é estabelecido pela integração do clima sazonal, disponibilidade de água, condições edáficas, fogo e herbivoria (SCARIOT *et al.*, 2005). A variação espacial de tal mosaico resulta em uma alta heterogeneidade da paisagem (AB'SABER, 2003; SCARIOT *et al.*, 2005), e, conseqüentemente, em alta biodiversidade.

Considerado como um dos hotspots mundiais de biodiversidade, o cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas. De acordo com estimativas recentes, o cerrado é o refúgio de 35% das abelhas presentes no território brasileiro (BRASIL, 2018). As abelhas também representam o grupo mais importante de polinizadores do Cerrado (BIESMEIJER *et al.*, 2005; GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006), e as abelhas sem ferrão podem representar a maior biomassa de insetos que visitam flores em áreas onde ocorrem devido, especialmente, às suas colônias perenes e numerosas, consistindo de muitos trabalhadores que podem ser recrutados para reunir recursos (MICHENER, 2007). Comparando-se a apifauna deste com outros biomas, nota-se que as abelhas do cerrado apresentam grande riqueza em número de espécies e indivíduos, apresentando ainda variação na composição das espécies relacionada à variação florística (SILVEIRA & CAMPOS, 1995). Assim, as abelhas sem ferrão são muito importantes para manter a variabilidade genética da flora remanescente do cerrado.

A família Apidae apresenta maior abundância em relação às demais famílias em área de cerrado. Uma análise faunística realizada em um fragmento de Cerradão no estado de São Paulo mostrou que, de todos os Hymenoptera visitantes florais coletados, 91,7% eram abelhas (D'AVILA & MARCHINI, 2008), caracterizando as abelhas como os principais polinizadores no cerrado. Segundo Silva *et al.* (2012), ao estudarem a distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito observaram que dentre os oito tipos de polinização zoófila encontradas, a fração de plantas polinizadas exclusivamente ou principalmente por abelhas foi grande em todas as áreas estudadas.

Ademais, o número de sementes ou tamanhos de frutos são melhorados pela polinização promovida pelas abelhas (BARTOMEUS *et al.*, 2014). Muitas espécies de plantas dependem

exclusivamente das abelhas para a sua polinização nas áreas de cerrado, como por exemplo, as pertencentes à família Malpighiaceae, que produzem óleo floral coletado por abelhas das tribos Tapinotaspidini (e.g., gênero *Paratretrapedia*), Tetrapediini (gênero *Tetrapedia*) e Centridini (e.g., gêneros *Epicharis* e *Centris*), além de outras espécies com flores de pólen, como as pertencentes às famílias Fabaceae (e.g., *Senna* e *Chamaecrista*), Cochlospermaceae (*Cochlospermum*), Melastomataceae (*Cambessedesia*, *Microlicia*, *Rhynchanthera*, *Trembleya*), Ochnaceae (*Ouratea*) e Solanaceae (*Solanum*), que são tipicamente polinizadas por abelhas que fazem vibração nas anteras, como as dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Oxaea* e *Xylocopa* (SILVA *et al.*, 2012). Pela alta diversidade de plantas presentes no Cerrado do estado do Tocantins (HAIDAR *et al.*, 2013), supõe-se a existência de alta diversidade de polinizadores, que são um dos principais fatores responsáveis pela manutenção da diversidade vegetal (PAPANIKOLAOU *et al.*, 2017).

2.4 RESERVA PARTICULAR DE PATRIMÔNIO NATURAL (RPPN CANGUÇU)

As Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN) se constituem em uma modalidade de Unidade de Conservação de domínio privado (pessoa física ou jurídica), gravada com perpetuidade na matrícula do imóvel e sua criação não afeta a titularidade do imóvel. O principal objetivo de uma RPPN é conservar a diversidade biológica (BRASIL, 2022). O Centro de Pesquisa Canguçu (RPPN Canguçu) está localizado no município de Pium, sudoeste do estado do Tocantins, situado ao sul do Parque Estadual do Cantão (PEC). Este encontra-se na região centro-oeste do estado a uma distância de 260 km de Palmas, a capital.

O ambiente da reserva é um ecótono complexo, formado pela confluência de dois grandes biomas, o Cerrado e a Floresta Amazônica, com a presença de inúmeros lagos e que possui um regime de enchentes em determinada época do ano, formando um mosaico de ecossistemas diferentes e únicos na região (GOPAL *et al.*, 2000). A singularidade e riqueza desses ecossistemas, caracterizada por formações vegetais típicas do Cerrado com elementos de Floresta Ombrófila, representativos do Bioma Amazônico, forma um ambiente rico em biodiversidade (BRASIL, 2019; PINHEIRO e DORNAS, 2009; SANTOS & LOLIS, 2007). Dado essa riqueza de biodiversidade presente no Canguçu, a biodiversidade e a ecologia desses ecossistemas na zona de transição de floresta tropical úmida para seca é mal compreendido e são poucos os estudos sobre a biodiversidade da fauna dessas regiões (PINHEIRO & DORNAS, 2009) e, não há relatos sobre estudos de biodiversidade da apifauna na região do Canguçu.

2.5 PARQUE ESTADUAL DO LAJEADO (PEL)

O Parque Estadual do Lajeado (PEL) é uma Unidade de Conservação que tem como objetivo a manutenção dos recursos naturais (biodiversidade) em seu estado original para usufruto das gerações atuais e futuras através da implantação de estratégias de proteção ao patrimônio natural, onde fauna e flora são conservadas, assim como os processos ecológicos que regem os ecossistemas. O PEL localiza-se no município de Palmas, a leste da capital, e sua entrada principal está a aproximadamente 18 km da capital, na TO-020. Está inserido no bioma cerrado, dentro de uma Área de Proteção Ambiental (APA), e possui características importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental: água em abundância (charcos, lagos, córregos, ribeirões, nascentes, cachoeiras, etc.) e heterogeneidade ambiental. Essas características são importantes para manter uma rica fauna regional com representantes de diversos grupos de vertebrados e invertebrados (NATURATINS, 2005)

O PEL apresenta atributos ambientais importantes, a exemplo das cachoeiras, nascentes, pinturas rupestres e importantes representantes da fauna e flora. Entretanto, ao longo dos anos tem sido impactado pela antropização, com desmatamentos e queimadas, que são voltadas para a atividade de pecuária. É necessário, portanto, proteção adequada a todos os componentes que ali se encontram, para que não haja migração, perturbação ou desaparecimento nativo, mantendo a integridade da paisagem (COLEN, 2007).

Considerando o bioma ao longo de sua extensão, não há relatos na literatura de estudos de levantamento da biodiversidade de abelhas em áreas de cerrado no estado do Tocantins. Tendo em vista que o conhecimento da diversidade de polinizadores é fundamental para que ocorra a conservação da biodiversidade (RODARTE *et al.*, 2008), realizar o levantamento da biodiversidade de abelhas no cerrado do Tocantins irá contribuir para ampliar o conhecimento das abelhas desse bioma, já que este possui 98% do território desse estado são originalmente cobertos por esse bioma.

2.6 FRAGMENTOS FLORESTAIS NATURAIS - IPUCAS

Fragmentos de floresta natural inundados sazonalmente, regionalmente conhecidos como ‘Ipuca’ ou ‘Impuca’ (EITEN 1985), são encontrados nas várzeas de depressão de relevo da planície aluvial do médio Araguaia no Brasil central, no Estado do Tocantins e parte do Estado do Mato

Grosso (MARTINS *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2008). Esses fragmentos estão localizados na região Centro-Oeste do Brasil, no ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. O mosaico de habitats encontrado na planície aluvial do Araguaia tem um papel importante na promoção da alta biodiversidade dessa área e os fragmentos naturais da floresta podem atuar como refúgio e recurso alimentar para diversas espécies (ROCHA *et al.*, 2014).

A fitofisionomia das Ipucas aparece em forma de fragmentos de diferentes formatos e tamanhos em meio às paisagens da planície do Médio-Araguaia. São compostas de espécies da flora da Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado e, floristicamente, estão intimamente relacionados com a floresta de galeria da região centro-oeste do Brasil (MARTINS *et al.*, 2008). Esses fragmentos representam uma paisagem peculiar quando comparada aos tipos de vegetação circundantes, que são compostos principalmente de ‘varjão’ - um terreno sazonal não-florestal inundado localizado nas partes mais baixas do terreno (MARTINS *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2008). Os “varjões sujos” ou “campos de murundus” caracterizam-se como campos úmidos com “ilhas” ou montes de terra elevada, dominados por extratos arbóreos-arbustivos do cerrado, formando um padrão regular (ARAÚJO NETO *et al.*, 1986). Eventualmente, verificou-se a ocorrência de plântulas e subarbustos de espécies lenhosas sobre os murundus, tendo destaque as espécies como o murici (*Brysonima* sp.) e a lixeira (*Curatella americana*) (MARTINS *et al.*, 2002).

O estudo da diversidade presente nas Ipucas torna-se premente, devido às ameaças decorrente da forte pressão antrópica da região. O processo de expansão da fronteira agrícola na região é uma fonte potencial de distúrbios sobre o meio ambiente, provocando modificações de elementos componentes da estrutura física dos ecossistemas e da paisagem das Ipucas (MARTINS *et al.*, 2002). Apesar de ocorrer como manchas, Martins *et al.* (2008) sugeriram que as Ipucas podem atuar como pontos de ligação entre as matas ciliares e os remanescentes florestais do Cerrado, que deve favorecer a dispersão e a conservação da fauna que abrigam. Não há relatos de estudos de abelhas nestes fragmentos encontrados na planície aluvial do Araguaia. No entanto, estudos revelaram a presença de uma biodiversidade rica de insetos da ordem Hymenoptera (M. Bragança, dados não publicados), com alta abundância das vespas da família Mymarommatidae (BRAGANÇA *et al.*, 2004). Estas vespas são consideradas raras em diversas regiões do mundo e, na região das ipucas, correspondeu à coleta mais abundante de indivíduos dessa família em nível mundial.

CAPÍTULO 1

A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em área de transição Cerrado e Cerrado-Floresta Amazônica no estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

1 INTRODUÇÃO

As abelhas (Hymenoptera, Anthophila) estão entre os grupos de insetos polinizadores mais importantes do mundo, principalmente em regiões temperadas e tropicais. Este grupo taxonômico é considerado de grande diversidade, e o último censo mostrou uma apifauna de aproximadamente 20.800 espécies válidas distribuídas ao redor do globo (ORR *et al.*, 2021). No entanto, estimativas mostram que existem muitas outras espécies ainda a serem descritas, principalmente na região Neotropical. Quando se trata da apifauna nacional, cerca de 2.000 espécies foram recentemente reconhecidas como válidas para o Brasil (ASCHER & PICKERING 2020; ITIS 2021), distribuídas nas seguintes famílias: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae e Megachilidae (MICHENER, 2007; MOURE, *et al.* 2012). No entanto, outra estimativa previu uma fauna de abelhas de aproximadamente 3.000 espécies de abelhas no Brasil (SILVEIRA, *et al.* 2002).

Um bom exemplo que representa a incrível biodiversidade de abelhas no Brasil são as abelhas sem ferrão (tribo Meliponini, Apidae corbiculadas), uma das tribos mais conhecidas pelo interesse em sua apicultura (meliponicultura), uma vez que são eussociais e podem ser manejadas para a produção de mel (e outros produtos) e polinização de culturas. Para esta tribo, 244 espécies foram reconhecidas como válidas em 2014, estas distribuídas em 29 gêneros, e também computadas aproximadamente 90 “morfoespécies” já reconhecidas por diferentes autores (supondo que sejam espécies novas) (PEDRO, 2014). Entre as espécies de Meliponini registradas para a fauna brasileira, aproximadamente 90 espécies são endêmicas e correspondem a 20% da estimativa para espécies de abelhas sem ferrão Neotropicais (PEDRO, 2014). Também é importante ressaltar que, após 2014, vários autores descreveram várias outras espécies de Meliponini de diferentes gêneros para o Brasil, como por exemplo, para os gêneros *Trichotrigona* (PEDRO & CORDEIRO, 2015), *Scaura* (NOGUEIRA *et al.*, 2019), *Paratrigona* (OLIVEIRA *et al.*, 2020), *Scaptotrigona* (NOGUEIRA *et al.* 2022b; ENGEL, 2022a,b,c) e *Tetragona* (NOGUEIRA *et al.*, 2021, 2022a), entretanto, poucos relatam apenas algumas espécies ocorrendo no Tocantins (NOGUEIRA *et al.*, 2019, 2021, 2022a).

Outra tribo que merece destaque é a tribo Euglossini (apidae corbiculadas), popularmente conhecidas como abelhas das orquídeas, uma vez que, além de serem polinizadores essenciais para a família Orchidaceae, os machos desta tribo coletam substâncias aromáticas das flores das orquídeas para atração das fêmeas (DODSON, 1962; DRESSLER, 1967, 1968a, 1968b, WILLIAMS, 1982; WILLIAMS & WHITTEN, 1983; WHITTEN *et al.*, 1989, 1993, REBÊLO & GARÓFALO, 1997; ELTZ *et al.*, 1999, 2003; ROUBIK, 2004); os machos armazenam as substâncias aromáticas no órgão tibial das patas traseiras (que contém um tecido esponjoso), o que torna as tíbias posteriores desses insetos bastante largas. Os Euglossini são predominantemente Neotropicais, representados por cerca de 250 espécies, sendo 128 registradas no Brasil (ASCHER & PICKERING, 2022). Essas abelhas são conhecidas por sua beleza, que inclui o brilho metálico de muitas espécies, e os machos são facilmente coletados com o uso de substâncias aromáticas (CAMPOS *et al.*, 1989, NEMÉSIO & MORATO, 2006).

Ainda em relação às famílias de abelhas com grande diversidade, a família Halictidae, uma das mais diversificadas do Brasil, cujas espécies chamam a atenção por suas belas cores verde, azul, avermelhado, ou mesmo pelo brilho metálico, como as abelhas da tribo Euglossini, pouco se conhece sobre a fauna do Estado do Tocantins. As abelhas desta família apresentam diferentes níveis de sociabilidade, desde solitárias até sub-sociais. A tribo Augochlorini é uma das mais diversas da família e bem representada em áreas de floresta tropical, com sua diversidade mais marcante no sul do Brasil e Argentina. Recentemente, desta tribo, o gênero *Augochlora* Smith, 1853 foi revisado para espécies do Nordeste e Sul do Brasil (Lepeco & Gonçalves 2020a, 2020b), restando lacunas no conhecimento sobre a fauna do Tocantins.

A principal relevância ecológica das abelhas está relacionada ao serviço ecossistêmico que elas prestam, que se expressa pelo seu papel na polinização das angiospermas, que é um fenômeno biológico vital em áreas naturais e também em diversas áreas de cultivo (GARIBALDI *et al.*, 2016). A polinização é um dos mecanismos mais importantes para manter a variabilidade genética das plantas e conservar a biodiversidade e a vida em geral no planeta (THAKUR *et al.*, 2012). No entanto, as recompensas florais fornecidas pelas plantas durante a polinização não são o único requisito das abelhas para ocupar e persistir no ambiente. Eles também precisam de substratos de nidificação e condições climáticas favoráveis, entre outros fatores essenciais, seja em ambientes naturais ou em locais cultivados (GIANNINI *et al.*, 2017, OLLERTON, 2017).

Do ponto de vista ecológico, conhecer a diversidade taxonômica e funcional das abelhas é essencial para entender melhor o funcionamento dos ecossistemas a fim de garantir a conservação

da biodiversidade, bem como a segurança alimentar e a subsistência humana (BORGES *et al.*, 2020; CAMPBELL *et al.*, 2022). Estudos voltados para a conservação de abelhas requerem conhecimento taxonômico e biológico para determinar espécies importantes desses polinizadores em florestas nativas de diferentes regiões (THAKUR *et al.*, 2012).

Os levantamentos de apifauna podem ser considerados as principais fontes de registros das abelhas sobre suas plantas hospedeiras (as que fornecem registros de alimentos e outros recursos utilizados), pois permitem a observação e coleta de dados em campo, além de ampliar o conhecimento da taxonomia das espécies, interações e distribuição geográfica. Além disso, são ferramentas importantes para avaliar a abundância e riqueza local de polinizadores, além de possibilitar o melhor entendimento das variações geográficas e temporais desses insetos, levantando dados importantes para a proposição de novas ações de conservação (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, onde as abelhas se destacam como os principais polinizadores (GOTTSBERGER & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, 2006). Estudos anteriores sugerem que a apifauna do Cerrado apresenta maior riqueza de espécies e maior abundância do que outros biomas. A composição de espécies em áreas de Cerrado pode apresentar alta variação devido à composição florística (SILVEIRA & CAMPOS, 1995). Além disso, a riqueza de espécies de abelhas pode ser ainda maior em regiões de ecótono entre áreas de Cerrado e Floresta Amazônica, e podem revelar achados importantes quanto aos limites de distribuição em qualquer um dos biomas considerados na transição. Um bom exemplo disso é o estudo realizado neste tipo de área de transição, que relatou que a comunidade de abelhas possuía 15 espécies endêmicas da região amazônica, uma espécie endêmica do Cerrado e 27 espécies comuns tanto à Floresta Amazônica quanto ao Cerrado (ALMEIDA *et al.*, 2019).

A apifauna em um ecótono Cerrado-Amazônia e em uma área de Cerrado foram levantados para permitir o entendimento da comunidade de abelhas no Estado do Tocantins, Brasil. O território do Tocantins é caracterizado por 92% de cobertura de Cerrado e 8% de Floresta Amazônica, a região central dos estados é caracterizada por uma cobertura vegetal apresentando ambientes fitoecológicos de Floresta Estacional de Cerrado (HAIDAR *et al.*, 2013), enquanto há uma zona de ecótono (Zona de Tensão Ecológica) a oeste do estado, entre os biomas Cerrado e Floresta Amazônica (MARIMON *et al.*, 2006).

Conhecer a apifauna de uma determinada região é a principal ferramenta para conhecer os polinizadores locais e definir estratégias adequadas para explorar e conservar os recursos

biológicos em comunidades vegetais e animais (MATHESON *et al.*, 1996; PROCTOR *et al.*, 1996). Além disso, conhecer a apifauna é uma forma de obter informações significativas sobre a diversidade das abelhas e padrões de densidade populacional, variações sazonais e geográficas, bem como o período de maior atividade forrageira (OLIVEIRA & CAMPOS, 1995). Conhecer a apifauna de uma determinada área ajuda a ampliar o conhecimento existente sobre ela, pois tal conhecimento produz dados sobre a diversidade e distribuição geográfica das abelhas (SILVEIRA & GODÍNEZ, 1996).

Existem vários estudos sobre comunidades de abelhas no Cerrado mostrando um número relativamente grande de espécies neste bioma brasileiro (FARIA & SILVEIRA, 2011; PIRES *et al.* 2013; LIMA & SILVESTRE, 2017; ROEL *et al.*, 2019). No entanto, com relação ao Cerrado no Estado do Tocantins, encontramos apenas o registro de um estudo sobre a diversidade de abelhas no Estado. Foi realizado em uma área de transição Cerrado-Floresta Amazônica no norte do estado do Tocantins: registrou 83 espécies distribuídas em 38 gêneros (SANTOS *et al.*, 2004).

Portanto, há uma enorme lacuna no conhecimento sobre a fauna apícola nesta região brasileira. Segundo Santos *et al* (2004), a comunidade apícola nesta região é pouco diversificada em relação às expectativas, uma vez que avaliaram uma área localizada em uma zona de grande diversidade ambiental e biológica. No entanto, o método de coleta adotado por eles foi baseado na coleta de abelhas em flores com rede entomológica, com base na metodologia descrita por SAKAGAMI *et al.* (1967). Embora esta técnica seja mais utilizada e recomendada para levantamentos de abelhas dada a grande diversidade amostral que ela proporciona, principalmente quando também são levantados os registros das flores visitadas, seu desempenho depende totalmente da habilidade dos coletores. Assim, estudos anteriores apontaram melhores resultados para o número de espécies amostradas quando múltiplos métodos são utilizados como metodologia de coleta para completar o método baseado no uso de redes entomológicas (MOREIRA *et al.*, 2016, SIRCOM, *et al.*, 2018).

Armadilhas passivas, como as Armadilhas de Água Coloridas (ARCAs ou Pantraps), destacam-se entre esses métodos de amostragem múltipla frequentemente usados para coletar abelhas. Essas armadilhas consistem em placas plásticas coloridas (geralmente azuis, amarelas e brancas) que refletem os raios ultravioleta (UV) que simulam flores para atração de abelhas (CAMPBELL & HANULA, 2007). Outro método passivo, desenvolvido especificamente para a tribo de abelhas Euglossini, consiste em armadilhas com isca de odor, uma vez que os machos desta tribo são facilmente atraídos por compostos sintéticos que mimetizam essências florais

(NEMÉSIO, 2012; NEMÉSIO & VASCONCELOS, 2014). As armadilhas Malaise funcionam interceptando insetos (em geral) em voo, principalmente Diptera e Hymenoptera; também são eficientes na coleta de abelhas (CRUZ *et al.*, 2009).

Apenas alguns levantamentos padronizados aplicados a Apoidea foram realizados no bioma Cerrado e em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica. A maioria dos estudos publicados leva em consideração apenas a diversidade de tribos específicas, como Meliponini ou Euglossini (ROEL *et al.*, 2019; OLIVEIRA-JUNIOR *et al.*, 2015). Além disso, a maioria dos levantamentos utiliza apenas um método de coleta (SANTIAGO *et al.*, 2009; ROEL *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2004), e poucos deles utilizam mais de um método de coleta (ALMEIDA *et al.*, 2019, FERREIRA *et al.*, 2019).

Ao levarmos em consideração que existem poucos estudos realizados na área de Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil e em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica, o objetivo do presente estudo foi descrever pela primeira vez a composição da comunidade de abelhas, sua riqueza e abundância, em área de Cerrado do estado do Tocantins, bem como ampliar o conhecimento sobre a fauna de abelhas em área de transição Cerrado-Floresta Amazônica, no mesmo estado, a fim de contribuir com o conhecimento sobre a biogeografia das abelhas brasileiras.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAIS DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em duas áreas naturais no Estado do Tocantins (Brasil): (i) uma área da Reserva Particular do Patrimônio Natural, no Centro de Pesquisas Canguçu (RPPN Canguçu), localizado no município de Pium, oeste do Estado do Tocantins, 135 km da cidade de Palmas (Figuras 1A e 2); e (ii) uma área no Parque Estadual do Lajeado, também conhecido como PEL, localizado na região Centro-Sul do estado, distante 32 km da cidade de Palmas (Figuras 1B e 3). A RPPN Canguçu possui área total de 60,10 ha (9°58'45,31"S, 50°2'12,44"W) e está localizada entre duas Unidades de Conservação – Parque Nacional do Araguaia e Parque Estadual do Cantão (Brasil 2004). A área que abriga o PEL abrange 9.931 ha, está distribuída uniformemente no quadrado entre os paralelos 10°00' e 10°11' Sul, entre os meridianos 48°10' e 48°19' Oeste. A área

do PEL é circundada pela Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Lajeado (NATURATINS, 2005).

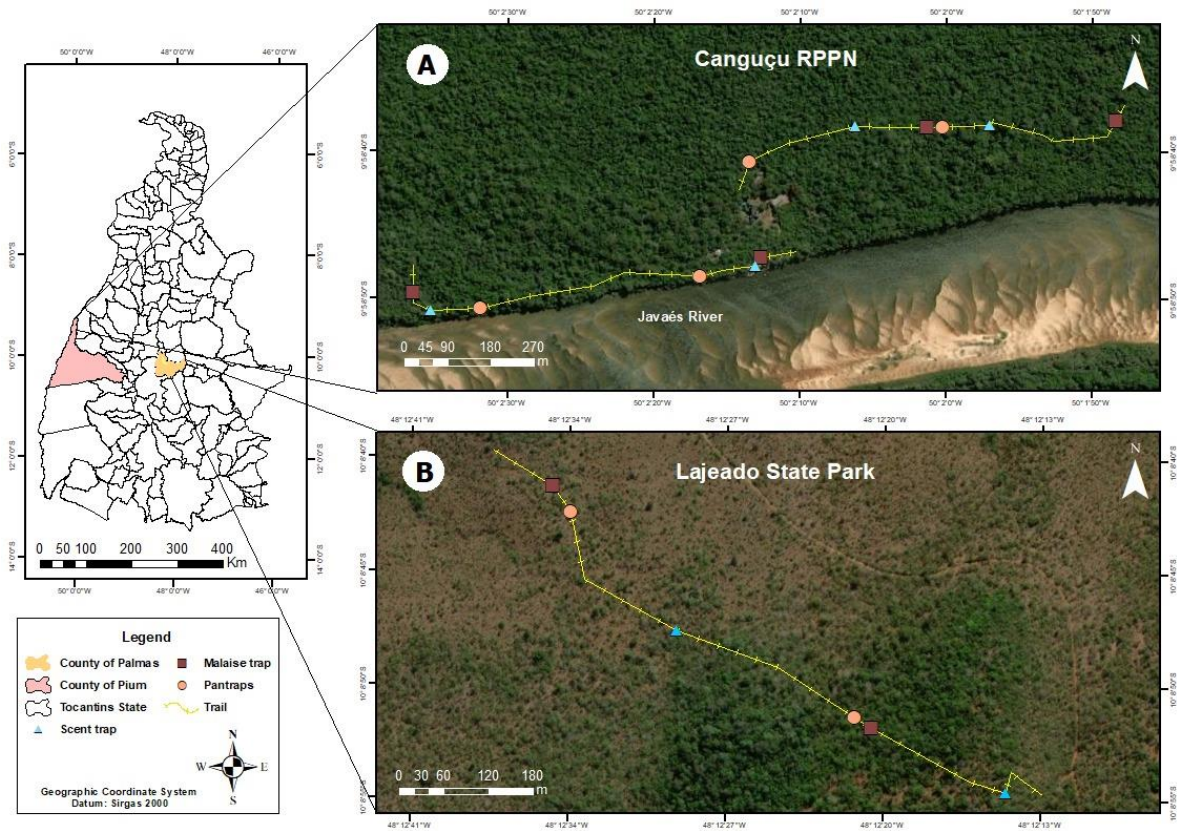


Figura 1. Localização tanto do Centro de Pesquisas Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN) (A) quanto do Parque Estadual do Lajeado (PEL) (B), onde foi realizado o levantamento apícola (Palmas, 2021).

O clima em ambas as regiões é classificado como Aw, do tipo tropical, com inverno seco, baseado na classificação de KÖPPEN (1948). Apresentam estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e estação seca no inverno, de maio a outubro. A temperatura média anual é próxima de 26,7°C e a precipitação anual é superior a 750 mm – pode chegar a 1.800 mm.

A RPPN Canguçu está localizada na macrorregião ecótona Cerrado-Amazônia (HAIDAR *et al.*, 2013). É coberto principalmente por vegetação de Cerrado, com formações florestais (Mata Ciliar) e Floresta Estacional Semidecidual (Floresta do *Torrão*) (NATURATINS, 2005). Existem duas trilhas na área desta reserva, que foram utilizadas pela equipe de pesquisa; cada uma delas tinha 1.000m de extensão, aproximadamente, em linha reta: uma trilha em vegetação típica da

Floresta Estacional Semidecidual, com árvores de grande porte; a outra trilha era coberta por vegetação típica do Cerrado e localizava-se às margens do Rio Javaés (Figuras 1A e 2). No PEL, uma trilha pré-existente de 1000m de extensão em linha pouco sinuosa foi utilizada neste estudo (Figuras 1B e 3). Esta trilha está inserida em cobertura vegetal de cerrado, passando por quatro fitofisionomias: Mata Seca Semidecídua, Cerradão, Cerrado Típico e Cerrado Ralo. O estudo foi autorizado pelos órgãos de Inspeção Ambiental Estadual e Federal de ambas as regiões: Processo n. 4306-2018-B e requisito n. 5883-2018 em Naturatins e registro n. 62583-1 no Sistema de Autorização e Informação sobre Biodiversidade (SISBIO).

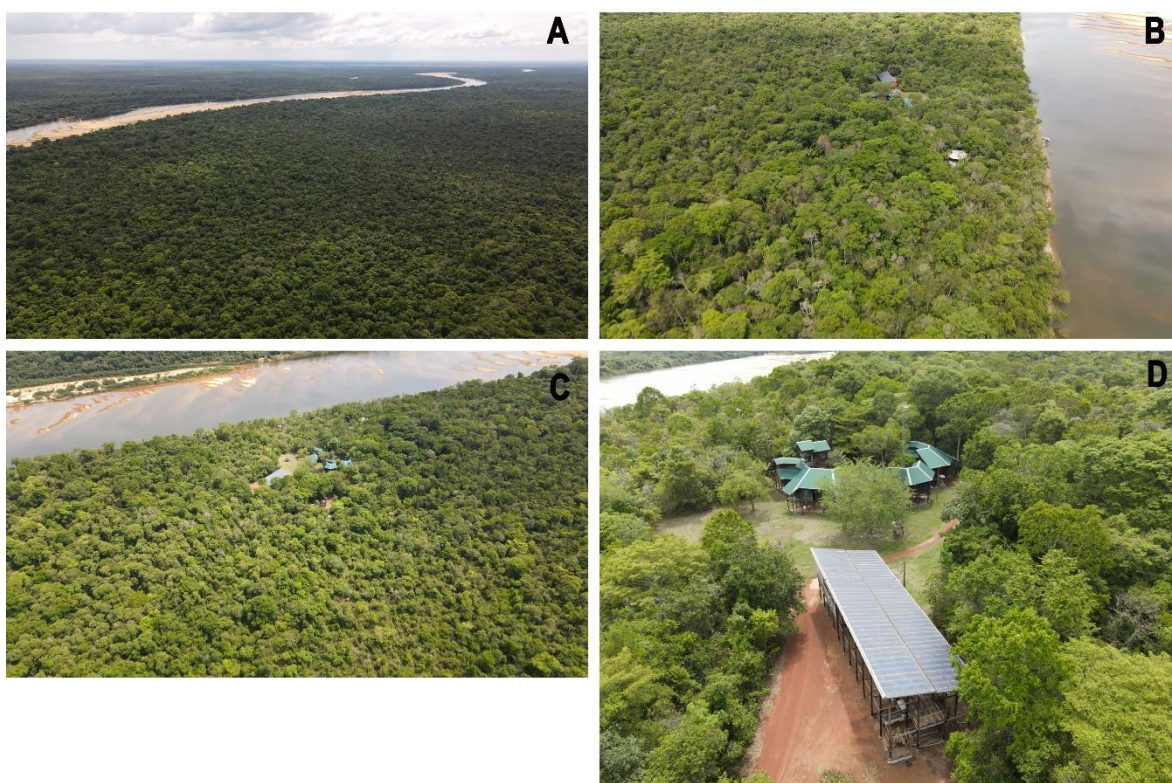


Figura 2. Perímetro do Centro de Pesquisas Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN), onde foi realizado o levantamento apícola: A- vista aérea geral da RPPN; B e C- vista aérea da trilha próxima ao rio Javaés; D- vista aérea da trilha próxima à sede do Centro de Pesquisas Canguçu (Marcolino, 2021).

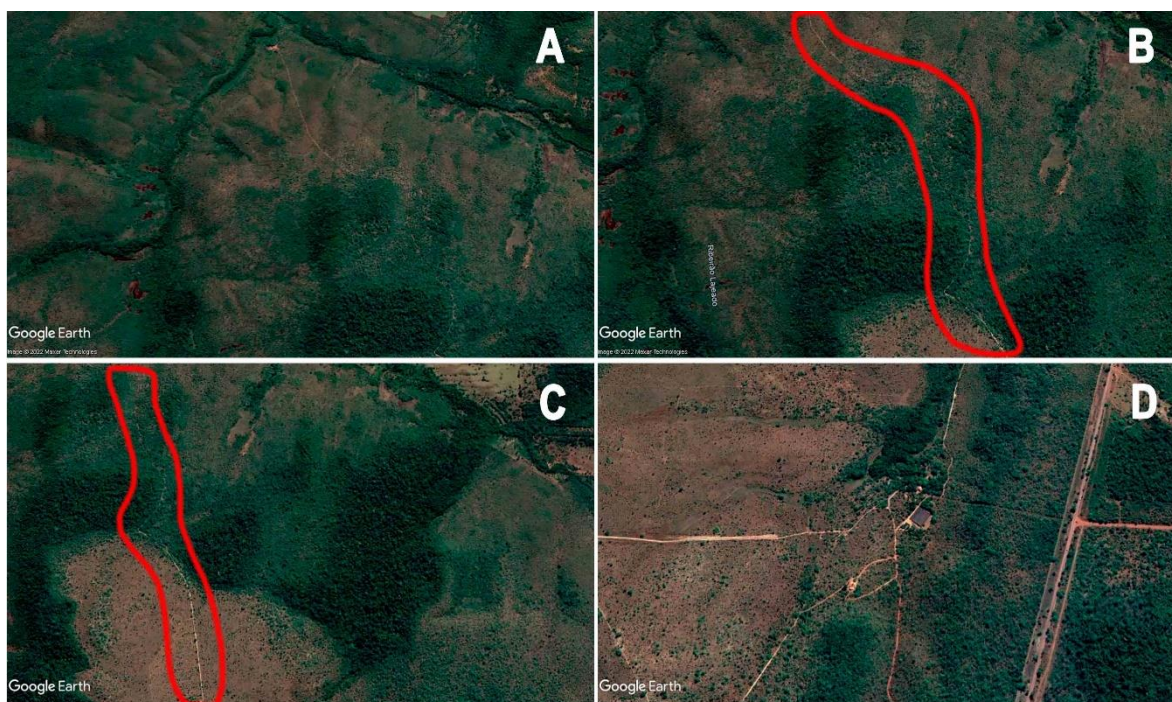


Figura 3. Perímetro do Parque Estadual do Lajeado (PEL), onde foi realizado o levantamento apícola. A- Vista geral do parque e trilha; B e C- Vista aérea da trilha estudada ao longo do trajeto percorrido; D- Vista aérea da sede administrativa do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), na Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Lajeado (Palmas, 2022).

2.2 AMOSTRAGEM DE ABELHAS

Cinco expedições foram realizadas para coletar abelhas em cada um dos dois locais de estudo. Três expedições foram realizadas na RPPN Canguçu na estação seca (maio, setembro e outubro de 2019) e duas foram realizadas na estação chuvosa (março de 2019 e fevereiro de 2020), enquanto duas expedições foram realizadas no PEL na estação seca (agosto e outubro de 2019) e três na estação chuvosa (abril e novembro de 2019 e janeiro de 2020). Seis (6) pontos de amostragem foram estabelecidos ao longo de 1000 m em cada trilha, em ambas as áreas a distância entre os pontos de amostragem em cada trilha foi alterada, dependendo da presença de clareiras onde pudessem ser instaladas armadilhas dos três métodos passivos de amostragem. Armadilhas de um dos três métodos passivos de amostragem foram instaladas em cada ponto de amostragem da trilha: Pantraps, Isca de Cheiro e Malaise Trap (Figura 4). Os três métodos de amostragem nos três pontos de cada trilha foram distribuídos aleatoriamente entre as expedições (Figura 4). A rede entomológica foi utilizada como o quarto método de amostragem de abelhas (ativo). Os quatro métodos são descritos abaixo.

Armadilhas coloridas (ARCA ou Pantraps): foram instalados dois conjuntos de pratos-armadilhas por trilha, cada conjunto com três pratos, um de cada cor (azul, amarela e branca; pratos com 10cm de diâmetro e 4,5cm de altura), sem UV. As pratos foram instalados próximos à vegetação, suspensos a 1m do solo, distantes 5m uns dos outros; foram preenchidos com aproximadamente 150 ml de água e 4-5 gotas de detergente. Os dois conjuntos de pratos permaneceram em campo entre 6h30 e 16h30, por dois dias consecutivos – eram retirados ao final de cada dia (Figuras 4A e 4B).

Armadilhas com isca de odor: neste método foram utilizadas garrafas plásticas de 2 litros para coleta das abelhas, cada uma delas com duas aberturas opostas na metade superior - gargalos do mesmo tipo de garrafa - pintadas de amarelo e vermelho - foram fixadas à direita e esquerda para entrada das abelhas (Figuras 4C, 4D e 4E). Um algodão com algumas gotas de uma das três essências diferentes (eucaliptol, eugenol ou vanilina) usadas para atrair os machos das abelhas Euglossini foi introduzido nas garrafas. Dois conjuntos de três garrafas, cada uma com uma das três essências, foram instalados em cada um dos dois pontos de amostragem nas trilhas. Cada garrafa, de cada conjunto, foi amarrada à vegetação, a aproximadamente 1,5 metros do solo, a 5 metros uma da outra. As armadilhas odoríferas foram mantidas ativas entre 06h30 e 16h30, por dois dias consecutivos.

Armadilha Malaise: Em cada trilha foram instaladas duas armadilhas deste tipo. As armadilhas permaneceram nos pontos de amostragem por 36 horas, e os pontos escolhidos para instalação foram as clareiras que apresentavam o maior número de plantas com flores próximas (Figura 4F). O frasco coletor da armadilha foi orientado para os lados de maior luminosidade, com base nas recomendações de Cruz et al. (2009).

Rede entomológica: este método foi usado para amostrar qualquer abelha parada ou sobrevoando as flores das plantas ao longo de cada trilha. Com base nesse método de captura ativa, uma dupla de coletores com redes entomológicas cruzou as trilhas avaliadas no Canguçu duas vezes pela manhã, entre 06:00 e 10:00 horas, e entre 07:00 e 11:00 horas, no PEL - o mesmo procedimento foi repetido entre 12h e 16h, em ambos os locais de estudo (Figura 4G). As abelhas coletadas foram imediatamente transferidas da rede para uma câmara mortífera preenchida com acetato de etila. A coleta de abelhas com base na metodologia de rede entomológica foi baseada em Sakagami et al. (1967).

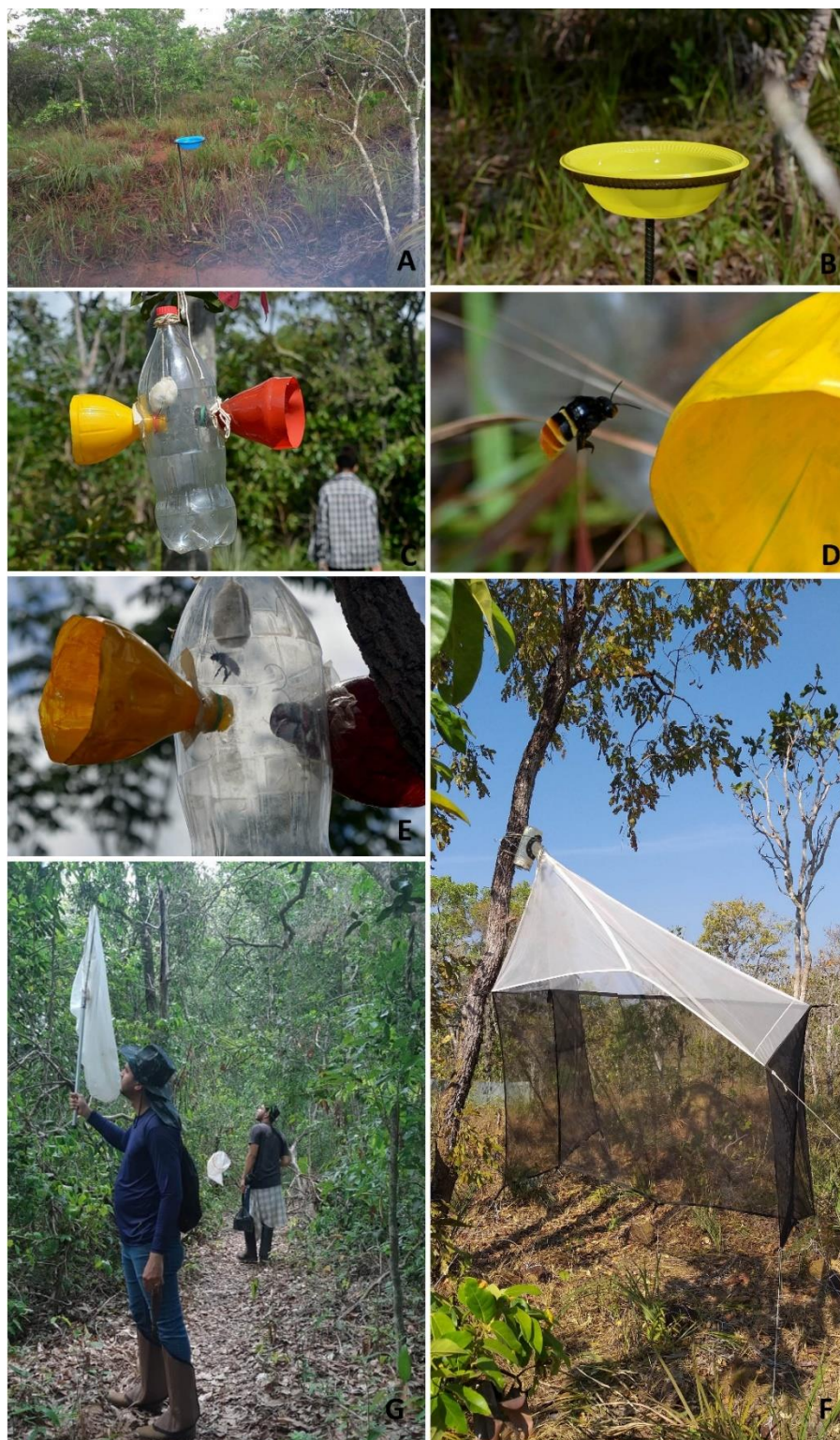


Figura 4. Métodos de coleta utilizados no levantamento de abelhas tanto no Centro de Pesquisas do Canguçu (Reserva Particular do Patrimônio Natural Canguçu - RPPN) quanto no Parque Estadual do Lajeado (PEL): A- Armadilha azul instalada no PEL; B- Pantrap amarelo instalado no PEL; C, D e E- Armadilhas odoríferas instaladas no PEL [D- *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira, 2006 atraídas pela isca odorífera; E- *Eulaema* (*Apeulaema*) *nigrita* Lepeletier, 1841 atraída pela isca odorífera; F- Armadilha Malaise instalada no PEL; G- Coleta direta com rede entomológica realizada na RPPN Canguçu (Pium – Palmas, 2019).

As abelhas capturadas em armadilhas odoríferas e coletadas com rede entomológica diariamente foram acondicionadas em frascos Falcon e Eppendorf, respectivamente – frascos etiquetados com etiquetas contendo informações sobre tipo de metodologia de coleta, local e data – e armazenados em freezer. As abelhas capturadas por pantraps foram lavadas em água após sua coleta e armazenadas em pequenos frascos de vidro rotulados preenchidos com álcool 70%. O material armazenado nos frascos coletores Malaise foi examinado em estereomicroscópio em laboratório, para separação dos espécimes. As abelhas foram armazenadas em pequenos frascos de vidro preenchidos com álcool 70%, rotulados com base no ponto de coleta, método de coleta e data de coleta. Posteriormente, todas as abelhas foram montadas em alfinetes entomológicos, etiquetadas e secas em estufa de secagem a 46°C por 72 horas. A classificação das famílias e tribos foi baseada em MICHENER (2007), e gêneros na Versão Online do Catálogo de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Região Neotropical (Moure et al. 2012). Parte dos espécimes de abelhas coletados foi armazenado na Coleção de Insetos do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Tocantins, Cidade de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil. As duplicatas foram doadas à Coleção de Referência Entomológica do Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS) do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Campus Ondina, Salvador, Bahia, Brasil. O banco de dados de acervos fiduciários está em processo de digitalização e em breve estará disponível no Sistema Brasileiro de Informações sobre Biodiversidade (SiBBr), Centro de Referência em Informações Ambientais (CRIA) e no Sistema Global de Informações sobre Biodiversidade (GBIF).

As informações sobre a distribuição geográfica das espécies de abelhas na Região Neotropical foram baseadas na versão online do catálogo de abelhas Moure (MOURE *et al.*, 2020; CAMARGO & PEDRO, 2013) e também na recente revisão taxonômica dos gêneros Meliponini que cita a fauna do Tocantins (NOGUEIRA *et al.*, 2019, 2021, 2022a). E mais especificamente, o registro das abelhas do Estado do Tocantins também foi baseado no trabalho de Santos et al. (2004). Todas as espécies ou gêneros registrados no presente artigo que não constam neste catálogo ou nas publicações listadas acima como ocorrendo no Estado do Tocantins foram considerados como novo registro de ocorrência no estado, e marcados na tabela com um asterisco (Tabela 1).

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Os padrões apresentados pela comunidade apícola foram caracterizados por diferentes índices faunísticos: frequência relativa e constância (Silveira Neto et al. 1976), dominância das espécies (Kato et al. 1952), índice de Margalef, abundância de S. As classes de frequência foram estabelecidas para cada espécie com base em Intervalos de Confiança (IC) a 5% de probabilidade: pouco frequente (LF) = $f <$ que o limite inferior (LL) de 5%; frequente (F) = f dentro do IC 5%; muito frequente (VF) = $f >$ que o limite superior (UL) do IC 5%. Utilizou-se a classificação de Bödenheimer para a constância das espécies nas coleções (citado por Silveira-Neto et al. 1976) – as espécies foram consideradas constantes (W) quando sua taxa de ocorrência foi igual ou superior a 50%, foram consideradas espécies acessórias (Y) quando sua taxa de ocorrência variou de 25% a 50%, e foram consideradas espécies acidentais (Z) quando sua taxa de ocorrência foi igual ou inferior a 25%. A dominância (D) de uma determinada espécie foi identificada quando o limite inferior do seu intervalo de confiança (Kato et al. 1952) foi superior ao número total invertido de espécies multiplicado por 100, baseado em Sakagami *et al.* (1967).

As características foram distribuídas em classes de abundância com base no intervalo de confiança (IC) do número de indivíduos (n) a 5% e nível de significância de 1%, baseado em Bicelli *et al.* (1989). Os limites de classe considerados foram Raro (r) = n inferior ao limite inferior do IC 1%; Dispersar (d) = n entre os limites inferiores dos ICs 1% e 5%; Comum (c) = n localizado dentro do IC 5%; Abundante (a) = n localizado entre os limites superiores dos ICs de 5% e 1%; Muito abundante (m) = n superior ao limite superior do IC de 1%. Os intervalos de confiança para as classes de frequência, constância e abundância e os valores registrados para o teste F para determinação da dominância foram calculados nas funções estatísticas do Microsoft Excel, versão 2013. Espécies que apresentaram os maiores valores nas classes de frequência, constância, abundância e dominância foram consideradas dominantes nos locais de estudo.

3 RESULTADOS

Foram amostradas 771 abelhas em ambos os biomas. A abundância atingiu 400 indivíduos na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica (RPPN Canguçu) e 371 espécimes no Cerrado (PEL). Os indivíduos foram distribuídos em quatro famílias, 37 gêneros e 90 espécies. A maior riqueza de espécies foi registrada na área de Cerrado (n=59), assim como o maior número de espécies foi restrito a esta área (n=40), em comparação a área de transição Cerrado-Floresta Amazônica (riqueza de espécies n= 50; espécies restritas n=32) (Tabela 1). Apidae foi a família

com maior número de gêneros ($n= 27$), espécies ($n= 71$) e indivíduos ($n= 733$) em ambos os biomas. Meliponini formou o grupo de maior riqueza e abundância (35 espécies; 15 gêneros; 434 espécimes) (Tabela 1). *Trigona pallens* (Fabricius 1798) (Figura 5A e 5B) foi a espécie mais comum na tribo Meliponini, representando 26,9% dos indivíduos, principalmente na região de Canguçu (70,9% dos indivíduos coletados).

Tabela 1. Número de indivíduos e índices faunísticos (FREQ=frequência, ABUN=abundância, CONS=constância e DOMI=dominância) de espécies de abelhas amostradas por quatro métodos na área de transição Cerrado-Amazônia do Centro de Pesquisa Canguçu (RPPN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil.

Táxon	Número de indivíduos - Canguçu	Número de indivíduos - PEL	Método de amostragem	Índices faunísticos Canguçu/PEL			
				FREQ	ABUN	CONS	DOMI
APIDAE							
Centridini							
<i>Centris (Xanthemisia) aff. bicolor</i> Lepeletier, 1841	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Centris (Centris) aenea</i> Lepeletier, 1841	-	1	Ma	LF	R	Z	ND
<i>Centris (Ptilotopus) maranhensis</i> Ducke, 1910*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> (Fabricius, 1804)*	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Epicharis (Epicharitides) cockerelli</i> Friese, 1900*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
Ceratinini							
<i>Ceratina (Crewella) sp. 1</i>	-	1	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Ceratina (Crewella) sp. 2</i>	2	1	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Ceratina (Ceratinula) sp. 1*</i>	1	-	Pa	LF	R	Z	ND
Euglossini							
<i>Eufriesea sp. 1</i>	1	-	Is	LF	R	Z	ND
<i>Eufriesea sp. 2</i>	1	-	Is	LF	R	Z	ND
<i>Eufriesea aff. smaragdina*</i>	1	-	Is	LF	R	Z	ND
<i>Euglossa (Euglossa) melanotricha</i> Moure, 1967*	-	3	Is	LF	R	Z	ND
<i>Euglossa (Euglossa) aff. modestior</i> Dressler, 1982*	1	-	Is	LF	R	Z	ND
<i>Euglossa (Euglossa) modestior</i> Dressler, 1982*	3	1	Is	LF	R	W/Z	ND
<i>Euglossa (Euglossa) sp. 1*</i>	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Euglossa (Glossura) imperialis</i> Cockerell, 1922*	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982*	1	-	Is	LF	R	Z	ND

<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	66	42	CAN:Is (n=64) Re= 2), PEL:(n=40), Re (n= 2)	VF	VA	W	D
<i>Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata</i> Oliveira, 2006*	59	33	CAN:Is (n= 47), Re (n= 12)/PEL: Is(n=31), Re(n=2)	VF	VA	W	D
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804)	8	2	Is	LF	R	Z	D/ND
<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789)*	-	1	Is	LF	R	Z	ND
<i>Exaere aff. smaragdina</i> (Guérin, 1844)*	1	-	Is	LF	R	Z	ND
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)*	25	1	Is	VF/LF	VA/R	W/Z	D/ND
Meliponini							
<i>Cephalotrigona femorata</i> (Smith, 1854)*	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)	-	2	Re	LF	R	Z	ND
<i>Geotrigona mombuca</i> (Smith, 1863)*	1	7	CAN: Re (n=1) / PEL: Ma (n= 1), Pa(n= 2), Re (n= 4)	LF	R/VA	Z/W	ND/D
<i>Geotrigona aequinoctialis</i> (Ducke, 1925)*	-	9	Ma (n= 1), Pa (n= 1), Re (n= 7)	LF	VA	W	D
<i>Melipona (Michmelia) flavolineata</i> Friese, 1900	3	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Melipona (Melikerria) compressipes</i> Fabricius, 1804*	6	-	Re	LF	R	Z	D
<i>Melipona (Melikerria) quinquefasciata</i> Lepeletier, 1836*	-	2	Ma (n= 1), Re (n= 1)	LF	R	Z	ND
<i>Nanotrigona aff. testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)*	2	-	Pa (n= 1), Re (n= 1)	LF	R	Z	ND

<i>Oxitrigona</i> aff. <i>flaveola</i> (Fries, 1900)*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepelletier, 1836)*	-	9	Re (n= 7), Pa (n= 2)	LF	R	W	D
<i>Partamona cupira</i> (Smith, 1863)*	-	10	Re (n= 8), Is (n= 2)	VF	VA	W	D
<i>Partamona ailyae</i> Camargo, 1980	-	13	Re	VF	VA	W	D
<i>Plebeia alvarengai</i> Moure, 1994*	-	4	Re	LF	R	Z	D
<i>Plebeia</i> sp.1*	8	1	CAN:Re (n= 4), Is (n= 1), Ma (n= 2), Pa(n= 1)/PEL: Re (n= 1)	LF	R	W/Z	D/ND
<i>Plebeia</i> sp.2*	4	-	Re (n=2), Ma(n=2)	LF	R	Z	ND
<i>Plebeia minima</i> (Gribodo, 1983)*	10	1	CAN: Re (n= 6), Is (n= 2), Ma (n= 2) / PEL: Re (n= 1)	LF	R	W/Z	D/ND
<i>Scaptotrigona</i> sp.1	2	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Scaptotrigona</i> sp.2	3	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Scaptotrigona postica</i> (Latreille, 1907)*	-	6	Re		R		
<i>Scaura amazônica</i> Nogueira, Oliveira & Oliveira, 2019	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Tetragona mourei</i> Nogueira, 2022	11	24	CAN: Re (n=11)/PEL: Re (n=23), Pa (n=1)	LF/VF	R/VA	W	D

<i>Tetragona quadrangula</i> (Lepeletier, 1836)	38	2	CAN: Re (n= 36), Ma (n=2)/ PEL: Ma (n= 2)	VF/LF	VA/R	W/Z	D/ND
<i>Tetragona truncata</i> Moure, 1971	-	1	Re	VF	R	Z	ND
<i>Tetragona dorsalis</i> (Smith, 1854)	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	-	10	Re	VF	VA	W	D
<i>Trigona pallens</i> (Fabricius, 1798)	84	34	CAN: Re (n= 81), Ma (n= 2), Pa (n= 1) / PEL: Re (n= 34)	VF	VA	W	D
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	1	6	CAN: Ma (n= 1) / PEL: Re (n= 5), Is (n= 1)	LF/VF	R/VA	W	ND/D
<i>Trigona guianae</i> Cockerell, 1910	-	13	Re (n= 2), Ma (n= 11)	VF	VA	W	D
<i>Trigona recursa</i> Smith, 1863	-	32	Re	VF	VA	Z	D
<i>Trigona</i> aff. <i>fuscipennis</i> Friese, 1900*	-	19	Re	VF	VA	Z	D
<i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984	1	4	Re	LF/VF	R/VA	Z/W	ND/D
<i>Trigona branneri</i> Cockerell, 1912*	-	13	Re	VF	VA	W	D
<i>Trigonisca</i> aff. <i>extrema</i> Albuquerque & Camargo, 2007*	1	31	CAN: Re (n= 1) / PEL: Re (n=20), Ma (n= 10), Pa (n= 1)	LF/VF	R/VA	Z/W	ND/D
<i>Trigonisca pediculana</i> (Fabricius, 1804)*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Vitrifrons Trigonisca</i> Albuquerque & Camargo, 2007*	1	-	Re	LF	R	Z	ND

Tapinotaspidini

<i>Paratetrapedia</i> sp. 1	1	-	Ma	LF	R	Z	ND
<i>Paratetrapedia</i> sp. 2	-	2	Re	LF	R	Z	ND
<i>Paratetrapédia flaveola</i> Aguiar & Melo, 2011	3	-	Re	LF	R	Z	ND

Tetrapediini

<i>Tetrapedia</i> sp. 1	1	-	Ma	LF	R	Z	ND
<i>Tetrapedia</i> sp. 2	-	2	Pa	LF	R	Z	ND

Xilocopini

<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) sp. 1	6	-	Ma (n= 4), Pa (n= 2)	LF	R	Z	D
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>aurulenta</i> (Fabricius, 1804)*	1	-	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>frontalis</i> (Olivier, 1789)	10	1	Re	LF	R	W/Z	D/ND
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>grisescens</i> Lepeletier, 1841	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	-	1	Is	LF	R	Z	ND

Ericrocidini

<i>Mesoplia</i> sp. 1	-	1	Ma	LF	R	Z	ND
-----------------------	---	---	----	----	---	---	----

Osirini

<i>Osiris</i> sp. 1	7	1	CAN:Re(n=7)/PEL:Ma(n=1)	LF	R	Z	D/ND
---------------------	---	---	-------------------------	----	---	---	------

ANDRENIDAE**Calliopsini**

<i>Callonychium</i> (<i>Callonychium</i>) <i>brasiliense</i> (Ducke, 1907)*	1	-	Pa	LF	R	Z	ND
---	---	---	----	----	---	---	----

HALICTIDAE**Augochlorini**

			CAN:				
<i>Augochlora</i> sp. 1	1	2	Pa(n=1)/PEL:Ma(n=1)/Pa(n=1)	LF	R	Z	ND
<i>Augochlora</i> sp. 2	-	1	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Augochlora</i> sp. 3	-	2	Is, Pa	LF	R	Z	ND
<i>Augochlora</i> sp. 4	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Augochlorodes</i> sp. 1*	1	-	Re	LF	R	Z	ND
<i>Augochlorodes</i> sp. 2*	1	-	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	7	-	Re	LF	R	W	ND
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Augochloropsis</i> sp. 4	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Augochloropsis</i> sp. 6	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Augochlorella</i> sp. 1*	1	1	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)*	-	2	Pa	LF	R	Z	ND
<i>Pseudaugochlora pandora</i> (Smith, 1853)*	-	1	Re	LF	R	Z	ND

Halictini

<i>Dialictus</i> sp. 1*	6	-	Pa (n= 2), Re (n= 4)	LF	R	W	ND
<i>Dialictus</i> sp. 2*	-	1	Ma	LF	R	Z	ND

MEGACHILIDAE

Megachilini

<i>Megachile</i> (<i>Pseudocentron</i>) sp. 1*	-	1	Re	LF	R	Z	ND
<i>Megachile</i> (<i>Ptilosarus</i>) sp. 1	1	-	Re	LF	R	Z	ND

Anthidiini

<i>Hypanthidium</i> sp. 1	2	-	Pa, Re	LF	R	Z	ND
---------------------------	---	---	--------	----	---	---	----

Total de individuos:	401	370
----------------------	-----	-----

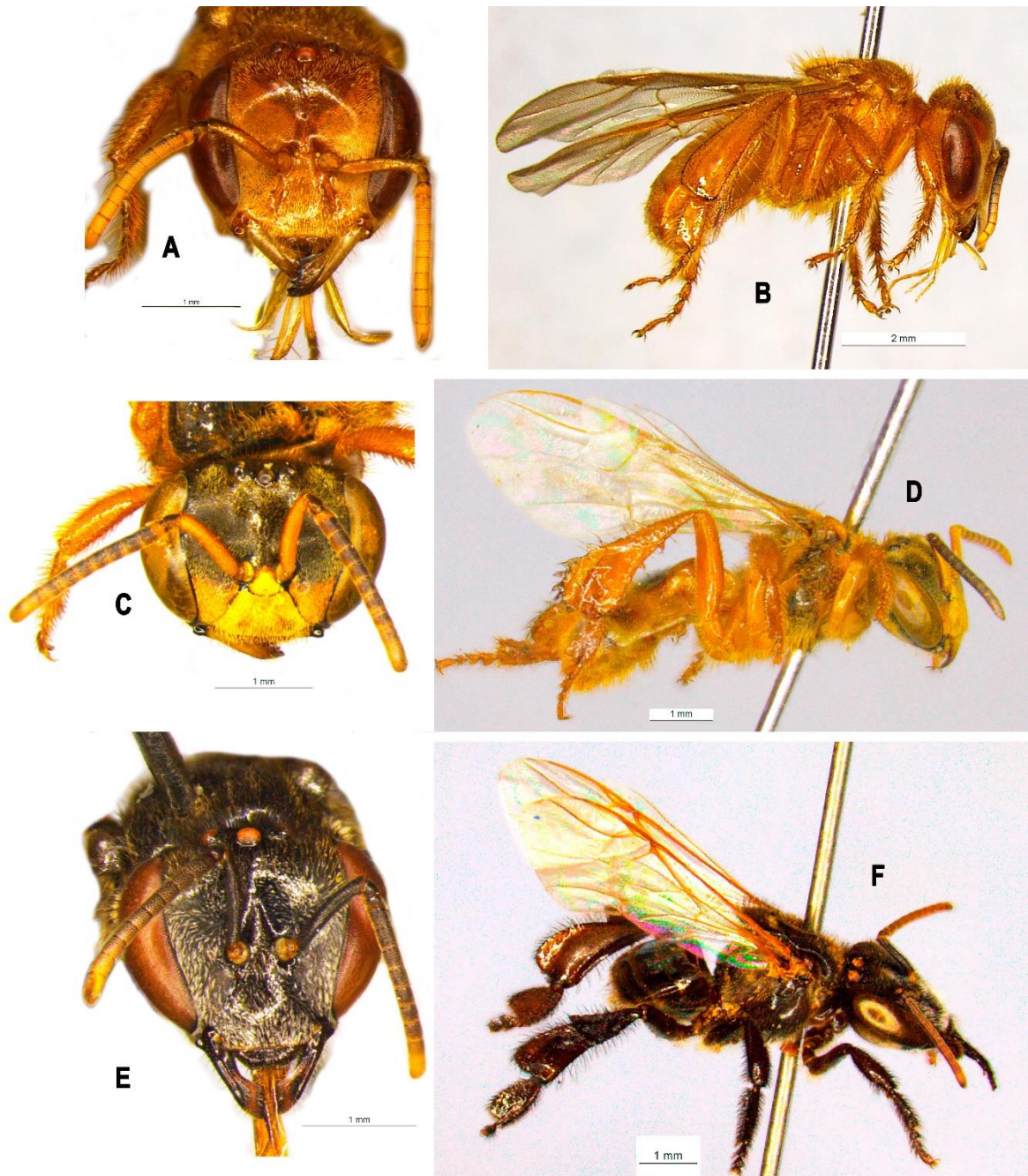


Figura 5. Espécies de Meliponini (Família Apidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Trigona pallens* (Fabricius 1798); C e D- *Tetragona mourei* Nogueira, 2022; E e F- *Geotrigona mombuca* (Smith, 1863).

Embora a espécie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (polihíbrida africanizada da família Apidae) tenha sido observada visitando flores nas áreas de estudo com frequência e abundância relativamente altas, ela não foi coletada. Por se tratar de uma espécie introduzida (não nativa), com colônias muito populosas, e esses grandes números impactam diretamente no conjunto de dados, foi tomada a decisão de retirar esta espécie da análise para melhor compreensão da comunidade apícola nativa.

Euglossini (abelhas das orquídeas) foi a segunda tribo com maior número de espécies (n= 15) ocorrendo em ambos os biomas, com 252 espécimes distribuídos em quatro gêneros, com maior número de espécimes coletados na área de Canguçu (n= 168). Duas espécies pertencentes à família Halictidae foram amostradas: *Pseudaugochlora pandora* (Smith, 1853) (Figura 6C e 6D) e *Thectochlora alaris* (Vachal, 1904) (Figura 6E e 6F), e 13 morfoespécies pertencentes a cinco gêneros também foram registradas para desta família: *Augochlora* (4), *Augochloropsis* (4), *Augochlorodes* (2), *Augochlorella* (1) e *Dialictus* (2). A família Megachilidae apresentou os seguintes representantes de morfoespécies: *Megachile* (*Pseudocentron*) sp.1, *Megachile* (*Ptilosarus*) sp.1 e *Hypanthidium* sp.1; *Megachile* (*Pseudocentron*) sp.1 foi distribuído no Cerrado, e *Megachile* (*Ptilosarus*) sp.1 e *Hypanthidium* sp.1 foram distribuídos na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica. A família Andrenidae foi representada apenas pela espécie *Callonychium* (*Callonychium*) *brasiliense* (Ducke, 1907), que se distribuiu apenas na área de transição.

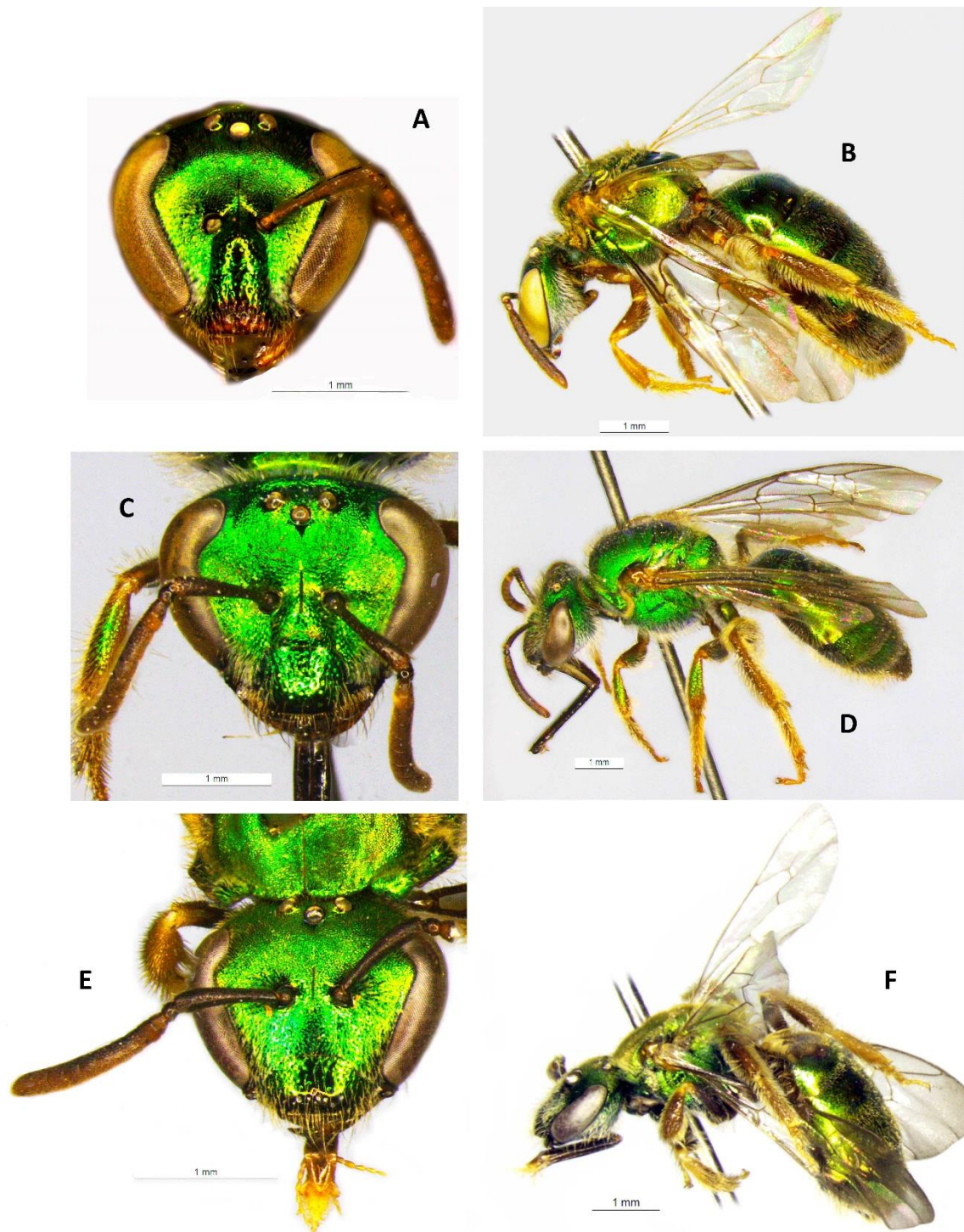


Figura 6. Espécies Augochlorini (Família Halictidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Augochlorodes* sp. 2; C e D- *Pseudaugochlora pandora* (Smith, 1853); E e F- *Thectochlora alaris* (Vachal, 1904).

Com relação à eficiência dos métodos de coleta de abelhas utilizados, a rede entomológica foi o método que permitiu amostrar o maior número de indivíduos e espécies, com aproximadamente 57% e 67%, respectivamente, em comparação aos outros três métodos de amostragem (449 espécimes distribuídas em 60 espécies foram amostradas por este método, 31 espécies distribuídas em 10 tribos e três famílias na área de transição (212 exemplares), 42

espécies amostradas na região do Cerrado, distribuídas em nove tribos e três (226 espécimes). Espécies pertencentes à tribo Meliponini no Cerrado tiveram pelo menos um de seus indivíduos coletados pela rede entomológica. A armadilha Malaise foi o segundo método mais eficiente em ambas as áreas (19 espécies foram amostradas por este método; 49 espécimes), com 9 espécies representadas na área de transição e 11 espécies na região do Cerrado (30 espécimes), com destaque para a tribo Meliponini (11 espécies amostradas; 37 espécimes).

Armadilhas com isca de odor foi o terceiro método mais eficiente para coletar espécies de abelhas em riqueza e o segundo em abundância (19 espécies; n= 238 espécimes coletados), com 13 espécies na área de transição (154 espécimes) e 10 espécies na área do Cerrado (84 espécimes) (Tabela 2). Este tipo de armadilha foi sinalizado para ser específico para coleta de machos pertencentes à tribo Euglossini, mas foram observadas a coleta de espécies pertencentes à tribo Meliponini, em ambos os locais, e dois espécimes de *Augochlora* sp. 3 também foram coletados por esse método. Em relação a Meliponini, *Plebeia* sp.1, *Plebeia minima* (Gribodo, 1893) e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) foram as espécies amostradas em ambos os locais, e *Partamona cupira* (Smith, 1863) foi amostrada apenas na região do Cerrado. Eucaliptol foi a essência mais atrativa para as abelhas (n= 112 espécimes coletados; 72 espécimes na área de transição e 40 na área de Cerrado), seguido pela essência de Eugenol (n= 93 espécimes coletados; 58 espécies na área de transição e 35 na área do Cerrado). As espécies mais abundantes em ambas as áreas foram *Eulaema* (*Apeulaema*) *nigrita* Lepeletier, 1841 (104 espécimes coletados; 64 espécies na área de transição e 40 na área de Cerrado; Figuras 7C e 7D) e *Eulaema* (*Apeulaema*) *pseudocingulata* Oliveira, 2006 (76 espécimes coletados; 45 espécies na área de transição e 31 na área de Cerrado; Figuras 7A e 7B), a primeira mais eficientemente atraída pelo Eucaliptol (n= 83 espécimes coletados; 48 espécies na área de transição e 35 na Área de Cerrado) e Vanilina (n= 19 espécimes coletados; 15 espécies na área de transição, e 4 na área de Cerrado), sendo a segunda espécie mais eficientemente atraída pela essência de Eugenol (n= 62 espécimes coletados; 37 espécies na área de transição e 25 na área do Cerrado) (Tabela 2).

Tabela 2. Abelhas atraídas pelas armadilhas odoríferas na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica do Centro de Pesquisas Canguçu (RPPN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil.

Táxon	Essências					
	Eucaliptol		Eugenol		Vanilina	
APIDAE	Canguçu	PEL	Canguçu	PEL	Canguçu	PEL
Euglossini						
<i>Eufriesea</i> sp. 1	-	-	-	-	1	-
<i>Eufriesea</i> sp. 2	1	-	-	-	-	-
<i>Euglossa</i> (<i>Euglossa</i>) <i>melanotricha</i> Moure, 1967	-	-	-	3	-	-

<i>Euglossa (Euglossa) aff. modestior</i> Dressler, 1982	1	-	-	-	-	-
<i>Euglossa (Euglossa) modestior</i> Dressler, 1982	3	1	-	-	-	-
<i>Euglossa (Euglossa) securigera</i> Dressler, 1982	1	-	-	-	-	-
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrata</i> Lepeletier, 1841	48	35	1	1	15	4
<i>Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	3	2	37	25	5	4
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804)	6	-	2	2	-	-
<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789)	-	1	-	-	-	-
<i>Exaere aff. smaragdina</i> (Guérin, 1844)	-	-	1	-	-	-
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	8	-	17	1	-	-
<i>Eufriese aff. smaragdina</i>	-	-	-	-	1	-
Meliponini						
<i>Partamona cupira</i> (Smith, 1863)	-	-	-	1	-	1
<i>Plebeia</i> sp.1*	-	-	-	-	1	-
<i>Plebeia minima</i> (Gribodo, 1983)	1	-	-	-	1	-
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	-	-	-	1	-	-
Xilocopini						
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988*	-	1	-	-	-	-
HALICTIDAE						
Augochlorini						
<i>Augochlora</i> sp. 3	-	-	-	1	-	-
Total de individuos:	72	40	58	35	24	9

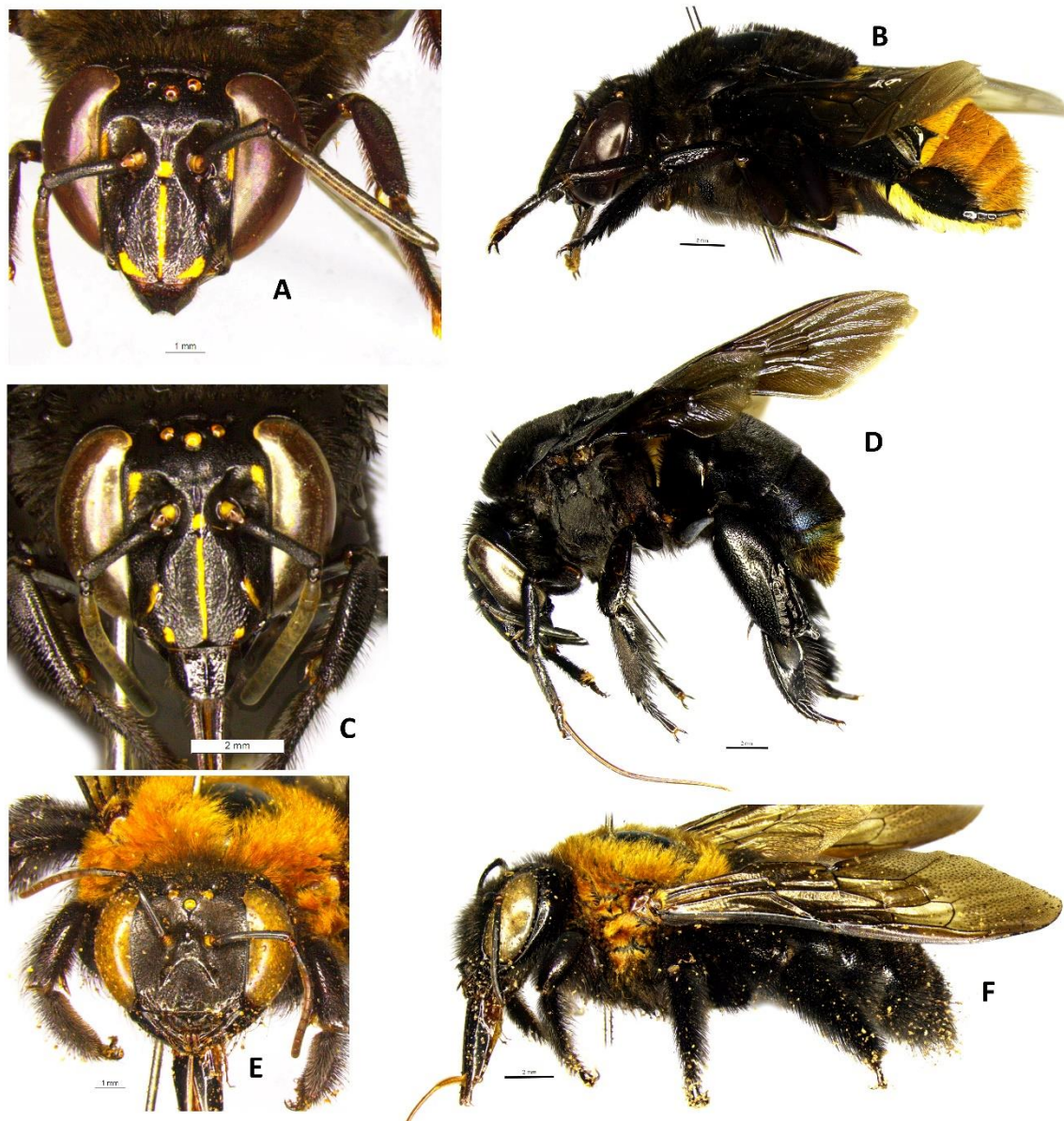


Figura 7. Espécies Euglossini e Xylocopini (Família Apidae) coletadas nas áreas estudadas: A, C, E- Vista frontal da face; B, D, F - Perfil lateral do corpo. A e B- *Eulaema (Apeulaema) pseudocingulata* Oliveira, 2006; C e D- *Eulaema (Apeulaema) nigrita* Lepeletier, 1841; E e F- *Xylocopa (Neoxylocopa) aurulenta* (Fabricius, 1804).

Embora o uso de pantraps não tenha apresentado boa eficiência no acesso à abundância das espécies amostradas no presente estudo (Tabela 3), pois coletaram apenas alguns indivíduos ($n= 31$ espécimes), este método foi o segundo mais eficiente em relação à riqueza (23 espécies), amostrando 12 espécies na área de transição ($n= 15$ espécimes) e 13 espécies na região do Cerrado ($n= 16$ espécimes). No entanto, foi possível observar que a tribo Ceratinini foi coletada apenas por pantraps em ambos os locais avaliados (Tabela 1). A cor mais eficiente na atração de abelhas em ambos os locais de estudo foi a azul ($n= 16$ espécimes e 14 espécies / 9 espécimes e 9 espécies na área do Cerrado, e 7 espécimes e 6 espécies na área de transição), seguida da

cor branca (n = 10 espécimes e 9 espécies; 4 espécimes e 4 espécies na área de Cerrado e 6 espécimes e 5 espécies na área de transição) (Tabela 3).

Tabela 3. Abelhas atraídas pelas armadilhas de água coloridas (PANTRAPS) na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica do Centro de Pesquisas Canguçu (RPPN-CAN Canguçu) e na área de Cerrado do Parque Estadual do Lajeado (PEL), Estado do Tocantins, Brasil.

Táxon	Cores - PANTRAPS					
	Branco		Amarelo		Azul	
	CAN	PEL	CAN	PEL	CAN	PEL
APIDAE						
Ceratinini						
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 1	-	-	-	-	-	1
<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 2	-	-	-	-	2	1
<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp. 1	-	-	-	-	1	-
Meliponini						
<i>Geotrigona mombuca</i> (Smith, 1863)	-	1	-	1	-	-
<i>Geotrigona aequinoctialis</i> (Ducke, 1925)	-	1	-	-	-	-
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	-	-	1	-	-	-
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836)	-	-	-	1	-	1
<i>Plebeia</i> sp.1	-	-	-	-	1	-
<i>Tetragona mourei</i> Nogueira, 2022	-	1	-	-	-	-
<i>Trigona pallens</i> (Fabricius, 1798)	-	-	-	-	1	-
<i>Trigonisca</i> aff. <i>extrema</i> Albuquerque & Camargo, 2007	-	1	-	-	-	-
Tetrapediini						
<i>Tetrapedia</i> sp. 2	-	-	-	-	-	1
Xilocopini						
<i>Xylocopa (Neoxylocopa)</i> sp. 1	1	-	-	-	1	-
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) aurulenta</i> (Fabricius, 1804)	-	-	-	-	1	-
ANDRENIDAE						
Calliopsini						
<i>Callonychium (Callonychium) brasiliense</i> (Ducke, 1907)	1	-	-	-	-	-
HALICTIDAE						
Augochlorini						
<i>Augochlora</i> sp. 1	-	-	1	-	-	1
<i>Augochlora</i> sp. 2	-	-	-	-	-	1
<i>Augochlora</i> sp. 3	-	-	-	-	-	1
<i>Augochlorodes</i> sp. 2	-	-	-	-	-	1
<i>Augochlorella</i> sp. 1	1	-	-	-	-	-
<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)	-	-	-	1	-	1
Halictini						
<i>Dialictus</i> sp. 1	2	-	-	-	-	-
Anthidiini						
<i>Hypanthidium</i> sp. 1	1	-	-	-	-	-
Total de indivíduos:	6	4	2	3	7	9

Com relação à distribuição das espécies com base nas classes de frequência e abundância, na área de transição, foi possível observar que apenas 5 espécies foram classificadas como muito frequentes (VF), a saber: *Eul. (A.) nigrita*; *Eul. (A.) pseudocingulata*; *Exaerete smaragdina* (Guérin, 1844); *Trigona pallens* (Figura 5A e 5B) e *Tetragona quadrangula* (Lepeletier, 1836). Essas mesmas espécies foram classificadas como muito abundantes (VA), enquanto todas as demais espécies amostradas na área do Canguçu foram classificadas como pouco frequentes (LF) e raras (R) (Tabela 1). Quanto à constância de espécies nas amostras, aproximadamente 19% das espécies foram dominantes. Essas espécies representaram 94,5% dos indivíduos coletados, todos classificados na família Apidae, e prevalência na tribo Meliponini. No total, 73% das espécies do Cerrado foram classificadas como pouco frequentes (LF) e raras (R); 25% das espécies foram classificadas como muito frequentes (VF) e muito abundantes (VA) (Tabela 1). Apenas 14 espécies neste local (23,7%) foram constantes (W), as demais (76,2%) foram consideradas acidentais (Z).

4 DISCUSSÃO

4.1 RIQUEZA E ABUNDÂNCIA

A riqueza de espécies registrada no presente estudo para a área de transição Cerrado-Floresta Amazônica (n = 50) e Cerrado (n = 59) pode ser considerada alta se analisadas as duas áreas juntas (total = 90 espécies, 37 gêneros, 14 tribos e quatro famílias), e menor riqueza se considerarmos os dados da área de transição ou área do Cerrado separadamente, em comparação com resultados realizados em outros locais de estudos que utilizaram mais de um método de amostragem. Como exemplos de estudos realizados em áreas de transição com o bioma Floresta Amazônica, podemos citar o estudo realizado por Ferreira *et al.* (2019), que avaliou uma área de transição Bacia Atlântica do Nordeste Ocidental-Floresta Amazônica e encontrou 70 espécies (1047 indivíduos coletados, em 35 gêneros, 15 tribos e três famílias - Apidae, Halictidae e Megachilidae), e o realizado por Almeida *et al.* (2019), que também estudou uma área de transição Cerrado-Floresta Amazônica e encontrou 67 espécies (1.411 espécimes, distribuídos em 28 gêneros, oito tribos e apenas duas famílias - Apidae e Halictidae). As comparações de fauna entre diferentes locais são importantes para ajudar a entender melhor as comunidades e ecossistemas; no entanto, eles são difíceis de serem comparados adequadamente, dado o amplo conjunto de variáveis que os envolvem, como diferenças entre experiência/desempenho dos coletores, procedimentos de esforço entre amostragem (WILSON

et al. 2008) e uso de diferentes métodos de coleta (KRUG & ALVES-DOS-SANTOS, 2008; GILL & O'NEAL, 2015). Considerando apenas as áreas de transição com o bioma Floresta Amazônica, por exemplo, ambos os estudos citados acima diferem do estudo atual no número de áreas amostradas, esforço amostral e tipos de armadilhas utilizadas: Ferreira *et al.* (2019) realizaram um total de oito coletas em um local de fragmento de vegetação nativa (intervalos de dois meses) usando rede entomológica e armadilhas com isca de odor (e apenas duas essências foram iguais: eugenol e eucaliptol). Almeida *et al.* (2019) amostraram seis fragmentos de vegetação nativa com duas coletas em cada local (uma vez na estação seca e outra na estação chuvosa), utilizando armadilhas arbóreas com urina, pantraps e armadilhas com isca de odor (e apenas duas essências foram iguais: eugenol e vanilina); o presente estudo amostrou dois locais, realizando apenas cinco coletas em cada local, utilizando rede entomológica, armadilha malaise, armadilhas com isca de odor e pantraps. Essas diferenças na metodologia de coleta podem mascarar os resultados e dificultar as comparações e o entendimento se as diferenças estão relacionadas às características da paisagem ou erros/perdas de dados pelo método de amostragem e/ou habilidades do coletor.

Além disso, os dados disponíveis sobre as comunidades de abelhas no Brasil mostraram grande variação na riqueza entre as localidades e os maiores valores registrados variam de 100 a 200 espécies (PINHEIRO-MACHADO *et al.*, 2002). O valor médio de riqueza registrado até o momento para a área de Cerrado atingiu 62 espécies (Santiago *et al.* 2009), enquanto para a área de transição Cerrado-Floresta Amazônica esse número sobe para 70 espécies (FERREIRA *et al.*, 2019). Assim, os valores de riqueza de espécies registrados para a comunidade no presente estudo, em ambas as regiões, podem ser considerados altos, uma vez que foram registrados valores de abundância e riqueza mais elevados, apesar do pequeno esforço amostral comparado ao estudo de Santos *et al.* (2004), em área de transição uma Floresta Cerrado-Amazônica. Assim, o presente estudo acrescentou 39 espécies de abelhas ao levantamento realizado por Santos e colaboradores (2004) no norte do Tocantins, em transição Cerrado-Floresta Amazônica – foram registradas 83 espécies.

Não havia registro de levantamento de abelhas realizado no bioma Cerrado do Estado do Tocantins antes do presente estudo. O padrão frequentemente observado de algumas espécies de abelhas apresentando muitos indivíduos e muitas espécies com poucos indivíduos, como aqui observado, também foi observado em diferentes habitats amostrados, incluindo locais de transição (SANTOS *et al.*, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2019; ANDENA *et al.*, 2005). Segundo Laroca (1972), levantamentos focados na diversidade tendem a mostrar várias espécies com poucos indivíduos em diferentes habitats em todo o mundo. Essa afirmação aponta a necessidade de mais estudos baseados em maior esforço amostral e em períodos de

tempo mais longos para encontrar valores mais reais de riqueza em pesquisas de comunidades de abelhas (FERREIRA *et al.*, 2019).

A maior representatividade da família Apidae em número de gêneros, espécies e indivíduos também foi registrada por outros estudos realizados no Cerrado, Floresta Amazônica e em regiões de transição (ANDENA *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2004; OLIVEIRA-JUNIOR, *et al.* 2015; LIMA & SILVESTRE, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2019). A tribo Meliponini foi o grupo mais diverso e abundante nos biomas aqui avaliados, e esses dados corroboram resultados registrados em outros estudos realizados no Cerrado e locais de transição (ALMEIDA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2004; SANTIAGO *et al.*, 2009; ROEL *et al.*, 2019). A maior abundância de espécies pertencentes ao gênero *Trigona* registrada no presente estudo também foi observada em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica avaliados por Santos *et al.* (2004), e em áreas de Cerrado avaliadas por D'avila & Marchini, (2008) e Gianinni *et al.* (2017). As espécies de *Trigona* apresentam colônias perenes com alta densidade populacional e comunicação intensa e específica para busca de recursos alimentares e forrageamento em grupos. Essa característica leva a um grande número de indivíduos forrageando em um determinado local ao mesmo tempo, e a presença de ninhos próximos aos pontos de amostragem poderia explicar o maior número de indivíduos coletados e, consequentemente, sua alta abundância nas áreas amostradas.

Euglossini foi a tribo que registrou o segundo maior número de espécies na área de transição, e corroborou os resultados em estudos realizados em outras áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica (OLIVEIRA-JUNIOR, 2015). Essa mesma tribo também foi a terceira maior em número de espécies coletadas em outros estudos que amostraram áreas de Cerrado (FARIA & SILVEIRA, 2011; NEMÉSIO, 2016), e isso possivelmente ocorreu devido à metodologia de coleta baseada no uso de armadilhas odoríferas, que atrai machos pertencentes a espécies de Euglossini a longas distâncias. As abelhas Euglossini são conhecidas por voar longas distâncias e experimentos baseados em abelhas com corpo de médio a grande porte pertencentes a esta tribo mostraram que elas realmente podem voar longas distâncias em florestas densas, como demonstrado em um experimento com *Eufriesea surinamensis* (LINNAEUS, 1758), cujas fêmeas retornaram aos ninhos localizados a 23Km do ponto de soltura (JANZEN, 1971). Além disso, considera-se que as espécies desta tribo apresentam um comportamento de forrageamento não aleatório (KROODSMA, 1975; ACKERMAN, *et al.*, 1982). Entre os cinco gêneros de Euglossini relatados no Brasil, quatro foram amostrados no presente estudo. A prevalência de *El. nigrita* (Figuras 6C e 6D) registrada no presente estudo também foi relatada nos estudos realizados por Silva & De Marco Jr. (2014), Knoll (2016) e Faria & Silveira (2011). Esta espécie é considerada comum no Cerrado (NEMÉSIO & FARIA-

JR., 2004; NEMÉSIO, 2016), e típica de paisagens abertas e relativamente secas em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica (REBÊLO & SILVA, 1999). Além disso, *E. nigrita* (Figuras 6C e 6D) tem sido considerada um bioindicador de ambientes impactados, pois é abundante em áreas perturbadas (CARVALHO-FILHO, 2010), provavelmente devido à sua plasticidade fisiológica - o que torna essas abelhas resistentes a condições ambientais (FREITAS, 2009).

As famílias Andrenidae e Colletidae são conhecidas por serem pouco representadas em áreas tropicais (SILVEIRA & CAMPOS, 1995), o que poderia explicar a baixa taxa de amostragem de Andrenidae e a falta de espécies de Colletidae na comunidade de abelhas avaliada no presente artigo.

4.2 ABELHAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO-FLORESTA AMAZÔNICA

A prevalência de Apidae quanto à riqueza e abundância na área de transição – seguida por Halictidae e Megachilidae – também foi observada por Andena *et al.* (2012) em áreas de transição Cerrado/Mata Atlântica. A ocorrência de 10 espécies de Euglossini registradas no levantamento realizado na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica pode ser explicada pelo fato de essas abelhas apresentarem alta abundância e riqueza em áreas florestais nas regiões Neotropicais (ROUBIK & HANSON, 2004). A ocorrência dos gêneros *Eufriesea*, *Exaerete*, *Cephalotrigona*, *Geotrigona*, *Nannotrigona*, *Paratrigona*, *Trigonisca*, *Augochlorodes* (Figuras 7A e 7B), *Augochlorella*, *Thectochlora* (Figuras 7E e 7F) e *Dialictus* registradas no presente estudo para a área de transição Cerrado-Floresta Amazônica foi adicionado à lista de gêneros conhecidos na região, com base no levantamento de abelhas realizado por Santos *et al.* (2004), e também relatado por Moure *et al.* (2012).

Vários gêneros de abelhas possuem um grande número de espécies, mas, até o momento, não há revisão para a maioria delas. Portanto, a lista de morfoespécies é comum em estudos sobre a fauna brasileira, que apresenta alta diversidade de espécies de abelhas. Se compararmos ainda mais a lista de morfoespécies do presente estudo, o número de espécies pode aumentar ou diminuir, principalmente quando novos estudos taxonômicos foram realizados. É importante destacar que, entre os gêneros citados, *Nannotrigona* e *Augochlorodes* (Figuras 7A e 7B) ainda não haviam sido registrados na área de Cerrado no Estado do Tocantins e em nenhum outro estado vizinho. Ainda, levando em consideração Moure *et al.* (2020) como base de registro de espécies utilizada no presente estudo, é possível afirmar que não havia registro de ocorrência para *Augochlorodes* na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica antes do presente estudo.

A distribuição das espécies em frequência, abundância, índices faunísticos de constância e classes de dominância seguiu o padrão observado em outro estudo realizado com abelhas, cujos dados de frequência semelhantes foram observados na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica na região Norte do Estado do Tocantins (SANTOS *et al.*, 2004). As espécies constantes (W) foram *Euglossa modestior* Dressler, 1982, *E. (A) nigrita*, *E. (A) pseudocingulata*, *Exaerete smaragdina* (Guérin, 1844), *Plebeia* sp.1, *P. minima*, *Tetragona mourei* Nogueira, 2022 (Figuras 5C e 5D), *Trigona pallens* (Figuras 5A e 5B), *Tetragona quadrangula* (Lepelletier, 1836) e *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier, 1789). De acordo com o método de Kato *et al.* (1952), o pequeno número de espécies dominantes (D) registrado no presente estudo foi semelhante ao observado no único levantamento realizado no estado (SANTOS *et al.*, 2004), que registrou baixo índice de espécies dominantes (D), todos eles pertenciam à família Apidae.

4.3 ESPÉCIES DE ABELHAS DO CERRADO

O grande número de indivíduos, espécies e espécies restritas ao Cerrado encontrado no presente estudo pode ser resultado das características da vegetação desta região. Segundo Oliveira (1994), as comunidades vegetais no Cerrado são formadas por espécies vegetais bem adaptadas às condições ambientais da região, que crescem e se reproduzem com eficiência, além de abrigar uma biodiversidade semelhante à observada em áreas de floresta tropical e populações geneticamente complexas. A análise realizada apenas com plantas lenhosas do Cerrado permitiu observar que elas apresentam toda uma diversidade de sistemas de polinização comparáveis aos observados em comunidades florestais, e apesar das mudanças ambientais causadas pelo desmatamento, queimadas (naturais ou não) e uso da terra para agricultura fins, as abelhas do Cerrado foram pouco afetadas (OLIVEIRA, 1991). A grande riqueza e abundância de Meliponini observada na área de Cerrado pode estar relacionada à disponibilidade de substratos de nidificação, como sugerido por Silveira & Campos (1995). Embora as espécies desta tribo tenham hábitos de nidificação diversificados, a maioria das espécies nidifica em cavidades pré-existentes nos troncos de árvores vivas ou mortas na área do Cerrado. Várias espécies deste grupo de abelhas acabam construindo seus ninhos muito próximos uns dos outros, podendo, às vezes, ser observado mais de um ninho da mesma espécie no mesmo tronco de árvore (REGO & BRITO, 1996). Como os ninhos são altamente populosos, principalmente em comparação com ninhos de espécies solitárias, e devido à capacidade das abelhas operárias de se comunicarem sobre a localização das fontes de recursos mais atraentes (KERR *et al.* 1996), esses fatores ajudam a aumentando o número de Meliponini nas flores e,

consequentemente, ajudam a aumentar a abundância de indivíduos coletados em comparação com outros grupos de abelhas capturados no presente estudo.

As abelhas coletoras de óleo pertencentes às tribos Centridini, Tapinotaspidini e Tetrapediini, que foram observadas no presente estudo, estão distribuídas exclusivamente nas Américas, e especialmente diversificadas na região Neotropical, representando aproximadamente 20% da melissofauna do Cerrado (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2007). A representatividade das abelhas coletoras de óleo está relacionada à riqueza de espécies de Malpighiaceae que vivem na região do Cerrado (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2007). Quanto ao presente estudo, dentre as doze espécies de abelhas coletoras de óleo registradas, sete foram registradas exclusivamente no bioma Cerrado, a saber: *Centris (Xanthemis) aff. bicolor* Lepeletier, 1841; *Centris (Centris) aenea* Lepeletier, 1841; *Centris (Ptilotopus) maranhensis* Ducke, 1910; *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, 1874; *Epicharis (Epicharitides) cockerelli* Friese, 1900; *Paratetrapedia* sp. 2, *Tetrapedia* sp. 2 (Tabela 1). No entanto, apesar da ocorrência de três tribos, o número de espécies (n = 11) foi menor do que o registrado em outros estudos realizados no mesmo bioma (ANDENA *et al.*, 2012).

A presença de espécies de Augochlorini, que foram registradas em baixa abundância (menor que a registrada para meliponídeos), certamente está relacionada ao comportamento não eussocial, o que as torna naturalmente menos abundantes por área (mais esparsamente distribuídas na paisagem), diferentemente dos meliponídeos, que são naturalmente mais abundantes por área, principalmente quando os ninhos estão localizados próximos aos pontos de coleta. Embora Laroca *et al.* (1982) observaram a tendência de aumento das taxas de Halictidae em áreas antropizadas, o que pode estar relacionado ao pequeno tamanho corporal, que proporciona locais de nidificação mais acessíveis para essas abelhas em comparação com os eussociais ou de maior tamanho, além da relativa generalidade alimentar, comportamento visitando também um grande número de plantas herbáceas / ruderais (BOFF *et al.*, 2013, Montagnana 2020), e devido às características dos locais amostrados aqui estudados (Canguçu e PEL), podemos sugerir que esta área é menos impactada por ação antrópica. No entanto, é fundamental realizar coletas adicionais para entender se há frequências superiores às registradas para essas abelhas nessas áreas, uma vez que estão em uma região de proteção ambiental que demanda maior acompanhamento, e se esses padrões de distribuição apontados se perpetuam em todas as áreas do Cerrado.

Embora a baixa diversidade e abundância de orquídeas em áreas xéricas seja um fenômeno conhecido (NEMÉSIO & FARIA-JR., 2004; VIOTTI *et al.*, 2013), Euglossini foi representado no presente estudo por nove espécies na região do Cerrado, e este número foi maior do que o registrado em outros estudos realizados neste bioma (FREITAS *et al.*, 2009;

Alvarenga *et al.*, 2007). Esses dados também destacam a riqueza, diversidade e abundância dessa tribo de abelhas observada na fração Cerrado do Estado do Tocantins. A eficiência das armadilhas odoríferas como método de amostragem, que permitiu coletar um grande número de espécimes desse grupo de abelhas, é outro fator determinante para a grande abundância de espécies de Euglossini, e evidencia a importância do uso de diferentes métodos de coleta em estudos de levantamento de abelhas.

4.4 EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

A maior riqueza de espécies foi levantada por meio de rede entomológica, que surgiu como o método de amostragem mais eficaz em comparação com os outros em ambos os locais de estudo avaliados, e também corrobora os resultados observados em outros estudos sobre comunidades de abelhas (PEREIRA & SOUSA, 2015; FERREIRA *et al.*, 2019; ALMEIDA *et al.*, 2019; PRENDERGAST *et al.*, 2020). Isso foi possível, porque este método amostra abelhas diretamente nas flores quando forrageando ou nidificando.

A alta eficiência da armadilha com isca odorífera em ambos os locais de estudo também foi observada por Ferreira *et al.* (2019). O eucaliptol foi a essência mais atrativa para as abelhas Euglossini em ambos os experimentos, amostrando 283 indivíduos de 22 espécies no estudo realizado por Ferreira *et al.* (2019), e amostrando 112 indivíduos de 10 espécies e três tribos da família Apidae no presente estudo (9 espécies no Cerrado e cinco espécies na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica), representando cerca de 47% do número total de espécimes coletados pelas armadilhas com isca de odor (Tabela 2). Assim como no presente estudo (atraindo cerca de 39% do total de indivíduos coletados; 93 exemplares de 9 espécies e quatro tribos de duas famílias: Apidae e Halictidae), o eugenol também foi a segunda substância mais atrativa nos experimentos realizados por Ferreira *et al.* (2019), contabilizaram 103 indivíduos de 11 espécies.

Por outro lado, as armadilhas Pantraps apresentaram resultados insatisfatórios para o acesso à abundância no presente estudo em comparação com os resultados registrados em outros levantamentos apícolas, e esse resultado pode ser explicado, pois não pudemos utilizar armadilhas com cores que reflitam UV; portanto, tivemos que usar pantraps sem reflexão UV (PRENDERGAST *et al.*, 2020). Além disso, a eficiência das armadilhas para capturar abelhas também depende do número de armadilhas instaladas (SHAPIRO *et al.*, 2014), da distância e distribuição das armadilhas (DROEGE *et al.*, 2010) e da estrutura do habitat na área onde as armadilhas são instaladas (LANDAVERDE & GONZÁLEZ *et al.*, 2017).

Estudos anteriores mostraram maior riqueza e abundância de abelhas atraídas por pantraps em habitats abertos do que em habitats florestais em regiões tropicais (PRADO *et al.*, 2017). No entanto, os resultados atuais mostram baixa abundância na amostragem usando pantraps sem reflexão UV, mas maior diversidade (n= 23 espécies) se comparado com outros métodos de coleta (armadilhas de mal-estar e iscas de odor, por exemplo, que levantaram 19 espécies cada) com um índice muito pouca diferença entre a amostragem em vegetação típica do Cerrado (campo aberto) e áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica (16 espécimes coletados na área do Cerrado e 15 espécimes na área de transição, correspondendo a 12 espécies no local de transição e 13 espécies na região do Cerrado). Apesar das diferenças na eficiência dos métodos de coleta utilizados, a combinação de diferentes tipos de métodos de amostragem levou à captura de diferentes grupos de abelhas e ampliou os registros de abelhas para o estado do Tocantins. Este processo pode ser desejável, principalmente no caso de estudos voltados à exploração e caracterização da apícola de uma determinada região, uma vez que esses métodos são complementares entre si.

Os resultados aqui registrados mostraram a alta biodiversidade de abelhas no Estado do Tocantins, seja no Cerrado ou em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica, onde foi identificada uma fauna diversificada e abundante pertencente a quatro das cinco famílias de abelhas relatadas para o Brasil. As áreas amostradas representavam apenas uma fração do Cerrado e áreas de transição no estado, sugerindo a presença de diversos ambientes exclusivos desta região que ainda precisam ser investigados. Tal achado reforça a hipótese de que o Tocantins é rico em espécies de abelhas. Esses resultados faunísticos sugerem que a maioria das espécies pesquisadas foram acidentais e apenas algumas espécies foram constantes/abundantes nos ambientes avaliados, uma vez que poucas espécies foram classificadas como muito abundantes e muito frequentes, e também explica o motivo da maioria das espécies serem classificadas como raro.

Embora as regiões amostradas no Estado do Tocantins ainda sejam em menor número, nossos resultados evidenciam a considerável riqueza de espécies de abelhas no Cerrado e na área de transição Cerrado-Floresta Amazônica. Uma vez que o presente estudo foi um dos primeiros a avaliar a fauna de abelhas do Cerrado no Tocantins, mais estudos precisam ser realizados em outros locais e em outros ambientes, pois podem agregar novas espécies às aqui relatadas. Monitoramentos adicionais de abelhas, baseados em maior esforço amostral nas mesmas áreas e em diferentes épocas do ano, são necessários para completar o presente estudo (incluindo o uso de armadilhas com reflexão UV), a fim de acessar informações sobre sazonalidade e outras espécies de abelhas nativas que ainda não foram amostradas. Esses novos estudos evidenciarão a real biodiversidade da apifauna no Estado do Tocantins.

Embora os dados aqui apresentados ainda possam ser considerados parciais, o presente estudo contribuiu para enriquecer o conhecimento sobre a diversidade de abelhas em áreas de Cerrado Central e em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica, principalmente no Estado do Tocantins, bem como para levantamentos de dados de grande valor científico, devido ao baixo número de estudos nesta área realizados no Estado do Tocantins. Nossa pesquisa abrirá espaço para novos estudos sobre a diversidade da apifauna na região aqui avaliada.

5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido como parte dos requisitos para o doutorado de SSO Barros no Programa de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE. O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Agradecemos à Universidade Federal do Tocantins e ao Dr. Renato T. Pinheiro pelo apoio logístico para o trabalho de campo na RPPN Canguçu. Agradecemos também a NATURATINS pela permissão de acesso ao PEL, e a equipe da brigada pelo auxílio no trabalho de campo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa ao terceiro autor deste artigo (Processo: 316639/2021-4). Aos doutorandos Ramon Lima Ramos e Caroline Tito Garcia (Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia - BIOSIS/IBIO-UFBA), pela ajuda em algumas fotos dos espécimes das abelhas.

6 REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, J.D.; MESLER, M.R.; LU, K.L. & MONTALVO, A.M. Comportamento de forrageamento de machos Euglossini (Hymenoptera: Apidae): vagabundos ou trapliners? *Biotropica*, v.14, n.4, p.241-248, 1982.
- ALMEIDA, RPS, ARRUDA, FV, SILVA, DP & COELHO, BWT 2019. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma Região Ecotonal Cerrado-Amazônica no Brasil, *Sociobiologia*. v.66, n.3, p.457-466. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i3.3463>, Acesso em: 02/06/2022.
- ALVARENGA, P.E.F; FREITAS, R. F. & AUGUSTO, S.C. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do triângulo mineiro, MG. *Biosci J.* v.23, n.1, p.30-37, 2007.
- ALVES-DOS-SANTOS, I.; MACHADO, I.C & GAGLIANONE, M.C. História natural das abelhas coletoras de óleo. *Oecologia Brasiliensis*. Sutiãs. v.11, n.4, p.544-557, 2007.

ANDENA, S.R.; SANTOS, E.F. & NOLL, F.B. Diversidade taxonômica, largura de nicho e similaridade no uso de recursos vegetais por abelhas (Hymenoptera: Anthophila) em área de cerrado. *Journal of Natural History*. v.46, n.27-29, p.1663-1687, 2012.

ANDENA, S.R.; BEGO, L.R. & MECI, M.R.A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências* v.7, n.1, p.55–91, 2005.

ASCHER, JS & PICKERING, J. Descubra o guia de espécies de abelhas da vida e a lista de verificação mundial (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). 2020. Disponível em: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species, Acesso em: 31/05/2022.

BICELLI, C.R.L.; SILVEIRA NETO, S. & MENDES, A.C. Dinâmica populacional de insetos de alta cultura de cacau na região, Pará. II. Análise faunística. *Agrotrópica*, n.1, v.1, p.39-47, 1989.

BOFF, S.; ARAUJO, A.C. & POTT, A. Bees (Hymenoptera: Apoidea) and flowers in natural forest patches of southern Pantanal. *Biota Neotropica* v.13, n.4, p. 46-56, 2013.

BORGES, R.C.; PADOVANI, K; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & GIANNINI, T.C. Um conjunto de dados de características ecológicas multifuncionais de abelhas brasileiras. *Dados Científicos* v.7, n.120, p.1-9, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 19 de 05 de março de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 de março. ISSN 1677-7042. Disponível em: https://sistemas.icmbio.gov.br/site_media/portarias/2010/07/12/TO_RPPN_Cangu%C3%A7u.pdf, Acesso em: 08/06/2022.

CAMARGO, J.M.F.; PEDRO, S.R.M. & MELO, G.A.R. Meliponini Lepeletier, 1836. Em Moure, JS, Urbano, D. & Melo, GAR (Orgs). Catálogo de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Região Neotropical - versão online. 2013. Disponível em <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>, Acesso em: 07/07/2022.

CAMPBELL, A.J.; LICHTENBERG, E.M.; CARVALHEIRO, L.G.; MENEZES, C.; BORGES, R.C.; COELHO, B.W.T.; FREITAS, M.A.B.; GIANNINI, T.C.; LEÃO, K.L.; OLIVEIRA, F.F.; SILVA, T.S.F. & MAUÉS, M.M. High bee functional diversity buffers crop pollination services against Amazon deforestation. *Agriculture Ecosystems & Environment* 326(7414):107777, 2022. Doi:10.1016/j.agee.2021.107777.

CAMPBELL, JW & HANULA, JL 2007. Eficiência de armadilhas Malaise e armadilhas coloridas para coleta de insetos visitantes de flores de três ecossistemas florestais. *Journal Insect Conservtion* v.11, p.399-408, 2007.

CAMPOS, L.A.O.; SILVEIRA, F.A.; OLIVEIRA, M.L.; ABRANTES, C.V.M.; MORATO, E.F. & MELO, G.A.R. Utilização de armadilhas para a captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* v.6, p.621-626, 1989.

CARVALHO-FILHO, F.S. Roubo de odores e brigas entre os machos das orquídeas, *Eulaema* (Apeulaema) *nigrita* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). Comunicações Curtas. *Biota Neotropica* v.10, n.2, p.405-408. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200038>, Acesso em: 08/02/2022.

CRUZ, A.H.S.; OLIVEIRA, E.F. & FREITAS, R.A. *Manual simplificado de coleta de insetos e formação de insetário*. 2009. EAD da UFG.

D'AVILA, M. & MARCHINI, L.C. Análise faunística de himenópteros visitantes florais em fragmento de cerrado em Itirapina, SP. *Ciencia Florestal* v.18, n.2, p.271-279, 2008.

DODSON, CH 1962. A importância da polinização na evolução das orquídeas da América tropical [reedição com mudança de paginação]. *Amer. Orquídea Soc. Touro*. 31:1-24.

DRESSLER, R.L. *Por que as abelhas Euglossine visitam as flores das orquídeas? Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*, v.5, p. 171-180, 1967.

DRESSLER, R.L. Polinização por abelhas euglossina. *Evolução* v. 22, n.1, p.202-210, 1968a.

DRESSLER, R.L. Polinização em orquídeas e abelhas euglossinas no Panamá e Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* v.15, n.1, p.143-183, 1968b.

DROEGE, S.; TEPEDINO, V.J.; LEBUHN, G.; LINK, W.; MINCKLEY, R.L.; CHEN, Q. & CONRAD, C. Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity* v.3, n.1, p.15-23, 2010.

ELTZ, T.; ROUBIK, D.W. & WHITTEN, M.W. Fragrances, male display and mating behaviour of *Euglossa hemichlora*: a flight cage experiment. *Physiol. Entomol* v.28, p.251-260, 2003.

ELTZ, T.; WHITTEN, W.M.; ROUBIK, D.W. & LINSSENMAIR, K.E. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *J. Chem. Ecol* v.25, p.157-176, 1999.

ENGEL, M.S. Notes on South American stingless bees of the genus *Scaptotrigona* (Hymenoptera: Apidae), Part I: short-bristle species, the tubiba species group. *Entomologist's Monthly Magazine* v. 158: 41-59, 2022a.

ENGEL, M.S. Notes on South American stingless bees of the genus *Scaptotrigona* (Hymenoptera: Apidae), Part II: Subgroup A of the postica species group. *Journal Melittology* v.110, p.1-51, 2022b.

ENGEL, M.S. Notes on South American stingless bees of the genus *Scaptotrigona* (Hymenoptera: Apidae), Part III: A revised infra generic classification and new species. *Journal Melittology*, v.111, p.1-29, 2022c.

FARIA, LRR & SILVEIRA, FA DA. A fauna de abelhas das orquídeas (Hymenoptera, Apidae) de uma área núcleo do Cerrado, Brasil: o papel das matas ciliares como corredores para as abelhas associadas à floresta. *Biota Neotropica* v. 11, n.4. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000400009>, Acesso em: 08/02/2022.

FERREIRA, L.A.C.; MARTINS, D.C.; REGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. Riqueza de Abelhas Silvestres (Hymenoptera: Apidae) em um Remanescente Florestal em uma Região de Transição da Amazônia Oriental. *Psique*. ID 5356104: p. 1-11, 2019.

FREITAS, R.F. Diversidade e sazonalidade das abelhas Euglossini Latreille (Hymenoptera: Apidae) em fitofisionomias do bioma Cerrado em Uberlândia, MG. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais – Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A.M.P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G. & QUEZADA-EUAN, J.J.G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologia* v.40, n.3, p.332–346, 2009.

GARIBALDI, L.A.; CARVALHEIRO, L.G.; VAISSIÈRE, B.E.; GEMMILL-HERREN, B.; HIPÓLITO, J.; FREITAS, B.M.; ONG, H.T.; AZZU, N.; SÁEZ, A.; ÅSTRÖM, J. *et al.* Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Ciência* v.351, n.6271, p. 388-391, 2016.

GIANNINI, T.C.; COSTA, W.F.; CORDEIRO, G.D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; SARAIVA, A.M.; BIESMEIJER, J. & GARIBALDI, L.A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *Plos One* v.12, n.8, p.1-13, 2017.

GILL, K.A. & O'NEAL, M.E. Survey of soybean insect pollinators: community identification and sampling method analysis. *Environmental. Entomology* v.44, n.3, p.488-498, 2015.

GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation, Vol. II. Pollination and seed dispersal. *Reta Verlag*, 383pp, 2006.

HAIDAR, R.F.; FAGG, J.M.F.; PINTO, J.R.R.; DIAS, R.R.; DAMASCO, G.; SILVA, L.C.R. & FAGG, C.W. Florestas estacionais e áreas de eco-estado no Tocantins, Brasil: selecionar, classificação das fitofisionomias florestais e acessórios para conservação. *Acta Amazonica* v.43, n. 3, p. 261-290, 2013.

ITIS - Sistema Integrado de Informações Taxonômicas. Disponível em: <https://www.itis.gov/>, Acesso em: 23/06/2022.

JANZEN, D.H. Abelhas Euglossine como polinizadores de longa distância de plantas tropicais. *Ciência* v.171, n.3967, p.203-205, 1971.

KATO, M.; MATSUDA, T. & YAMASHITA, Z. *Ecologia associativa de insetos encontrados em arrozais cultivados por várias formas de plantio*. Relatório científico, Universidade de Tohoku. Série IV, Biologia v..19, p.291-301, 1952.

KERR, W.E.; CARVALHO, G.A. & NASCIMENTO, V.A. Abelha uruçú: biologia, manejo e conservação. Fundação Acangaú, Belo Horizonte, 1996.

KNOLL, F.R.N. Variação na Abundância de Neotropical. Abelhas em um ambiente sazonal imprevisível. *Neotropical Entomology* v.45, n. 2, p.129–138, 2016.

KOPPEN, W. *Climatologia: comun studio de los climas de latierra*. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

KROODSMA, D.E. Distâncias de vôo de abelhas euglossinas machos na polinização de orquídeas. *Biotropica* v.7, n.1, p.71-72, 1975.

KRUG, C. & ALVES- DOS-SANTOS, I. “O uso de métodos diferentes para H diferente da fauna de abelhas (Apoidea), um estudo em ombrófila mista Santa Catarina,” *Neotropical Entomology* v.37, n.3, p.265–278, 2008.

LAROCA, S. *Estudo Feno-ecológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto Paranaenses*. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1972.

LAROCA, S.; CURE, JR & BORTOLI, C. A associação das abelhas silvestres (Hym. Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. *Dusênia* v.13, p.93–117, 1982.

LEPECO, A. & RODRIGO B.G. A revision of the bee genus *Augochlora* Smith (Hymenoptera; Apoidea) in Southern South America. *Zootaxa* v.4897, n.1, p.1-97, 2020a.

LEPECO, A. & RODRIGO, B.G. New species of *Augochlora* (*Oxystoglossella*) Eickwort (Hymenoptera; Apoidea) from Northeastern Brazil with an identification key for the region. *Zootaxa* v.4802, n.2, p. 261-293, 2020b.

LIMA, F.V.O. & SILVESTRE, R. Abelhas (Hymenoptera, Apidae sensu lato) do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Heringia*. 107 (sup.): e2017123, 2017.

MARIMON, B.S.; LIMA, E.S.; DUARTE, T.G.; CHIEREGATTO, L.C. & RATTER, J.A. Observações sobre a vegetação do nordeste de Mato Grosso, Brasil. IV Uma análise do Ecótono floresta cerrado-amazônica. *Edinburgh Journal of Botany* v.63, n.2-3, p.323-341, 2006.

MATHESON, A., BUCHMANN, S.L.; OTOOLE, C.; WESTRICH, P. & WILLIAMS, I.H. *The conservation of bees*. Londres: Academic Press. 254p., 1996.

MICHENER, C.D. *The bees of the world*. 2ª edição. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Imprensa. pág. 4-802, 2007.

MONTAGNANA, P.C. & CAMPOS, M.J. de O. Ruderal Plants Providing Bees Diversity on Rural Properties. *Sociobiologia* v.67, n.3, p.388-400. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v67i3.4837>, 2020.

MOREIRA, E.F.; SANTOS, R.L.S.; PENNA, U.L.; ANJO-COCA, A., OLIVEIRA, F.F. & VIANA, B.F. Are pan traps colors complementary to sample community of potential pollinator insects? *Journal Insect Conservation* v.20, p.583-596, 2016.

MOURE, J.S.; URBAN, D. & MELO, G.A.R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. 2020. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em : 06/07/2022.

NATURATINS. Instituto Natureza do Tocantins. Plano de Manejo Parque Estadual do Lajeado. Goiânia. 2005, 286f. Disponível em: http://www.gesto.to.gov.br/site_media/upload/gestao/documentos/PEL - Plano de Manejo 2.pdf, Acesso em: 08/02/2022.

NEMÉSIO, A. & FARIA J.R., L.R.R. First assessment of orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Apini: Euglossina) of Parque Estadual do Rio Preto, a cerrado area in southeastern Brazil. *Lundiana* v.5, n.2, p. 113–117, 2004.

NEMÉSIO, A. & MORATO, E.F. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of Acre state (northwestern Brazil) and a re-evaluation of euglossine bait-trapping. *Lundiana*, v.7, n.1, p.59-64, 2006.

NEMÉSIO, A. & VASCONCELOS, H.L. Effectiveness of two sampling protocols to survey orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the Neotropics. *Journal of Insect Conservation* v.2, p.197-202, 2014.

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

NEMÉSIO, A. Orchid bees (Hymenoptera, Apidae) from the Brazilian savanna-like ‘Cerrado’: how to adequately survey under low population densities? *North-Western Journal of Zoology* v.12, n.2, p. 230-238, 2016.

NOGUEIRA, D.S.; SANTOS JÚNIOR, J.E.; OLIVEIRA, F.F. & OLIVEIRA, M.L. Review of *Scaura Schwarz*, 1938 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Zootaxa* v.4712, n.4, p.451–496, 2019.

NOGUEIRA, D.S.; RASMUSSEN, C. & OLIVEIRA, M.L. A New Species of *Tetragona* Lepeletier & Serville, 1828 from the “truncata group” and New Distribution Records of *T. truncata* Moure, 1971 (Hymenoptera: Apidae). *Neotropical Entomology* v.50:68-77, 2021.

NOGUEIRA, D.S.; OLIVEIRA, F.F. & OLIVEIRA, M.L. Revision of the *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) species-group (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Zootaxa* v.5119, v.1, p.001–064, 2022a.

NOGUEIRA, D.S.; SANTOS-SILVA, J.A. DOS; CARVALHO, M.M.; CARVALHO-ZILSE, G.A.; ALVES, R.M. DE O. & OLIVEIRA, M.L. Two new species of *Scaptotrigona* Moure, 1942 from the Amazon forest (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) *EntomoBrasilis*, v.15: e985, 2022b

OLIVEIRA, F.F.; MADELLA-AURICCHIO, C.R. & FREITAS, B.M. Uma nova espécie de *Paratrigona* Schwarz, 1938 do nordeste do Brasil, com notas sobre o material tipo de *Melipona lineata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Anthophila: Apidae), *Journal of Natural History* v.54, n. 25-26, p.1637-1659, 2020.

OLIVEIRA, F.F.; SILVA, L.R.; ZANELLA, F.C.V.; GARCIA, C.T.; PEREIRA, H.L.; QUAGLIERINI, C. & PIGOZZO, C.M. A new species of *Paratrigona* Schwarz, 1938 from northeastern Brazil, with notes on the type material of *Melipona lineata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Anthophila: Apidae). *Zookeys (online)* v.1006, p. 137-165, 2020.

OLIVEIRA, M.L. & CAMPOS, L.A.O. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia central. Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* v.12, n.3, p.547-556, 1995.

OLIVEIRA, P.E. *The Pollination and Reproductive Biology of a Cerrado*. Woody Community in Brazil. Comunidade Woody no Brasil. PHD, Universidade de St. Andrews (Escócia), 1991.

OLIVEIRA, P.E. Aspectos de reprodução de plantas do Cerrado e conservação. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer (Brasília)* v.1, p. 34-45, 1994.

- OLIVEIRA-JUNIOR, J.M.B.; ALMEIDA, S.M.; RODRIGUES, L.; SILVÉRIO JÚNIOR, A.J. & ANJOS-SILVA, E.J. Abelhas da orquídea (Apidae: Euglossini) em um fragmento de floresta no ecótono Cerrado-Floresta Amazônica, Brasil. *Acta Biologica Colombo* v.20, n.3, p.67-78, 2015.
- OLLERTON, J. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* v.48, p.353-76, 2017.
- ORR, M.C.; HUGHES, A.C.; CHESTERS, D.; PICKERING, J.; ZHU, C.D. & ASCHER, J.S. Global Patterns and Drivers of Bee Distribution. *Current Biology* v.31, p.1-8, 2021.
- PEDRO, S.R.M. The Stingless Bee Fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology* v.61, n.4, p.348-354, 2014.
- PEDRO, S.R.M. & CORDEIRO, G.D. A new species of the stingless bee *Trichotrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). *Zootaxa* v.3956, n.3, p.389–402, 2015.
- PEREIRA, S.A.N. & SOUSA, C.S. Levantamento da fauna de abelhas no município de Monte Carmelo-MG. *Getec* v.4, n.7, p.11-24, 2015.
- PINHEIRO-MACHADO, C.A.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVEIRA, F.A.; KLEINERT, A.M.P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Brazilian bee surveys: State of knowledge, conservation and sustainable use. In P.G. Kevan & V.L. Imperatriz-Fonseca (eds.). *Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. p.115-129, 2002.
- PIRES, E.P.; MORGADO, L.N.; SOUZA, B.A.; CARVALHO, C.F. & NEMÉSIO, A. Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* v.73, p.507-513, 2013.
- PRADO, S.G.; ONG, H.T.; FLOREZ, J.Á. & COLAZZO, J.Á. Sampling bees in tropical forests and agroecosystems: a review. *Journal Insect Conservation* v.21, p.753-770, 2017.
- PRENDERGAST, KS, MENZ, MHM, DIXON, KW & BATEMAN, PW. The relative performance of sampling methods for native bees: an empirical test and review of the literature. *Ecosphere*.11:e03076. 2020. Doi: 10.1007/s10841-017-0018-8.
- PROCTOR, M.; YEO, P. & LACK, A. The natural history of pollination. Portland: Timber Press. 1996, 480p.
- REBÊLO, J.M.M. & GARÓFALO, C.A. Comunidades de machos de Euglossinae (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do nordeste do Estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* v.26, p.243-255, 1997.
- REBÊLO, JMM & SILVA, FS 1999. Distribuição das abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Um. Soc. Entomol. Sutiãs*. 28(3):389-401.
- ROEL, A.R.; PERUCA, R.D.; LIMA, F.V.O.; CHEUNG, C.; ARAUJO NETO, A.; SILVA, L.V. & SOARES, S. Diversity of Meliponini and others Apiformes (Apidae sensu lato) in a Cerrado fragment and its surrounding, Campo Grande, MS. *Biota Neotropical* v.19, n.2, p.1-5, 2019.

ROUBIK, D.W. & HANSON, P.E. Orchid bees of tropical America: biology and field guide. INBIO, San Jose, 2004, 370 pp

ROUBIK, D.W. *Long-term studies of solitary bees: What the orchid bees are telling us. In Solitary*. Fortaleza. Imprensa Universitária. 2004, 97-103pp.

SAKAGAMI, S.F.; LAROCA, S. & MOURE, J.S. Wild Bee Biocoenotics in São Jose dos Pinhais (PR), South Brazil. Preliminary Report. J Fac Sc Hokkaido University, Serie VI, *Zoology* v.16, n.2, p.253-291, 1967.

SANTIAGO, L.R.; BRITO, R.M.; MUNIZ, T.M.V.L; OLIVEIRA, F.F. & FRANCISCO, F.O. The bee fauna from Parque Municipal da Cachoeirinha (Iporá, Goiás state, Brazil). *Biota Neotropica* v.9, n.3, p.303-397, 2009.

SANTOS, F.M.; CARVALHO, C.A.L. & SILVA, R.F. 4. Diversity of bees (Hymenoptera: Apoidea) in transition area of Cerrado-Amazônia. *Acta Amazonica* v.34, v.2, p. 319-328, 2004.

SHAPIRO, L.H.; TEPEDINO, V.J. & MINCKLEY, R.L. Bowling for bees: optimal sample number for “bee bowl” sampling transects. *Journal Insect Conservation* v.18, n.6, p.1105-1113, 2014.

SILVA, D.P. & DE MARCO, J.R.P. 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* v.43, n.6, p.509–518, 2014.

SILVEIRA NETO, B.B.; NAKANO, O.; BARBIN, D. & VILA NOVA, N.A. *Manual de ecologia dos insetos*. Piracicaba: Ceres. 1976.

SILVEIRA, F.A. & GODÍNEZ, L.M. Systematics surveys of local bee faunas. *Melissa* v.9, p.1-4, 1996.

SILVEIRA, F.A. & CAMPOS, M.J.O. “A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG) e uma análise da biogeografia das abelhas do cerrado Brasileiro (Hymenoptera, Apidae)”, *Revista Brasileira de Entomologia* v.39, p. 371-401, 1995.

SILVEIRA, F.A.; MELO, G.A. & ALMEIDA, E.A. *Abelhas brasileiras. Sistemática e Identificação*. Fundação Araucária. Brasil: Belo Horizonte. 2002, 253 p.

SIRCOM, J.; JOTHI, G.A. & PINKSEN, J. Monitoring bee populations: are eusocial bees attracted to different colours of pan trap than other bees? *Journal Insect Conservation* v.22, n.3-4, p.433-441, 2018.

THAKUR, M. Bees as Pollinators – Biodiversity and Conservation. *International Research Journal of Agricultural Science* v.2, n.1, p.1-7, 2012.

VIOTTI, M.A.; MOURA, F.R. & LOURENÇO, A.P. Species Diversity and temporal variation of the orchid-bee fauna (Hymenoptera, Apidae) in a conservation gradient of a rocky field area in the Espinhaço Range, State of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* v.42, p. 565-575, 2013.

WHITTEN, W.M.; JOVEM, A.M. & STERN, D.L. Nonfloral sources of chemicals that attract male euglossine bees (Apidae: Euglossini). *Journal of Chemical Ecology* v.19, p.3017-3027, 1993.

WHITTEN, W.M.; YOUNG, A.M. & WILLIAMS, N.H. Function of glandular secretions in fragrance collection by male euglossine bees. *Journal of Chemical Ecology* v.15, p.1285-1295, 1989.

WILLIAMS, N.H. & WHITTEN, W.M. Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade. *Biology Bulletin* v.164, p.355-395, 1983.

WILLIAMS, N.H. The biology of orchids and euglossine bees. *Orchid Biology: Reviews and Perspectives* (ed. by J. Arditti, pp. 119–171. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1982.

WILSON, J.S.; GRISWOLD, T. & MESSINGER, O.J. “Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: are pan traps sufficient?” *Journal of the Kansas Entomological Society* v.81, p. 288–300, 2008.

CAPÍTULO 2

Abundância e diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em paisagem dos fragmentos florestais naturais da planície do Araguaia (Ipucas)

1 INTRODUÇÃO

Com cerca de 20.800 espécies conhecidas no globo, as abelhas destacam-se por ser um dos grupos mais diversos do táxon monofilético Hymenoptera (MICHENER, 2007; ORR *et al.*, 2021; ASCHER & PICKERING, 2022), sendo que, para o Brasil, são reconhecidas em torno de 2.000 espécies (ASCHER & PICKERING, 2022). Um dado importante para a conservação ambiental e segurança alimentar do planeta é que mais de 90% das espécies de plantas tropicais dependem da polinização animal para sua reprodução (KLEIN *et al.*, 2007, OLLERTON *et al.*, 2011), e as abelhas são consideradas as mais importantes polinizadores de espécies vegetais em florestas nativas (MICHENER, 2007).

O monitoramento da abundância e diversidade de abelhas é essencial para a conservação eficaz desses insetos e, apesar de sua importância, ainda existem lacunas sobre o conhecimento da biodiversidade deste grupo (ORR *et al.*, 2020). No estado do Tocantins, estudos recentes mostram um avanço na pesquisa sobre a biodiversidade da fauna apícola (NOGUEIRA *et al.* 2019, 2021, 2022a). Barros *et al.* (2022) em levantamento sobre a diversidade da apifauna em região de Cerrado e área de transição Cerrado Floresta Amazônica mostraram uma rica biodiversidade desse grupo.

Segundo Cheng e Ashton *et al.* (2021), dados de levantamento da biodiversidade que sejam representativos de um determinado local melhoram muito a resolução e a profundidade do conhecimento sobre a biodiversidade das abelhas, permitindo análises mais precisas e conhecimento de como as abelhas interagem com as plantas e nos mais diversos tipos de ambientes.

As ações antrópicas, principalmente pela crescente expansão das áreas agricultáveis de monoculturas e de pecuária extensiva, afetam negativamente a biodiversidade, sendo a fragmentação do habitat uma das consequências mais comuns. Isto provoca mudanças significativas na composição e na diversidade da fauna em geral e das abelhas, ao reduzir os recursos naturais disponíveis (BIESMEIJER *et al.*, 2006; KRAUSS *et al.*, 2010; HUNG *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2022). Estudos mostraram perda de diversidade, incluindo a diversidade funcional, genética, e mudanças na composição das espécies devido à fragmentação (HILL & CURRAN, 2001; WILSON *et al.*, 2016; FRANKHAM *et al.*, 2017).

A área onde está localizado o município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins, está inserida em região de ecótono da transição entre Cerrado e Floresta Amazônica, destacando-se como uma área com alta biodiversidade (MARTINS *et al.*, 2006). Nessa área, são encontrados os fragmentos florestais inundáveis, chamados “Ipucas”. Esses fragmentos ocorrem naturalmente, apresentando composição florística própria que os distingue das fitofisionomias campestres que os rodeiam, ou seja, a matriz (BRITO, 2005). A matriz é composta pelo “varjão limpo”, constituído em sua maior extensão por gramíneas, ou pelo “varjão sujo”, que além das gramíneas apresenta espécies arbóreas/ arbustivas típicas do cerrado, formando ilhas sobre pequenos amontoados de terra chamados “murundus” (MARTINS *et al.*, 2001).

A paisagem de ocorrência das ipucas vem sofrendo pelas ações antrópicas do setor agropecuário, as quais foram intensificadas desde o início deste século. Essa expansão do setor ocorre porque a topografia plana da região beneficia a implantação em larga escala da pecuária e a mecanização agrícola (BRITO, 2005). Os fragmentos de ipucas localizados em áreas de agricultura e pastagem são completamente removidos ou, se deixados, sofrem impactos decorrentes do uso das áreas da matriz (MARTINS *et al.*, 2002). Em paisagens florestais fragmentadas, os fragmentos remanescentes podem não ser suficientes para suportar uma

população viável de abelhas sociais ou mesmo de espécies solitárias, que na maioria têm hábitos especialistas de forrageamento (DORCHIN *et al.*, 2013).

Por estarem inseridas em área de transição (ecótono) espera-se que a região de ocorrência das Ipucas tenha alta diversidade de abelhas, semelhante à observada em outras áreas de transição entre Cerrado e Floresta Amazônica (SANTOS *et al.*, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2019; BARROS *et al.*, 2022). Além disso, baseado na teoria de biogeografia de ilhas, a característica de formação das ipucas em fragmentos florestais de diferentes tamanhos inseridos em uma matriz característica, leva à presunção que os fragmentos grandes possuem uma diversidade de abelhas maior do que os fragmentos pequenos, e que o interior dos fragmentos possui uma maior diversidade do que a borda e o varjão (LAURANCE & VASCONCELOS, 2009).

A relação entre área do fragmento e seus atributos ecológicos, especialmente a diversidade de espécies, é o elemento central da teoria de biogeografia de ilhas (MACARTHUR & WILSON, 1967). Segundo esta teoria, quanto maior for o fragmento e mais próximo ele estiver de uma área potencial de fornecimento de indivíduos para migração, maior será a diversidade de espécies nesse fragmento (PIMM, 1998). Ainda segundo a teoria, fragmentos pequenos contêm não apenas uma menor riqueza de espécies como um todo, mas também, muitas vezes, uma menor densidade de espécies (número de espécies por unidade de área) do que fragmentos maiores ou do que a floresta contínua. Dentre os motivos, pode-se citar a menor variedade de habitats, o efeito de borda, menor variabilidade genética, bem como os efeitos de área (LAURANCE & VASCONCELOS, 2009).

Dada a importância das abelhas como elementos da fauna pelo seu papel como polinizador, é inegável a necessidade de se entender melhor como paisagens de fragmentos florestais afetam a distribuição espacial e a diversidade das abelhas nativas. Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo fazer o levantamento da composição de espécies de abelhas nativas presentes na paisagem dos fragmentos florestais naturais (ipucas) e comparar a riqueza

e abundância de abelhas entre esses fragmentos de diferentes tamanhos (grandes e pequenos) e entre três ambientes, o interior da ipuca, sua borda e o varjão sujo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As abelhas estudadas no presente artigo foram coletadas na Fazenda Lago Verde, no município de Lagoa da Confusão, sudoeste do estado do Tocantins (10°50'37,59" S e 49°41'47,27" O) (Figura 1). A Fazenda ocupa uma área de 8.235,65 ha e situa-se em uma faixa de ecótono entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, nas proximidades da Ilha do Bananal (MARTINS *et al.*, 2002). O clima da região é classificado como Aw, que, segundo Köppen (1948), é do tipo tropical com inverno seco. A região apresenta uma estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, que vai de maio a outubro e precipitação anual superior a 750 mm, podendo atingir 1800 mm, temperatura média de 24 °C, e a da umidade relativa do ar permanece em torno de 80 a 85% ao longo do ano (BRASIL, 1994). Inserido dentro da Fazenda Lago Verde, encontra-se um ecossistema constituído por diversos fragmentos florestais de ipucas, que apresentam diferentes tamanhos e são rodeados por matriz composta por varjão (MARTINS *et al.*, 2002) (Figura 2).

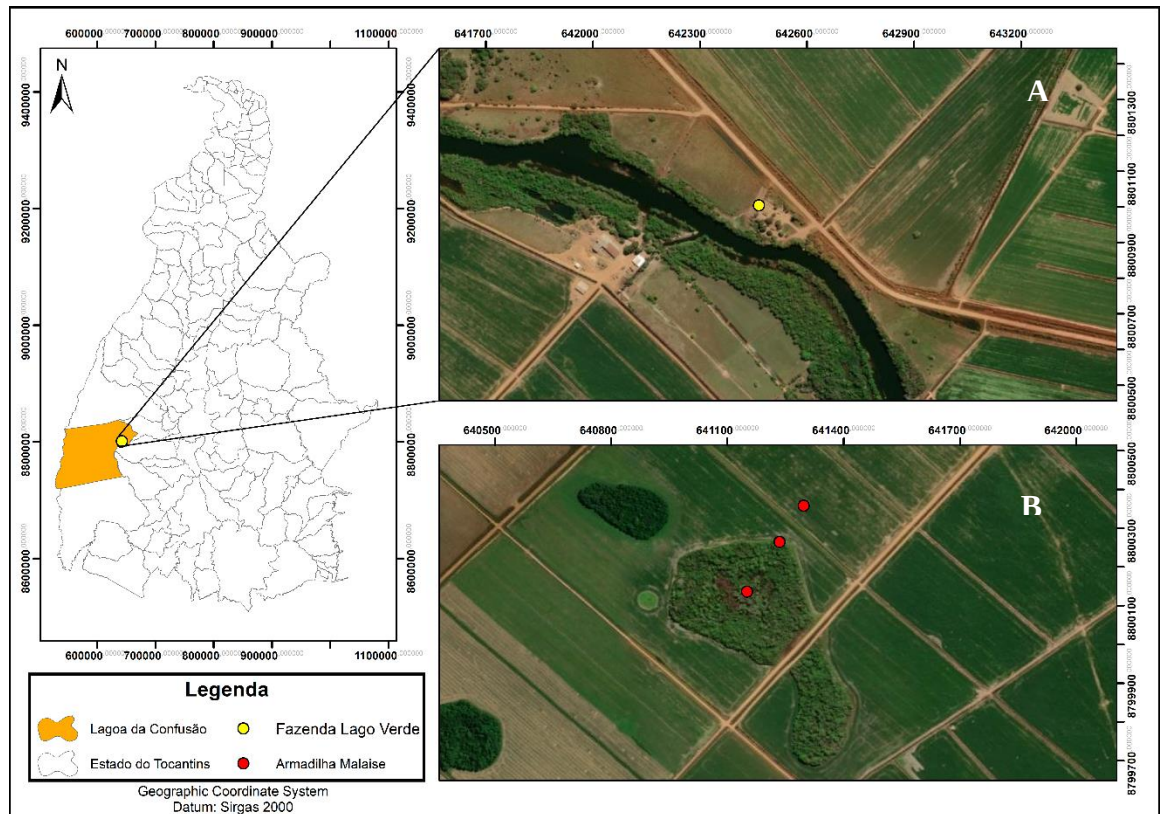


Figura 1. A) Mapa de localização da Fazenda Lago Verde, no município de Lagoa da Confusão, estado do Tocantins, Brasil. B) Transecto com identificação dos três pontos de instalação de armadilhas Malaise (interior da ipuca, sua borda e varjão).

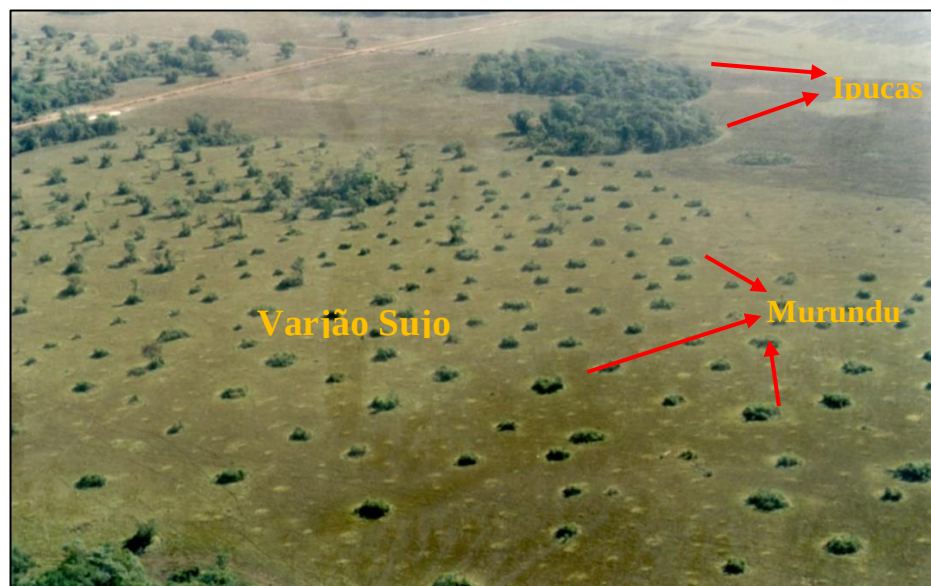


Figura 2. Imagem aérea dos fragmentos florestais inundáveis (Ipucas), envolto pela matriz de varjão sujo, que abriga os chamados “murundus”, na Fazenda Lago Verde, município de Lagoa da Confusão, TO, Brasil. (Foto: Martins, 2002).

2.2 COLETA, TRIAGEM E ARMAZENAMENTO DE HIMENÓPTEROS

Os indivíduos foram coletados em área de ocorrência das Ipucas, na Fazenda Lago Verde, durante uma pesquisa com insetos da ordem Hymenoptera. O método utilizado para captura foram as armadilhas interceptadoras de voo do tipo Malaise. As coletas ocorreram em fragmentos (Ipucas) de duas classes de tamanho, grandes (> 27 ha) e pequenos (< 9 ha), inseridos no varjão sujo. Foram selecionados três fragmentos grandes (35, 34 e 28 ha) e três pequenos (8, 5 e 4 ha). Em cada fragmento e no varjão adjacente foram utilizadas três armadilhas (Malaise), instaladas em um transecto, que passava por três sítios amostrais (ambientes): interior (centro) do fragmento, borda do fragmento e varjão sujo (distante 80 m da borda). Foram realizadas cinco coletas no período de agosto a dezembro de 2002, uma coleta em cada mês. Em cada coleta, a armadilha permaneceu por sete dias consecutivos.

Após a coleta mensal, foi realizada a triagem do material no laboratório de entomologia do Curso e Ciências Biológicas da UFT, em Porto Nacional, estado do Tocantins. Os himenópteros foram separados sob lupa e identificados em nível de família. Os indivíduos de Hymenoptera das diversas famílias, inclusive as abelhas, e o restante do material coletado em cada ponto foram armazenados em pequenos frascos de vidro contendo álcool 90%, e etiquetados de acordo com o tamanho do fragmento, o ambiente de coleta (interior, borda e varjão) e data de coleta.

2.3 REIDRATAÇÃO, MONTAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS ABELHAS

Em outubro de 2020, as abelhas capturadas e armazenadas em álcool passaram por um processo de reidratação conforme técnica adaptada de Silveira *et al.* (2012). Após reidratação, os exemplares de abelhas foram alfinetados com alfinetes entomológicos, montados e colocados em estufa de secagem a 45° C por 48 horas (abelhas pequenas) ou 72 horas (abelhas médias e grandes). As abelhas receberam as etiquetas de origem e foram identificadas em nível

de gênero e espécie no Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos, da Universidade Federal da Bahia. Informações sobre a classificação taxonômica e a distribuição geográfica das espécies foram adquiridas com base na versão online do catálogo de abelhas Moure (CAMARGO & PEDRO, 2013; NOGUEIRA *et al.*, 2019, 2022; MOURE *et al.*, 2020; LEPECO & GONÇALVES, 2020a, 2020b; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Foi realizada a análise descritiva dos dados, com cálculo da abundância de indivíduos e da riqueza de gêneros e espécies por tamanho de fragmento, por ambiente e por mês de amostragem.

A comparação das possíveis mudanças na diversidade de espécies foi efetuada por meio do índice de diversidade de Shannon-Weaver, que é dado pela expressão

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

em que H' é índice de Shannon-Weaver; p_i é a relação entre o número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie e o número total de indivíduos coletados naquele ambiente ou tamanho da ipuca acumulado nas cinco coletas; $\ln$ é o logaritmo neperiano.

Para comparação do número de espécies (riqueza) e o índice de diversidade, entre ambientes e tamanhos das ipucas, utilizou-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade.

O índice de correlação de Pearson foi utilizado para comparação do número total de indivíduos capturados e a riqueza acumulada de espécies.

Todas as análises foram executadas utilizando o programa Past 4.03 e para confecção dos gráficos utilizou-se o Excel, versão 2013.

3 RESULTADOS

Foram capturados 183 indivíduos, distribuídos em 29 gêneros e 43 espécies de abelhas. As famílias encontradas foram Apidae, Halictidae e Megachilidae, sendo Apidae a mais abundante com 151 indivíduos (Tabela 1). Nos ambientes interior e borda dos fragmentos grandes e pequenos foram capturados 126 indivíduos, distribuídos em 23 gêneros e 26 espécies. No ambiente do varjão sujo foi coletado o total de 57 indivíduos, distribuídos em 20 gêneros e 30 espécies. Um total de 52 espécimes de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (africanizada polihíbrida da família Apidae) foram capturadas por meio da armadilha Malaise nas áreas de estudo, apresentando uma abundância relativamente alta. No entanto, por se tratar de uma espécie introduzida (não nativa), com colônias populosas, e esses números impactarem diretamente o conjunto de dados, foi tomada a decisão de retirar esta espécie da análise para uma melhor compreensão da comunidade de abelhas nativas. Dez das espécies capturadas neste estudo foram adicionados ao estado do Tocantins como novos registros.

As ipucas pequenas (borda + interior) apresentaram um total de 100 indivíduos, distribuídos em 19 gêneros e 28 espécies, enquanto nas ipucas grandes (borda + interior) foi encontrado um total de 26 indivíduos, distribuídos em 11 gêneros e 13 espécies. Além do varjão apresentar o maior número de espécies no total (30), este ambiente também apresentou o maior número de espécies restritas. Foram nove espécies restritas ao varjão das ipucas grandes e cinco restritas ao varjão das ipucas pequenas.

As três famílias (Apidae, Halictidae e Megachilidae) estiveram presentes tanto em ipucas pequenas como nas grandes, com as abelhas da tribo Meliponini (abelhas sem ferrão) sendo o grupo que apresentou a maior riqueza e abundância, com 12 espécies em 10 gêneros e 95 indivíduos (Tabela 1). A espécie de Meliponini mais comum foi *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854, com 23,1% dos indivíduos. Em relação à família Halictidae, foram amostradas duas espécies, *Megalopta* aff. *xavante* Santos & Melo, 2014 e *Dialictus opacus* (Moure, 1940), e seis morfoespécies pertencentes a cinco gêneros: *Augochlora* (1),

Augochloropsis (3), *Augochlorodes* (1), *Megalopta* sp.1 (1) e *Pereirapis* sp.1 (1). A família Megachilidae foi representada pelas espécies *Epanthidium tigrinum* (Schrottky, 1905) coletado no varjão adjacente à ipuca pequena e *Hypanthidium maranhense* (Urban, 1998) coletado no varjão adjacente à ipuca grande, e as morfoespécies *Anthodioctes* sp.1, *Megachile* sp.1 e *Coelioxys* sp.1, das quais a primeira ocorreu apenas na ipuca grande, a última apenas na ipuca pequena, e a morfoespécie *Megachile* sp.1 ocorrendo no varjão adjacente as ipucas pequenas e grandes. Em relação aos ambientes, foi encontrada uma maior abundância de indivíduos da tribo Meliponini no interior no fragmento, principalmente das ipucas pequenas, sendo as espécies *Melipona (Melikerria) fasciculata* e *Partamona cf. ferreirai* Pedro & Camargo, 2003 as mais abundantes.

Tabela 1. Relação do número de indivíduos de espécies de abelhas de três subfamílias coletadas em três ambientes (interior, borda e varjão) de três fragmentos grandes e três pequenos, na região das ipucas.

TÁXON	IPUCA GRANDE			IPUCA PEQUENA			Total
	Interior	Borda	Varjão	Interior	Borda	Varjão	
APIDAE							
Centridini							
<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841*			1				1
<i>Centris (Hemisiella) trigonoides</i> Lepeletier, 1841*			2				2
<i>Centris (Heterocentris) analis</i> Fabricius, 1804*	2		7	1	6	4	20
Ericrocidini							0
<i>Mesoplia</i> sp.1			1				1
Eucerini							0
<i>Florilegus</i> sp.1*			1				1
<i>Florilegus</i> sp.2*						1	1
<i>Florilegus</i> sp.3*						1	1
Euglossini							0
<i>Euglossa</i> sp.*	2						2
Exomalopsini							0
<i>Exomalopsis</i> sp.1				1			1
Meliponini							0
<i>Cephalotrigona femorata</i> (Smith, 1854)*	1					1	2
<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)		1					1
<i>Lestrimelitta limão</i> (Smith, 1863)*			1		3		4

A análise dos dados mostrou que, independentemente do mês, a abundância de indivíduos bem como a riqueza foram maiores nas ipucas pequenas (Figura 3). Contudo, quando considerado o fator mês, observa-se que nas ipucas pequenas a maior abundância e riqueza ocorreu no mês de setembro, enquanto que para as ipucas grandes o mês de novembro foi o que apresentou maior abundância e riqueza, independentemente do ambiente amostrado (Figura 3).

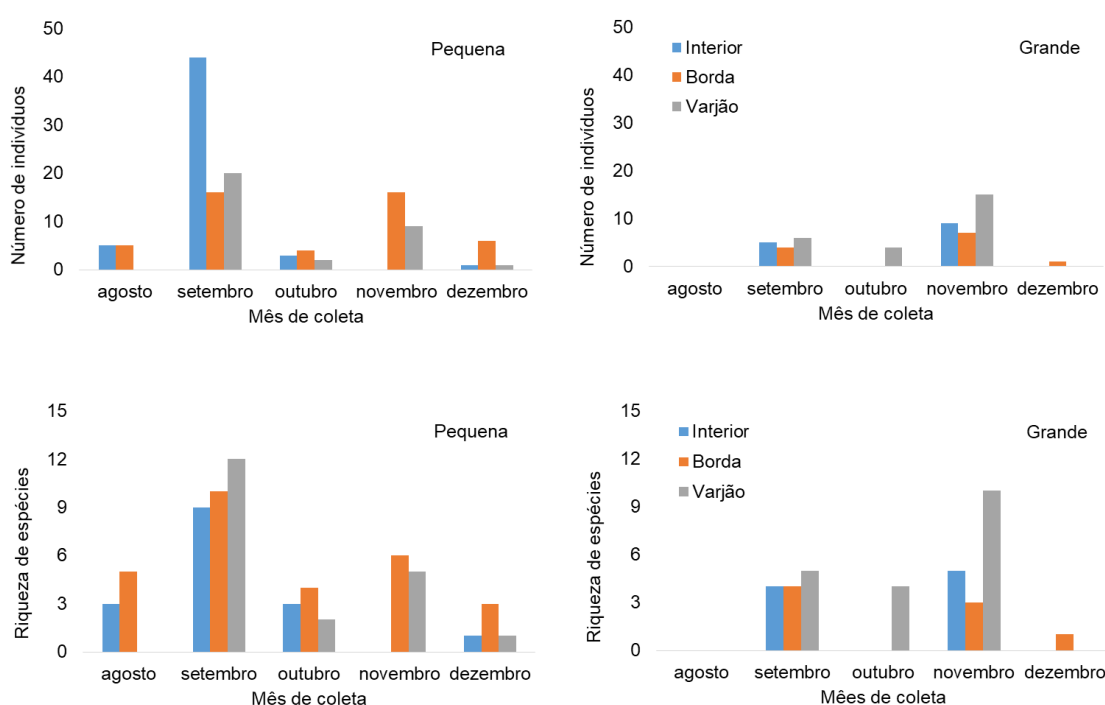


Figura 3. Distribuição do número de indivíduos e riqueza de espécies nas ipucas pequenas e grandes nos meses de agosto a dezembro de 2002.

Os resultados também mostraram forte correlação do número acumulado de indivíduos e a riqueza acumulada de espécies nos meses, independentemente do ambiente e do tamanho da ipuca ($r_{\text{Pearson}} = 0,98$; $p < 0,001$; $n = 5$), o que era esperado. A distribuição do número de indivíduos e de espécies por mês de coleta, indicou uma leve estabilização da curva em ipucas pequenas e grandes (Figura 4). Na mesma figura observa-se que o número acumulado de indivíduos mostra uma grande diferença entre as ipucas pequenas e grandes a partir da coleta

em setembro. Sem considerar o tamanho da ipuca, o interior do fragmento apresenta a maior abundância de indivíduos, porém, com o menor número de espécies. O varjão é o que apresenta maior número de espécies em relação a borda e interior (Figura 5).

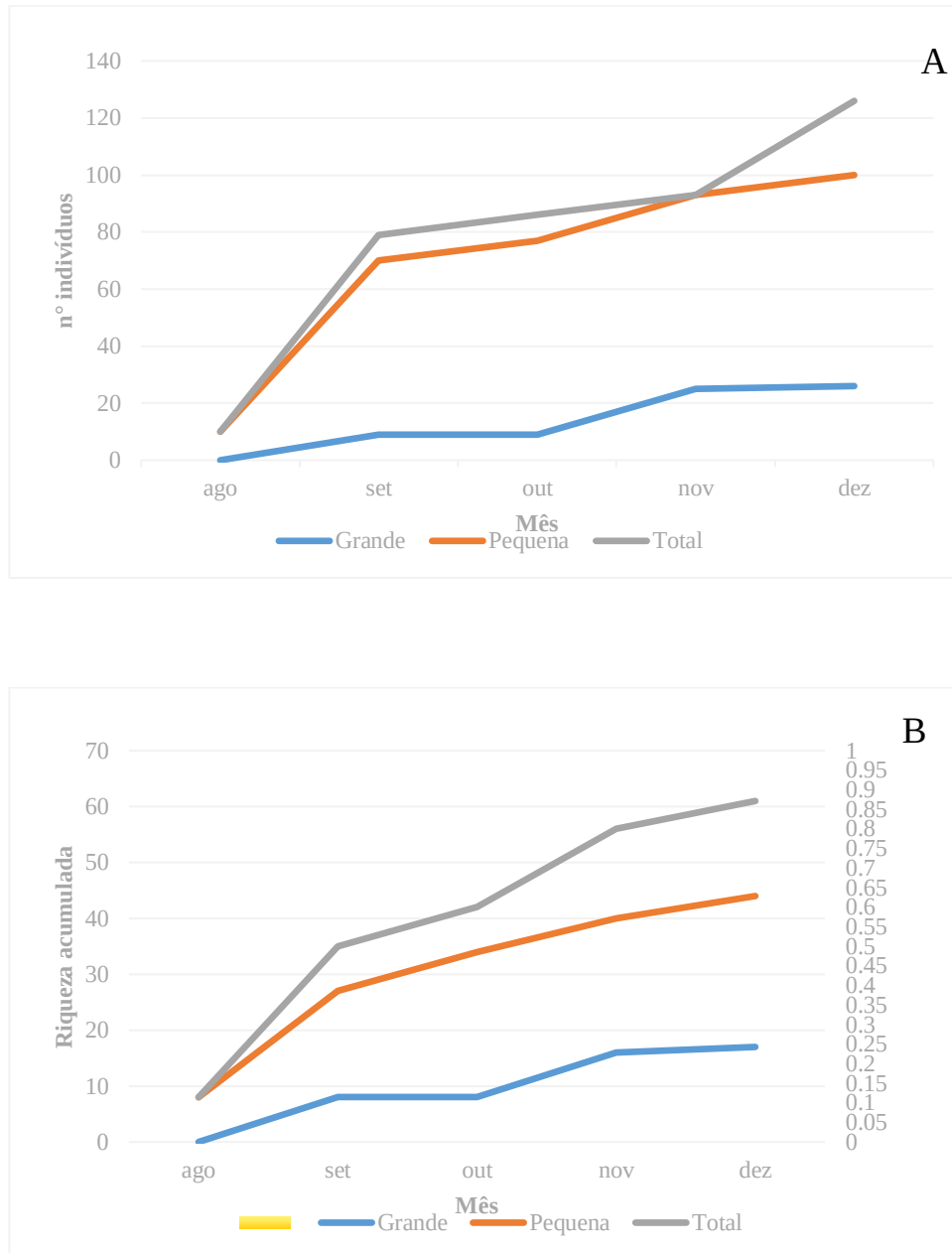
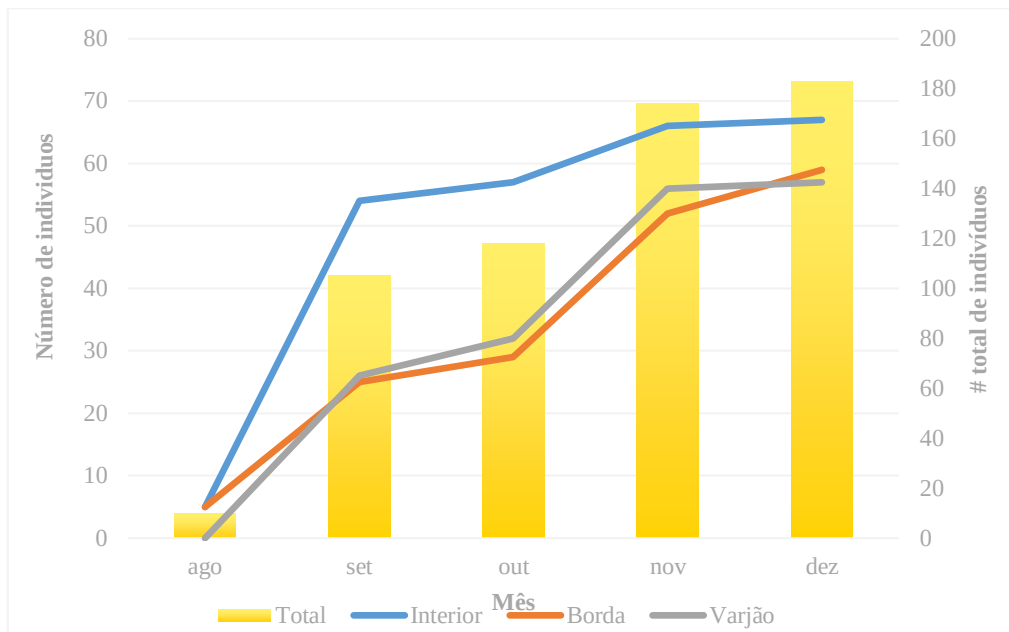


Figura 4. Número acumulado de indivíduos (A) e riqueza acumulada de espécies de abelhas (B) durante coletas em ipucas grandes (interior + borda) e pequenas (interior + borda), realizadas nos meses de agosto a dezembro de 2002.

A



B

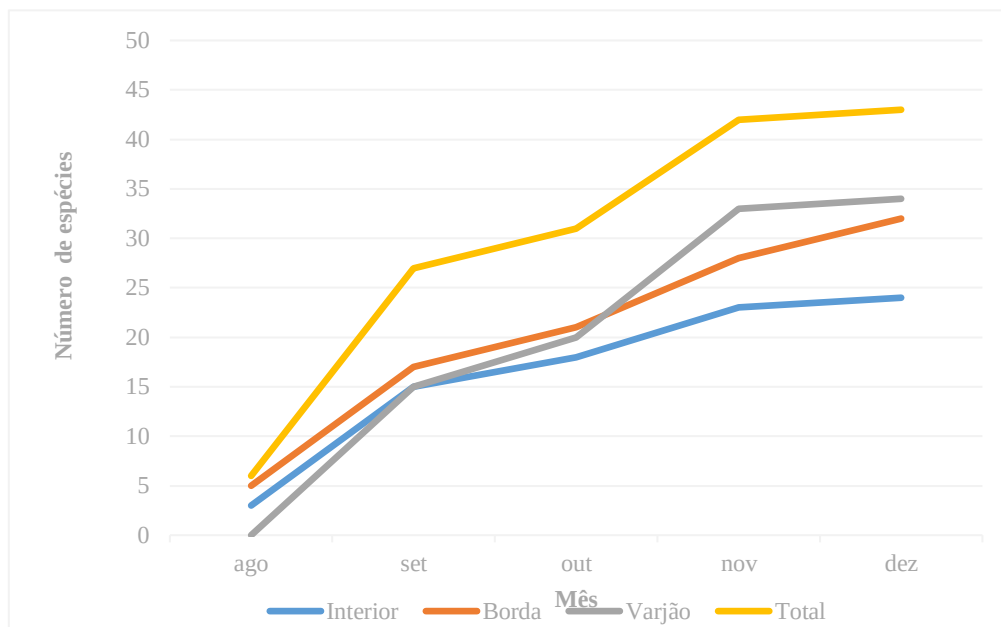


Figura 5. Número acumulado de indivíduos (A) e a riqueza acumulada de espécies de abelhas (B), durante os meses de coleta nos diferentes ambientes (interior, borda e varjão) de seis fragmentos de ipucas.

O índice de diversidade de Shannon foi maior nas ipucas pequenas ($H' = 2,50$) quando comparado as ipucas grandes ($H' = 1,99$). A comparação deste índice calculado para o interior dos fragmentos ($H' = 2.305$), a borda ($H' = 2.470$) e o varjão ($H' = 2.990$) mostrou que houve diferença significativa entre (borda x varjão), o varjão apresentando maior diversidade que a borda ($p < 0,001$) e maior diversidade que o interior do fragmento (interior x varjão) ($p < 0,001$).

(Tabela 2). Não existiu diferença na diversidade (H') entre borda e interior quando considerado o conjunto dos três fragmentos grandes ($p = 0,2553$), enquanto este índice de diversidade foi maior para a borda do que para o interior do conjunto de fragmentos pequenos ($p < 0,001$).

Tabela 2. Comparação da diversidade total pelo índice de Shannon (H') entre ipuca grande e pequena (interior + borda) e entre os ambientes estudados (interior, borda e varjão) da diversidade de abelhas, Tocantins, Brasil.

Comparação	H'	Teste t	GL	p
Ipuca grande (interior + borda)	2,00	-2,24	40,66	0,0307*
Ipuca pequena (interior + borda)	2,51			
Interior	2,30	-0,15	125,71	0,3569 ^{NS}
Borda	2,47			
Borda	2,47	-2,67	112,23	0,0086*
Varjão	2,99			
Interior	2,30	-3,50	122,69	0,0006*
Varjão	2,99			

H' (Índice de diversidade de Shannon-Weaver); GL (graus de liberdade); NS (não significativo); *(Comparação significativa com $p < 0,05$)

4 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies de abelhas encontrada neste estudo (26 espécies), considerando interior e borda dos fragmentos de ipucas grandes e pequenas, pode ser considerada baixa quando comparado a estudos em fragmentos naturais. Por exemplo, Maia *et al.* (2020) realizou levantamento da composição e diversidade de abelhas em áreas naturalmente fragmentadas na Amazônia Oriental e encontrou um total de 118 espécies. As comparações de fauna entre diferentes localidades são importantes para ajudar a compreender melhor as comunidades de abelhas. No entanto, além do fato de os biomas serem diferentes e conterem diferentes espécies de abelhas, os diferentes procedimentos metodológicos (tamanho dos transectos, tipos de armadilhas, esforço amostral) desses estudos dificultam comparações apropriadas e reforçam a importância do uso de métodos padronizados de levantamento.

A diversidade de espécies de abelhas em áreas fragmentadas depende muito da capacidade de movimentação e dispersão das espécies. Espécies de pequeno porte têm menor capacidade de se deslocar a longas distâncias, diferentemente de espécies de maior porte, que conseguem migrar e colonizar áreas mais distantes de seu ninho-natal (ZURBUCHEN *et al.* 2010). Este estudo não utilizou outros métodos de captura que pudesse contabilizar as espécies da tribo Euglossini, por exemplo, bastante encontrada em áreas fragmentadas devido sua capacidade de se deslocar a longas distâncias.

Como esperado, o maior número de indivíduos e espécies de abelhas foi da família Apidae, seguida por Halictidae e Megachilidae. Estes padrões de distribuição em relação ao número de indivíduos das famílias foram relatados por Gruchowski-w *et al.* (2010) em fragmento de Floresta Ambrófila mista e, em áreas de fragmentos e em fitofisionomias do cerrado relatado por Andena *et al.* (2012). O maior número de espécies de Apidae encontrado neste estudo se justifica porque esta família é a mais diversificada e amplamente distribuída no Brasil e no mundo, ocorrendo em diferentes biomas e sob distintas características ambientais (MICHENER, 2000). A família Halictidae apresenta distribuição mundial, mas com maior diversidade nas regiões temperadas, apesar de possuir alguns gêneros exclusivos da região Neotropical (MICHENER, 1979). Em áreas com distúrbios ambientais provocados pelas atividades humanas, há uma tendência de aumento na proporção de espécies de Halictidae em relação às demais famílias (LAROCA *et al.*, 1982), mas no presente estudo esta família foi a segunda mais abundante.

O baixo número de espécies de Megachilidae encontrado neste estudo pode estar relacionado à distribuição espacial e temporal restrita dessa família, segundo Roubik (1989). Os megaquilídeos constroem ninhos expostos em paredes ou galhos, escavam-nos no solo ou na maioria das vezes reutilizam cavidades preexistentes em diversos tipos de substrato como caules de plantas mortas, folhas laminadas, espaços entre rochas, túneis de cupins e cavidades abandonadas de insetos (KROMBEIN 1967; MARTINS & ALMEIDA, 1994; CAMILLO *et*

al. 1995; ALMEIDA *et al.* 1997; AGUIAR & MARTINS, 2002; RAW, 2004). Estas abelhas têm o hábito relativamente especializado de visitar flores de Asteraceae e Lamiaceae (Müller 1996; Garófalo *et al.* 2004). Neste estudo, entretanto, a visitação floral não foi investigada.

A maior abundância e riqueza de espécies observada no mês de setembro pode estar relacionada à taxa de floração. Apesar dessa taxa não ter sido medida no presente estudo, Tschoeke *et al.* (2009) ao estudar o levantamento das plantas visitadas por *A. mellifera* L. e os dados de fenologia floral em seis apiários localizados em seis municípios da Região Sul do Estado do Tocantins, observou que o período de julho a setembro é onde ocorre o maior número de espécies em floração no cerrado. Neste período ocorre maior disponibilidade de recursos tróficos para as abelhas, enquanto que nos meses de novembro e dezembro foi observado o menor número de espécies em floração, coincidindo com o início do período chuvoso. Estes resultados de Tschoeke *et al.* (2009) é aplicável à Região Oeste do estado do Tocantins que apresenta o mesmo período de sazonalidade da Região Sul do estado.

Ainda segundo Orr *et al.* (2021), em estudo sobre a riqueza global de abelhas, durante o mês mais seco há um aumento na riqueza de abelhas, apoiando a visão de que os desertos são áreas importantes para as abelhas, além dos climas mediterrâneos. No entanto, também é necessária umidade suficiente para o crescimento das plantas e, portanto, a média de evapotranspiração de alto potencial é importante (WILMER & STONE, 2004). Para as abelhas neotropicais, a distribuição das espécies é determinada não somente pela diversidade de recursos florais (TSCHARNTKE *et al.* 1998) como também pela existência de locais adequados para nidificação (LINSLEY, 1958; MARQUES *et al.*, 2013).

Segundo às predições da Teoria de Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR & WILSON, 1967) fragmentos pequenos tendem a ter menos espécies como um todo (menor riqueza de espécies) e menor densidade de espécies por unidade de área do que fragmentos grandes. Porém, e contrário à essa teoria, os valores encontrados neste estudo mostraram que a diversidade de abelhas nas ipucas pequenas foi maior do que nas ipucas grandes. Este resultado

também foi encontrado nos estudos de Maia *et al.* (2020) em áreas naturalmente fragmentadas. Laurance (2008) também afirma que os fragmentos menores nem sempre contêm menos espécies do que os fragmentos maiores. Portanto, tais resultados mostram que pode não há efeito de área sobre a diversidade e abundância de abelhas. Além disso, a riqueza de espécies pode na verdade aumentar com a fragmentação para certos grupos taxonômicos (TOCHER *et al.*, 1997; AZEVEDO *et al.*, 2008).

Quanto à análise dos resultados encontrados nos ambientes das ipucas, a tendência de maior número de gêneros e de espécies registrada no varjão em relação ao interior e borda do fragmento, pode estar relacionada ao tipo de solo presente nesses ambientes, que favorecem ou não a riqueza de floração. Marimom & Lima (2001) realizaram estudos de caracterização fitofisionômica e florística em ambientes das ipucas. Para esses autores, o interior das ipucas caracteriza-se por apresentar diversidade florística baixa, ocorrendo em muitas áreas a dominância de uma única espécie de planta. Além disso, no interior de fragmentos, normalmente, a vegetação encontra-se mais densa, enquanto a matriz (varjão) apresenta uma vegetação mais esparsa, que pode possibilitar melhor a área de forrageio desses insetos. No varjão sujo, local onde foram instaladas as armadilhas, há predomínio marcante de espécies herbáceas, além de possuírem espécies arbóreas/arbustivas típicas do Cerrado, em geral na forma de “ilhas” (murundus) que podem permitir o forrageio das abelhas, inclusive em períodos em que há o alagamento dos varjões e interior das ipucas durante a estação chuvosa. Entre as espécies vegetais que mais se destacam no ambiente do varjão está o murici (*Brysonima* sp.), polinizado principalmente pelas abelhas da tribo Centridini e Tapinitaspedini (MARTINS *et al.*, 2001; REGO *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2008). Estas foram encontradas no presente estudo em maior número justamente no ambiente do varjão e borda dos fragmentos. Ademais, a alta radiação solar presente no ambiente mais aberto do varjão em relação ao interior das ipucas também pode ter contribuído para a alta riqueza das abelhas, segundo um estudo de distribuição das abelhas nos trópicos (ORR *et al.* 2021).

Segundo Laurance & Vasconcelos (2009), muitas espécies animais são afetadas pela formação de bordas, algumas destas positivamente. Alguns invertebrados, como as borboletas heliófilas, aumentam em abundância próximo às bordas dos fragmentos (BROWN & HUTCHINGS, 1997; FOWLER *et al.* 1993; SOUZA & BROWN, 1994). De modo similar, abelhas gostam de clareiras e também se tornam mais abundantes próximo às bordas (LIMA-VERDE *et al.*, 2020). As áreas abertas podem oferecer um importante local complementar para o forrageamento das abelhas, conforme observado por Azevedo *et al.* (2008).

A maior abundância de abelhas da Tribo Meliponini encontrada no interior dos fragmentos pequenos, a exemplo de *Melipona fasciculata* (SMITH, 1854) e *Partamona* cf. *ferreirai* (PEDRO & CAMARGO, 2003), pode estar relacionada à característica desse grupo de apresentar comportamento social, com colônias numerosas, especialmente se comparado às abelhas solitárias. Além disso, é provável que as abelhas usem as ipucas não somente para explorar recursos alimentares, mas também para nidificação. Ademais, as ipucas apresentam menor exposição à radiação solar e menor impacto da precipitação do que a borda e o varjão, o que poderia oferecer condições mais amenas à essas abelhas e amplas oportunidades para encontrar locais de nidificação. Por isso, a presença de ninhos no interior das ipucas também deve ser considerado como uma justificativa para a maior abundância de Meliponini no interior dos fragmentos, uma vez que a característica dessa tribo é que são altamente dependentes dos recursos disponíveis nas proximidades de seus ninhos (GARIBALDI *et al.*, 2014). No entanto, no presente estudo não foi realizado levantamento de ninhos.

Além disso, o tamanho do corpo é um fator importante a ser considerado na compreensão das respostas à presença de abelhas selvagens no fragmento (GREENLEAF *et al.*, 2007). Mayes *et al.* (2019) em estudo sobre os efeitos do desmatamento nos tamanhos corporais das comunidades de abelhas sem ferrão revelou que o tamanho médio do corpo da comunidade foi maior em áreas com maiores quantidades de desmatamento, e menor em áreas com menos desmatamento, ou seja, as abelhas da tribo Meliponini são abelhas que possuem o

corpo menor quando comparado às abelhas solitárias, portanto elas tendem a ser encontradas em ambientes mais preservados devido a sua característica de sobrevoar locais mais próximos a seus ninhos. Em segundo lugar, a riqueza das espécies de abelhas sem ferrão foi positivamente associada à borda e varjão da floresta, independentemente do tamanho do corpo o que também corrobora com os achados deste estudo (LIMA-VERDE *et al.*, 2020).

5 CONCLUSÃO

- (i) Conclui-se que os fragmentos florestais naturais revelaram a presença de vinte novos registros de abelhas para o estado do Tocantins, sendo dez espécies e dez morfoespécies.
- (ii) A diversidade foi maior nos fragmentos pequenos em relação aos fragmentos grandes e, maior no ambiente varjão sujo seguido da borda e interior.
- (iii) Há a necessidade de conservação das ipucas para a manutenção não somente da diversidade de abelhas e insetos em geral, mas também para a manutenção da fauna e da flora da região.
- (iv) Apesar da área sofrer impactos decorrente da expansão agrícola à época de coleta dos dados, foi revelado no presente estudo que a região apresentava uma alta diversidade da fauna de abelhas nativas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos provenientes desta tese demonstram em seus resultados que as três regiões escolhidas para o levantamento da fauna de abelhas nativas revelaram a presença de uma rica biodiversidade de abelhas. Dessa forma, podemos inferir que o Tocantins é rico na biodiversidade destes insetos, sendo este trabalho pioneiro no levantamento realizado no bioma Cerrado. Contudo, mais estudos em outras regiões no estado são necessários a fim de ampliar o conhecimento da fauna das abelhas nativas, visando a conservação da fauna por meio do estabelecimento de ações que possibilitem tal medida.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.P.S.; ARRUDA, F.V.; SILVA, D.P. & COELHO, B.W.T. Bees (Hymenoptera, Apoidea) in an Ecotonal Cerrado-Amazon Region in Brazil, *Sociobiology*. v.66, n.3, p.457-466, 2019.
- ANDENA, S.R, SANTOS, E.F. & NOLL F.B. Taxonomic diversity, niche width and similarity in the use of plant resources by bees (Hymenoptera: Anthophila) in a cerrado area. *Journal of Natural History*. v.46, n.27-29, p.1663–1687, 2012.
- ANJOS-SILVA, E. J. DOS. Abelhas Euglossini (Anthophila: Hymenoptera: Apidae) nas margens do Rio Jurena: Check List das Espécies na Floresta Amazônica em Cotriguaçu (Mato Grosso), incluindo Chave Ilustrada para Exaerete. In: RODRIGUES, D.J.; IZZO, T.J. & BATTIROLA, L.D. Descobrindo a Amazônia meridional: Biodiversidade da Fazenda São Nicolau. Campo Grande –MS: Ed. UFMS. 2013, p. 51-71.
- AQUINO F.G & OLIVEIRA, M.C. *Reserva legal no bioma Cerrado: uso e preservação*. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2006.
- ARANDA, R. & AOKI, C. Diversity and effect of historical inundation on bee and wasp (Hymenoptera: Apoidea, Vespoidea) communities in the Brazilian Pantanal. *Journal of Insect Conservation* v.22, p.81–591, 2018.
- ARRUDA, F.V. DE; CAMAROTA, F.; SILVA, R.R.; IZZO, T.J.; BERGAMINI, L.L. & R.P.S. The potential of arboreal pitfall traps for sampling nontargeted bee and wasp pollinators. *Entomologia Experimental Aplicada*. v.00, p.1–12, 2022.
- ASCHER, J.S. & PICKERING, J. Discover life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila), 2020. Disponível em: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species, Acesso em: 11/09/2022.
- AZEVEDO, A. A.; SILVEIRA, F. A.; AGUIAR, C. M. L. & PEREIRA, V. S. Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia, Brasil): riqueza de espécies, padrões de distribuição e ameaças para conservação. *Megadiversidade*. v.4, p. 127–157, 2008.
- BARROS, S.S.O.; Oliveira Júnior, W.P.; Oliveira, F.F.; Andrade, N.G.; Oliveira, R.J. & Bragança, M.A.L. The bee fauna (Hymenoptera, Apoidea) in Cerrado and Cerrado-Amazon Rainforest transition sites in Tocantins state, Northern Region of Brazil. *Biota Neotropica*. v. 22, n. 3, p. 1-22, 2022.
- BARTOMEUS, I.; POTTS, S.G.; STEFFAN-DEWENTER, I., VAISSIÈRE, B.E.; WOYCIECHOWSKI, M.; KREWENKA, K.M.; TSCHÉULIN, T.; ROBERTS, S.P.M.; SZENTGYÖRGYI, H.; WESTPHAL, C.; BOMMARCO, R. Contribuição de insetos polinizadores para a produtividade e qualidade da cultura varia com a intensificação agrícola. *PeerJ* 2 v.328, p.1-20, 2014.
- BIESMEIJER, et al. Connectance of Brazilian social bee — food plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. *Biota Neotropica Campinas* v.5, p. 85-93, 2005.

BIESMEIJER, J.C., ROBERTS, S.P.M., REEMER, M., OHLEMULLER, R., EDWARDS, M., PEETERS, T., SCHAFFERS, A.P., POTTS, S.G., KLEUKERS, R., THOMAS, C.D., *et al.* Parallel declines in pollinators and insect pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* v.313, p.351–354, 2006.

BRAGANÇA, M.A.L.; ACÁCIO, R.S.; RIBEIRO, R.S.; ZANUNCIO, J.C. Distribuição e abundância de vespas Mymarommatidae em Mata Atlântica do Espírito Santo e no Cerrado do Tocantins. *Floresta e Ambiente* v.11, p. 70-72, 2004.

BRASIL. Instituto Água e Terra. *Reserva Particular do Patrimônio Natural*. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov/Pagina/Reserva-Particular-do-Patrimonio-Natural-RPPN>. Acesso em: 03/08/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *O Bioma Cerrado*. <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 18/07/2018 as 10:16.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Portaria nº 19 de 05 de março de 2004*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 março. ISSN 1677-7042. https://sistemas.icmbio.gov.br/site_media/portarias/2010/07/12/TO_RPPN_Cangu%C3%A7u.pdf. Acesso: 08/06/2022.

BREEZE, T.D., GALLAI, N., GARIBALDI, L.A., LI, X.S. Economic measures of pollination services: shortcomings and future directions. *Trends in Ecology & Evolution* v.31, p.927 - 939, 2016.

BRITO, E.R. Florística e estrutura de fragmentos naturais de floresta inundáveis -Ipucas- e identificação de áreas degradadas da fazenda Lago Verde, Lagoa da Confusão-TO. *Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal*, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

BROWN M.J.F. & PAXTON R.J. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* v.40, p. 410-416, 2009.

BROWN, K.S. & HUTCHINGS, R.W. *Disturbance, fragmentation, and the dynamics of diversity in Amazonian forest butterflies*. Pp 91-110 In: W.F. Laurance & R.O. Bierregaard (eds). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago. 1997, 616p.

CAMARGO, J.M.F & PEDRO S.R.M. Meliponini Neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) - bionomia e biogeografia. *Revista Brasileira de Entomologia* v.47, p. 311-372, 2003.

CAMARGO, J.M.F., PEDRO, S.R.M. & MELO, G.A.R. 2013. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & 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>. (Acesso em: 07/07/2022)

CAMERON, S.A. Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology* v.49, p377-404, 2004.

CANE, J. H., *et al.* “Sampling Bees (Hymenoptera: Apiformes) for Pollinator Community Studies: Pitfalls of Pan-Trapping.” *Journal of the Kansas Entomological Society* v.73, p.225-231, 2000.

CAVALCANTI, R.B. & JOLY, C.A. *Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region*. In: Oliveira PA, Marquis RJ (eds) *The Cerrados of Brazil, Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, 2002.

CHAPLIN-KRAMER, R. et al. Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112, 2015.

CHENG, W. & ASHTON, L. Ecology: What Affects the Distribution of Global Bee Diversity. *Current Biology* v.31, p.120 -142, 2021.

COLEN, A.G.N.; SILVA, D.S; MARTINS, A.K.E. Elaboração de mapas de Geounidades do Parque Estadual de Lajeado no município de Palmas – TO. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis -SC, INPE, p. 2455-2462, 2007.

COUTINHO L.M. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* v. 17–23, 1978.

DEL-CLARO K & TOREZAN-SILINGARDI H.M. *Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem ecológico-evolutiva*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos, 333 p, 2012.

DODSON, C. H.; Dressler, R. L.; Hills, H. G.; Adams R. M.; Williams, N. H. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science* v.164, p. 1243-1249, 1969.

DORCHIN, A.; FILIN, I.; IZHAKI, I. & DAFNI, A. Movement patterns of solitary bees in a threatened fragmented habitat. *Apidologie*, v.44, p.90-99, 2013.

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

EITEN G. Vegetation near Santa Teresinha, NE Mato Grosso. *Acta Amazonica* v.15, p.275–301, 1985.

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

FARIAS, R. C. A. P. & MARTINS, C. F. Sazonalidade e padrões diários de atividade de machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) e preferências por fragrâncias artificiais em um remanescente de Brejo de Altitude na Paraíba. *EntomoBrasilis* v.6, p.202-209, 2013.

FIGUEIREDO, J.D.S.; SOUZA, M.H.S. DE & ANJOS-SILVA, E.J. DOS. *Abelhas-das-orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini)*. In: RODRIGUES, D.J.; NORONHA, J.C.; VINDICA, V.F. & BARBOSA, F.R. Biodiversidade do Parque Estadual do Cristalino. Sinop – MS: Áttema Editorial, p. 97-109, 2016.

FRANKHAM, R., BALLOU, J.D.; RALLS, K.; ELDRIDGE, M.; DUDASH, M.R.; FENSTER, C.B.; LACY, R.C. & PSUNNUCKS, P. Genetic management of fragmented animal and plant populations. Oxford University Press. *Oxford Scholarship Online*, 2017.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A.M.P.; GALLETO, L. NATES-PARRA, G. QUEZADA-EUAN, J.J.G. 2009. Diversity, Threats and Conservation of Natives Bees in the Neotropics. *Apidologie* v.40, p.332-346, 2009.

- GARIBALDI, L. A. et al. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology letters* v.14, p. 1062–1072, 2011.
- GARIBALDI, L.A., CARVALHEIRO, L.G., VAISSI_ERE, B.E., et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science* v.351, p.388-391, 2016.
- GARIBALDI, L.A.; CARVALHEIRO, L.G.; LEONHARDT, S.D.; MA AIZEN, BLAAUW, B.R.; ISAACS R, KUHLMANN M, KLEIJN D, KLEIN AM, KREMEN C, MORANDIN L, SCHEPER J, WINFREE R. From research to action: practices to enhance crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* v.12, p.439–447, 2014.
- GIANNINI, T. C. et al. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *Plos One* 12, 2017.
- GOPAL, B., JUNK, W.J., DAVIS, J.A. In: *Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation*, vol. 1. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2000.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. Life in the Cerrado: a South American Tropical Seasonal Vegetation, Vol. II. Pollination and seed dispersal. *Reta Verlag*, 2006, 383pp.
- GREENLEAF, S.S.; WILLIAMS, N.M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* v.153, n.3, p.589-96, 2007.
- GRUCHOWSKI-W, F.C. et al. Inventário da fauna de abelhas (Hymenoptera: apoidea) com a utilização de armadilha afetada e interceptadora de voo em flora típica sul paranaense. *Biodiversidade pampeana* v.8, n.1, p. 25-31, 2010
- HAIDAR, R.F., FAGG, J.M.F., PINTO, J.R.R., DIAS, R.R., DAMASCO, G., SILVA, L.C.R. & FAGG, C.W. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. *Acta Amazonica* v.43 p.261-290, 2013.
- HATFIELD, J. H.; HARRISON, M.L; & BANKS-LEITE, C. Functional diversity metrics: how they are affected by landscape change and how they represent ecosystem functioning in the tropics. *Current Landscape Ecology Reports* v.3, p.35–42, 2018.
- HILL, J. L., & CURRAN, P.J. Species composition in fragmented forests: conservation implications of changing forest area. *Applied Geography* v.21, p.157–174, 2001.
- HILLS, H. G.; WILLIAMS, N. H.; DODSON, C. H. 1972. Floral fragrances and isolating mechanisms in the genus *Catasetum* (Orchidaceae). *Biotropica* v.4, p.61-76, 1972.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO), 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira>, Acesso em: 11/10/2020 às 16:08.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). *Apoidea. Banco de dados on-line do Sistema Integrado de Informações Taxonômicas*, 2020. Disponível em: <http://www.itis.gov>. Acesso em: 04/08/ 2020.
- J. S. MOURE & G. A. R. MELO, 2022. *Euglossini Latreille, 1802*. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region

- online version. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>, Acesso em: 04/08/2022

KLEIN, A.-M., VAISSIERE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London* v.274, p.303-313, 2017.

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

KOPPEN, W. *Climatologia: comun studio de los climas de latierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KRAUSS, J., R. BOMMARCO, M. GUARDIOLA, R. K. HEIKKINEN, A. HELM, KUUSSAARI, M.; LINDBORG, R.; OCKINGER, E.; PÄRTEL, M.; PINO, J. et al. Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology letters* v.13, p.597–605, 2010.

LAROCA, S. Estudo Feno-ecológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto Paranaenses. 61f. *Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1972.

LAURANCE, W. F. & VASCONCELOS, H.L. Conseqüências ecológicas da fragmentação florestal na amazônia. *Oecologia Brasiliensis* v.13, n.3, p. 434-451, 2009.

LAURANCE, W.F. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* v.141, p.1731-1744, 2008.

LEPECO, A. & RODRIGO B.G. A revision of the bee genus Augochlora Smith (Hymenoptera; Apoidea) in Southern South America. *Zootaxa* v.4897, n.1, p.1-97, 2020a.

LEPECO, A. & RODRIGO, B.G. New species of Augochlora (Oxystoglossella) Eickwort (Hymenoptera; Apoidea) from Northeastern Brazil with an identification key for the region. *Zootaxa* v.4802, n.2, p.261-293, 2020b.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. K. L. & ALMEIDA, A. M. *Inventários Bióticos Centrados em recursos: Insetos fitófagos e plantas hospedeiras*. In: Dias, B. F. S. & Garay, I. eds. Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis, Vozes. p.174-189, 2001.

LEWINSOHN, T.M.; FREITAS, A.V.L.; PRADO, P.I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. *Megadiversidade* v.1, p.62-69, 2005.

LIMA-VERDE, L.W.; ALÍPIO JOSÉ, S; PACHECO FILHO & BRENO M. FREITAS. Stingless bee (Apidae, Meliponini) guilds occurring in the immediate edges of forest fragments of the Baturité Massif, State of Ceará, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. (2020) 92(Supl. 2): e20181303

LINSLEY, E. G. The ecology of solitary bees. *Hilgardia*, Oakland, v. 27, p. 541-599, 1958.

- MACARTHUR, R.H. & WILSON E.O. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 1967. 224 p.
- MAIA, U.L.; PINTO, C.E.; MIRANDA, L.S.; COELHO, B.W.T.; SANTOS JUNIOR, J.E.; RAIOL, R.L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. & GIANNINI, T.C. Forest Matrix Fosters High Similarity in Bee Composition Occurring on Isolated Outcrops Within Amazon Biome. *Environmental Entomology* v.49, n.6, 2020.
- MARCHESE, C. Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated Concept. *Global Ecology and Conservation* v.3, p.297–309, 2015.
- MARIMON, B.S., LIMA, E.S., DUARTE, T.G., CHIEREGATTO, L.C. & RATTER, J.A. Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso, Brazil. IV. An analysis of the Cerrado-Amazonian forest ecotone. *Edinburgh Journal of Botany* v.63, p. 323-341, 2006.
- MARTINS, A.K.E.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, E.; SOARES, V.P; CORRÊA, G.R. E DE MENDONÇA, B.A.F. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do médio Araguaia – estado de Tocantins. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.297-310, 2006.
- MARTINS, I. C. M. et al. Caracterização ambiental de fragmentos florestais naturais– “ipucas” –no Município de Lagoa da Confusão, Tocantins. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, p. 21-26, 2001, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu - *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2001.
- MARTINS, I.C.M; SOARES, V.P.; SILVA E.; BRITES R.S. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “Ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. *Revista Árvore* 26:299–309, 2002.
- MARTINS, S.V.; BRITO, E.R.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; DA SILVA, A.F.; SILVA, E. Floristic composition of two wetland forests in Araguaian plain, State of Tocantins, and comparison with other areas. *Revista Árvore* 34:129–141, 2008.
- MAYES, D.M.; BHATTA, C.P.; SHI, D.; BROWN, J.C. & SMITH, D.R. Body Size Influences Stingless Bee (Hymenoptera: Apidae) Communities Across a Range of Deforestation Levels in Rondônia, Brazil. *Journal of Insect Science* v.19, n.2, 2019.
- MICHENER, C.D. *Bees of The World 2nd edn* (The Johns Hopkins University Press, 2007).
- MICHENER, C.D. Biogeography of the Bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Missouri Botanical Garden Press, v.66, n. 3, p. 277-347, 1979.
- MICHENER, C.D. *The bees of the world*. Baltimore: Maryland, 2000. 913 p.
- MICHENER, C.D. *The bees of the world*. 2nd ed. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press. 2007 p. 4-802.
- MOREIRA, E. F.; SANTOS, R. L. DA; SILVA, R.L.; PENNA, U. L.; ANGEL-COCA, C.; OLIVEIRA, F. F. DE & VIANA, B. F. Are pan traps colors complementary to sample community of potential pollinator insects? *Journal Insect Conservation* v. 20, p. 583–596, 2016.
- MOURE, J.S.; URBAN, D. & MELO, G.A.R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. 2020 Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>, Acesso em: 06/07/2022.

- NATURATINS. Instituto Natureza do Tocantins. Plano de Manejo Parque Estadual do Lajeado. Goiânia, 286f, 2005. Disponível em: http://www.gesto.to.gov.br/site_media/upload/gestao/documentos/PEL_-_Plano_de_Manejo_2.pdf . Acesso em: 08/02/2022.
- NOGUEIRA, D.S., OLIVEIRA, F.F. & OLIVEIRA, M.L. Revision of the *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) species-group (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Zootaxa* v.5119, n.1, p.001–064, 2022.
- NOGUEIRA, D.S., SANTOS JÚNIOR, J.E., OLIVEIRA, F.F. & OLIVEIRA, M.L. Review of *Scaura* Schwarz, 1938 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Zootaxa* v.4712, n.4, p.451–496, 2019.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. *Vida e Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão*. São Paulo: Editora Nogueirapis, 445 p.
- OLIVEIRA, F.F. & RICHERS, B.T.T. As abelhas nativas “sem ferrão” (Hymenoptera, Anthophila, Meliponini) e sua importância para a conservação ambiental. In: Nascimento, Ana Claudeise Silva do et al. Sociobiodiversidade da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã (1998-2018): 20 anos de pesquisas – Tefé, AM: IDSM, 2019.
- OLIVEIRA, U., SOARES-FILHO, B.S., PAGLIA, A.P. et al. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports* v.7, p. 9141, 2017.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J.M.B; ALMEIDA, S.M.; RODRIGUES, L.; SILVÉRIO JÚNIOR, A.J & ANJOS-SILVA, E. J. Abelhas da orquídea (Apidae: Euglossini) em um fragmento de floresta no ecótono Cerrado-Floresta Amazônica, Brasil. *Acta biológico Colombiano* v.20, p.67-78, 2015.
- OLLERTON, J. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* v.48, p.353–76, 2017.
- OLLERTON, J., WINFREE, R., TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* v.120, p.321-326, 2011.
- ORR, MC, HUGHES, AC, CHESTERS, D., PICKERING, J., ZHU, CD & ASCHER, JS. Global Patterns and Drivers of Bee Distribution. *Current Biology* v. 31, p. 451-458, 2021.
- PAPANIKOLAOU, A. D., I. KUHN, M. FRENZEL, M. KUHLMANN, P. POSCHLOD, S. G. POTTS, S. P. M. ROBERTS, & O. SCHWEIGER. Wild bee and floral diversity co-vary in response to the direct and indirect impacts of land use. *Ecosphere* v.8, n.11:e02008. 10.1002/ecs2.2008, 2017.
- PEDRO, S. R. M. & CAMARGO, J. M. F. *Apoidea Apiformes*. In: Brandão, C.R.F. & Cancellato, E. M. eds. Biodiversidade do Estado de São Paulo. Síntese do conhecimento ao final do século XX. Ribeirão Preto, FAPESP 5:197-211, 2000.
- PEDRO, S. R. M. *The Stingless Bee Fauna In Brazil* (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology* v.61, p.348-354, 2014.
- PEREIRA, S.A.N. & SOUSA, C.S. Levantamento da fauna de abelhas no município de Monte Carmelo-MG *Getec* v.4, p.11-24, 2015.
- PIMM, S. L. The forest fragment classic. *Nature*, Chicago, v. 393, p. 23-24,1998.

- PIMM, S.L.; JENKINS, C.N.; ABELL, R.; BROOKS, T.M.; GITTLEMAN, J.L.; JOPPA, L.N.; RAVEN, P.H.; ROBERTS, C.M.; SEXTON, J.O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* v.344:1246752, 2014.
- PINTO C.E.; AWADE, M.; WATANABE MTC, BRITO RM, COSTA WF, MAIA UM, IMPERATRIZ-FONSECA VL, GIANNINI TC. Size and isolation of naturally isolated habitats do not affect plant-bee interactions: A case study of ferruginous outcrops within the eastern Amazon forest. *PLoS One*. 2020 v.15, n.9:e0238685, 2020.
- PIRES, EP.A, MORGADO, LN.A, SOUZA, B.A, CARVALHO, CF.A AND NEMÉSIO, A. Community of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in transitional vegetation between Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* v.73, p.507-513, 2013.
- PRADO, A.P. Importância prática da taxonomia: ou o papel da taxonomia para a entomologia aplicada). *Revista Brasileira de Entomologia* v.24, p.165-167, 1980.
- PRENDERGAST, K. S.; M. H. M. MENZ; K. W. DIXON & P. W. BATEMAN. The relative performance of sampling methods for native bees: an empirical test and review of the literature. *Ecosphere* 11:e03076. 10.1002/ecs2.3076, 2020.
- RAFAEL, J.A. *A amostragem. Protocolo e técnicas de captura de díptera*. Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática PRIBES 2002. In: C. COSTA, S. A. VANIN, J. M. LOBO & A. MELIC (Eds.) ISBN: 84-922495-8-7 m3m: Monografías Tercer Milenio vol. 2, SEA, Zaragoza, pp. 301-304, 2002.
- RAMIRÉZ, S.; DRESSLER, R.L.; OSPINA, M. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: lista de espécies com notas sobre su biología. *Biota Colombiana* v.3, p.7-118, 2002.
- RAMIRÉZ, S.R.; ROUBIK, D.W.; SKOV, C.; PIERCE, N.E. 2010. Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of Euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae) *Biology Journal of Linnean Society* v.100, p.552-572, 2010.
- RASMUSSEN, C. & CAMARGO, J.M.F. Um molecular filogenia e evolução da arquitetura de ninhos e comportamento em Trigona ss (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie* v.39, p.102-118, 2008.
- REBÊLO, J. M. M. História Natural das Euglossíneas. *As abelhas das orquídeas*. São Luís: Lithograf, 2001.
- REGO, M.M.C.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; RAMOS, M.C. & CARREIRA, L. M. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Fries) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. *Neotropical Entomology [online]*. v. 35, n. 5, p. 579-587, 2006.
- ROCHA, R.G.; FERREIRA, E.; MARTINS, I.C.M.; COSTA, L.P. Seasonally flooded stepping stones: Emerging diversity of small mammal assemblage in the Amazonia-Cerrado ecotone, central Brazil. *Zoological Studies* v.53, n.1, p. 1-10, 2014.
- RODARTE, A. T. A.; SILVA, F. O.; VIANA, B. F. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, Estado da Bahia, nordeste do Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, Brasília v.22, p. 301-312, 2008.

- ROEL, A. R.; PERUCA, R. D.; LIMA, F. V. O.; CHEUNG, C.; ARAUJO NETO, A.; SILVA, L. V.; SOARES, S. Diversity of Meliponini and others Apiformes (Apidae sensu lato) in a Cerrado fragment and its surrounding, Campo Grande, MS. *Biota Neotropica* v.19, p.1-5, 2019.
- ROUBIK, D. W. & MORENO, J. E. *Trigona corvina*: um estudo ecológico baseado em estrutura incomum de ninhos e análise de pólen. *Psique*, 2009.
- ROUBIK, D. W. *Ecology and Natural History of tropical bees*. New York, Cambridge University Press. 514p. Roubik, D. W. ed. 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. *FAO Agricultural Services Bulletin* 118:1-198, 1989.
- ROUBIK, D.W. & HANSON, P.E. *Orchid bees of Tropical America*. Biology and field guide. INBio, San José, Costa Rica, 2004.
- ROUBIK, D.W. Biologia de nidificação de abelhas sem ferrão. *Apidologie* v.37, p.124-143, 2006.
- ROUBIK, D.W. *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. New York: Cambridge University Press, 1989. 514p.
- RYDÉN, O.; ZIZKA, A.; JAGERS, S.C.; LINDBERG, S.I. E ANTONELLI, A. Linking democracy and biodiversity conservation: Empirical evidence and research gaps. *Ambio* 49:419–433, 2020.
- SAKAGAMI, S.F.; LAROCA, S. & MOURE, J.S. Abelha selvagem Biocenótica em São José dos Pinhais (PR), sul do Brasil. *Jornal da Universidade de Hokkaido da Faculdade de Ciências*, v.16, p.253–291, 1967.
- SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K.A.G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* v.232, p.8–27, 2019.
- SANO, E.E.; ROSA R.; BRITO J.L.S.; FERREIRA, L.G. *Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007.
- SANTOS, F.M.; CARVALHO, C.A.L. & SILVA, R.F. Diversity of bees (Hymenoptera: Apoidea) in transition area of Cerrado-Amazônia. *Acta Amazônica* v.34, n.2, p. 319-328, 2004.
- SATURNI, F. T., JAFFÉ, R. E METZGER, J. P. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. *Agriculture, ecosystems and environment* v.235, p.1–12, 2016.
- SILVA, C. I.; ARAÚJO, G.; OLIVEIRA, P. E. A. M. DE. Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* v.26, p.748-760, 2012.
- SILVEIRA, F.A. & CAMPOS, M.J.O. “A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG) e uma análise da biogeografia das abelhas do cerrado Brasileiro (Hymenoptera, Apoidea),” *Revista Brasileira de Entomologia* v.39, p.371–401, 1995.
- SILVEIRA, F.A. & GODÍNEZ, L.M. 1996. Systematics surveys of local bee faunas. *Melissa* v.9, p.1-4, 1996.
- SILVEIRA, F.A.; MELO, G.A. & ALMEIDA, E.A. *Abelhas brasileiras. Sistemática e Identificação*. Fundação Araucária. Brazil: Belo Horizonte. 2002, 253 p.

- SOUZA, O.F.F. & BROWN, V.K. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology*, v.10, p. 197-206, 1994.
- THAKUR, M. Bees as Pollinators – Biodiversity and Conservation. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* v.2, p.1-7, 2012.
- TOCHER, M.; GASCON, C. & ZIMMERMAN, B.L. *Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study*. Pp. 124-137 In: W.F. Laurance & R.O. Bierregaard. (eds). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago. 1997, 616 p.
- TSCHARNTKE, T., A. GATHMANN; I. STEFFAN-DEWENTER. Bioindication using trapnesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of applied ecology*, v.35, p.708-719, 1998.
- TSCHOEKE, P. H. Plantas Visitadas por Abelhas Africanizadas na Região Sul do Tocantins. *Revista Brasileira de Agroecologia*. vol. 4, n. 2, p.165-169, 2009.
- WILSON, J. S., T. GRISWOLD, AND O. J. MESSINGER. Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient? *Journal of the Kansas Entomological Society* v.81, p.288–300, 2008.
- WILSON, M. C., X. Y. CHEN, R. T. CORLETT, R. K. DIDHAM, P. DING, R. D. HOLT, M. HOLYOAK, G. HU, A. C. HUGHES, L. JIANG, et al. Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. *Landscape Ecology* v.31, p. 219–227, 2016.
- ZABEL, F.; RUTH DELZEIT, R.; SCHNEIDER, J.M.; SEPPELT, R.; MAUSER. W. & VÁCLAVÍK, T. Global impacts of future cropland expansion and intensification on agricultural markets and biodiversity. *Nature communications*. 2019
- ZATTARA, E.E. & AIZEN, M.A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth* v.4, p.114–123, 2021.
- ZURBUCHEN, A., LANDERT, L., KLAIBER, J., MULLER, A., HEIN, S. & DORN, S. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, v.143, p.669-676. 2010.

ANEXO

The bee fauna (Hymenoptera, Apoidea) in Cerrado and Cerrado-Amazon Rainforest transition sites in Tocantins state, Northern Region of Brazil

Simone Santos Oliveira Barros^{1*}, Waldesir Piragá de Oliveira Júnior², Faviça Freitas de Oliveira³,
Nádilla Gonçalves Andrade⁴, Rafael José de Oliveira⁴ & Marcos Antônio Lima Bragança⁵

¹Universidade Federal do Tocantins, Complexo Laboratórios da Saúde, Palmas, TO, Brasil.

²Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Biodiversidade e Genética Molecular, Palmas, TO, Brasil.

³Universidade Federal da Bahia (UFBA), Instituto de Biologia (IBIO), Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos (BIOSIS), Salvador, BA, Brasil.

⁴Universidade Federal do Tocantins, Núcleo de Estudos Ambientais, Porto Nacional, TO, Brasil.

⁵Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Entomologia, Porto Nacional, TO, Brasil.

*Corresponding author: simone_sb@uft.edu.br

BARROS, S.S.O., OLIVEIRA JÚNIOR, W.P., OLIVEIRA, F.F., ANDRADE, N.G., OLIVEIRA, R.J., BRAGANÇA, M.A.L. The bee fauna (Hymenoptera, Apoidea) in Cerrado and Cerrado-Amazon Rainforest transition sites in Tocantins state, Northern Region of Brazil. *Biota Neotropica* 22(3): e20221344. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1344>

Abstract: Two sites located in Tocantins State, Brazil, were selected for the bee's community survey. One of them was mostly covered by Cerrado vegetation and the other one is located in the Cerrado-Amazon Rainforest ecotone. Five expeditions were performed in each site throughout a 12-month period, between 2019 and 2020. The total of 771 bee specimens were collected and distributed into four families. Apidae presented the greatest species abundance and richness, it was followed by Halictidae, Megachilidae and Andrenidae, respectively. *Trigona pallens* (Fabricius) (Apidae) was the species presenting the greatest abundance in both sites, it totaled 118 specimens, which corresponded to 26.9% of the total abundance of individuals belonging to tribe Meliponini. In general, the community presented several species with few individuals and few species with many individuals. Bee collections were performed by using three different methodologies, among them one finds sampling based on the entomological net method, which allowed collecting the largest number of both individuals and species in comparison to the other used methods. Based on the frequency and abundance classes, only few species were classified as very frequent (VF) and very abundant (VA) in both sites based on the frequency and abundance classes. Most species were constant (W) in both regions, and there was a small number of dominant species (D); moreover, more than 70% of the sampled species were considered accidental (Z). According to the present study, either Cerrado or Cerrado-Amazon Rainforest studied sites presented higher species richness than other sites in these biomes sampled in Brazil.

Keywords: Apidae; Anthophila; biodiversity; faunal indices; species richness.

A fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de Cerrado e de transição Cerrado-Floresta Amazônica no estado do Tocantins, Região Norte do Brasil

Resumo: Duas áreas localizadas no Estado do Tocantins, Brasil foram selecionadas para o levantamento da comunidade de abelhas, uma área com vegetação predominante de Cerrado e outra em ecótono Cerrado-Amazônia. Durante cinco expedições em cada área em um período de 12 meses, entre os anos de 2019 e 2020 foram coletados 771 espécimes de abelhas, distribuídos em quatro famílias: Apidae, com a maior abundância e riqueza de espécies, seguida de Halictidae, Megachilidae e Andrenidae. *Trigona pallens* (Fabricius) (Apidae) foi a espécie com maior abundância em ambas as áreas, totalizando 118 espécimes, o que correspondeu a 26,9% da abundância total de indivíduos da tribo Meliponini. De um modo geral, a comunidade apresentou muitas espécies com poucos indivíduos e poucas espécies com muitos indivíduos. A metodologia de coleta com uso de rede entomológica permitiu a coleta do maior número de indivíduos e de espécies em relação a outros três métodos utilizados. Em ambas as áreas, poucas espécies foram classificadas como muito frequentes (MF) e muito abundantes (MA), de acordo com as classes de frequência e de abundância. Também para ambas as áreas, grande parte das espécies foram constantes (W) e um baixo número de espécies dominantes (D), com mais de 70% delas consideradas acidentais (Z). O presente estudo revelou que tanto o Cerrado como a área de transição Cerrado-Floresta Amazônica apresentou alta riqueza de espécies em comparação com outras áreas destes biomas amostradas no Brasil.

Palavras-chave: Apidae; Anthophila; biodiversidade; índices faunísticos; riqueza de espécies.