

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

**DO AMBIENTE NATURAL AO SETOR PRODUTIVO: O USO DE ABELHAS
NA BIOINDICAÇÃO AMBIENTAL E SUBSÍDIO À DEFINIÇÃO DE
POLÍTICAS PÚBLICAS**

Kleber Solera

Doctor Scientiae

**SINOP
MATO GROSSO- BRASIL
2024**

KLEBER SOLERA

**DO AMBIENTE NATURAL AO SETOR PRODUTIVO: O USO DE
ABELHAS NA BIOINDICAÇÃO AMBIENTAL E SUBSÍDIO À DEFINIÇÃO DE
POLÍTICAS PÚBLICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade – Rede Pró-Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Doutor Leandro Dênis Battirola

Coorientador: Ricardo Lopes Tortorela de Andrade

Coorientadora: Gleyce Alves Machado

**SINOP
MATO GROSSO- BRASIL
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S685d Solera, Kleber.

Do ambiente natural ao setor produtivo: [recurso eletrônico] : O uso de abelhas na bioindicação ambiental e subsídio à definição de políticas públicas. / Kleber Solera. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 191 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientador: Leandro Dênis Battirola.

Coorientador: Ricardo Lopes Tortorela de Andrade.

Coorientadora: Gleyce Alves Machado.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rede Pró Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade, Cuiabá, 2024.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Amazônia Legal. 2. Biodiversidade. 3. Contaminação. 4. Mercúrio. 5. Mineração. I. Battirola, Leandro Dênis, *orientador*. II. Andrade, Ricardo Lopes Tortorela de, *coorientador*. III. Machado, Gleyce Alves, *coorientador*. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E BIODIVERSIDADE - REDE PRÓ
CENTRO

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: : "Do ambiente natural ao setor produtivo: O uso de abelhas na bioindicação ambiental e subsídio à definição de políticas públicas"

AUTOR (A): DOUTORANDO (A) KLEBER SOLERA

Tese defendida e aprovada em 13 DE DEZEMBRO DE 2024.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor(a) Leandro Dênis Battirola (Presidente Banca)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

2. Doutor(a) Amanda Alves Fecury (Examinador(a) Externo(a))

Instituição: Universidade Federal do Amapá

3. Doutor(a) Luiz Felipe Moretti Iniesta (Examinador(a) Externo(a))

Instituição: Instituto Federal Butantan

4. Doutor(a) Jaçanan Eloisa de Freitas Milani (Examinador(a) Interno(a))

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

5. Doutor(a) Ricardo Lopes Tortorela de Andrade (Examinador(a) Suplente)

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

6. Doutor(a) Maria Inês Cruzeiro Moreno (Examinador(a) Suplente)

Instituição: Universidade Federal de Catalão

SINOP, 13/12/2024.



Documento assinado eletronicamente por **LEANDRO DENIS BATTIROLA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 18/12/2024, às 17:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **AMANDA ALVES FECURY, Usuário Externo**, em 21/12/2024, às 23:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Felipe Moretti Iniesta, Usuário Externo**, em 02/01/2025, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JACANAN ELOISA DE FREITAS MILANI, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 05/01/2025, às 21:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7498089** e o código CRC **CDB17B24**.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Maria Alves Solera, ao meu pai Adair Solera (*in memoriam*), ao meu irmão Erick Fausto Solera (*in memoriam*), à minha irmã Dayane Solera, à minha esposa Ivelisa da Cunha, e às minhas amadas e adoráveis filhas, Ana Clara da Cunha Solera, Anna Júlia da Cunha Solera e Mariana da Cunha Solera, maior presente que Deus me concedeu, razões do meu viver.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e à Santíssima Trindade sobre todas as coisas, à Nossa Senhora Aparecida, mãe de nosso Senhor Jesus Cristo, filho de Deus Pai todo poderoso, que nos protege, nos abençoa e nos fortalece todos os dias de nossas vidas;

Agradeço, de modo especial, à minha família, que de forma direta ou indireta, sempre esteve ao meu lado, principalmente, nos momentos mais complicados desta fase gloriosa de minha vida.

Agradeço a todos meus amigos e amigas, aos quais não citarei nomes para não ser injusto e ousar a esquecer de alguém, e dizer a todos que cada um se fez presente neste trabalho;

Agradeço imensamente à UNIVERSIDADE PÚBLICA, em especial à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), em nome do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade (PPGBB) da Rede Pró Centro-Oeste e ao Laboratório Integrado de Pesquisas Químicas (LIPEQ) e ao Acervo Biológico da Amazônia Meridional – ABAM, ambos na UFMT, Campus Universitário de Sinop, pelo suporte e oportunidade à realização desta pesquisa;

Agradeço à Prefeitura Municipal de Sinop por garantir, na forma da Lei, meu afastamento integral para Qualificação Profissional, ao qual espero retribuir para sociedade com os conhecimentos adquiridos embasados por longas pesquisas e, sobretudo, contribuir no ensino e aprendizado dos estudantes das escolas PÚBLICAS de Sinop-MT;

Agradeço ao SINTEP-MT, por proporcionar as estruturas necessárias em Cuiabá e, principalmente, pelos conhecimentos transmitidos que me fortalecem na luta por uma sociedade igualitária, democrática, respeitosa, diversificada e harmônica;

Agradeço aos apicultores que participaram da pesquisa, fornecendo informações importantes e fundamentais para que nossos objetivos fossem alcançados;

Agradeço à Profa. Dra. Danielle Storck Tonon da Universidade do Estado de Mato Grosso, pelo apoio fundamental na identificação das Euglossini analisadas nesse estudo;

A todos os professores do PPGBB pela atenção e cuidado minucioso nos ensinamentos que, com certeza, farão parte do meu dia a dia enquanto professor e pesquisador;

Ao Prof. Dr. Leandro D. Battirola, meu orientador, não tenho ou melhor, não existe nada que eu possa escrever ou dizer que chegue à altura do agradecimento que merece. Foi o professor que me acolheu no meu regresso para Universidade após 13 anos, na Pós-graduação em Ciências Ambientais no ano de 2017. Você é um dos principais responsáveis por esta conquista e, com certeza, sem você eu não teria conseguido vir tão longe ao que me parecia, e

você não deixou essa chance passar, e me mostrou que era possível, fato que ao longo destes oito anos, eu posso com todo respeito ter a liberdade de chamá-lo de meu amigo Leandro.

Ao Prof. Dr. Ricardo Lopes Tortorela de Andrade, professor e pesquisador, que ao longo destes quatro anos passei a admirar ainda mais, pelo seu jeito de ser, simples, cuidadoso, profissional, que sempre teve o dom da paciência em ensinar cada detalhe da pesquisa de laboratório por uma, duas, três, ou quantas vezes fosse necessário, sempre com a preocupação em ensinar com prazer, sorrindo a cada frase e, com certeza professor, por sua maneira de ser químico eu passei a admirar ainda mais o lindo mundo da química. Meu grande mestre coorientador e amigo professor Ricardo;

À Profa. Dra. Gleyce Alves Machado, minha coorientadora, a ti agradeço a simpatia, carinho e dedicação em participar dos nossos trabalhos, sempre preocupada em nos orientar de forma atenciosa. Agradeço por estar sempre presente em nossas apresentações e contribuir imensamente na produção de nossos artigos;

Agradeço aos meus amigos de laboratório, do ABAM e do LIPeQ;

Ao Marcos Penhacek (Marcão), sempre junto nas atividades de campo desde o início da pós-graduação em 2017 no mestrado, vizinho e companheiro diário do laboratório;

Ao Milton Córdova, grande parceiro no campo, que contribuiu significativamente nas discussões estatísticas;

À minha amiga e companheira de campo, de laboratório, de análises e produção científica, Juliane Dambros, sempre ajudando com novas ideias, propostas diferentes, trazendo sempre novos artigos para nosso conhecimento, sempre muito cuidadosa como o nosso laboratório e sempre preocupada com o bem-estar dos acadêmicos e professores;

Agradeço à minha amiga Talita, sempre passando pelo laboratório trazendo ideias novas, propostas de trabalho e que também contribuiu muito nas revisões de meus artigos;

Em nome do Prof. Dr. Domingos de Jesus Rodrigues e sua esposa Profa. Dra. Flávia Barbosa Rodrigues, agradeço a todos os professores do ABAM;

Agradeço aos meus amigos do LIPeQ, Gabriela, Tiago, Evandro, Augusto e Dante, amigos sempre presentes e prontos para ajudar no que fosse necessário;

Ao Vinicius Lopes, que contribuiu muito nas fases de leitura e discussão com novas propostas de pesquisa;

À minha companheira de campo, de laboratório, de limpeza de vidraria, de triagem, de digestão, de diluição, de leitura e análise no espectrofotometro, e produção dos manuscritos até a sua submissão aos periódicos, Dra. Franciele de Freitas, pesquisadora que admiro muito;

Por fim, agradeço aos meus pais Adair Solera (*in memoriam*) e Maria Alves Solera, à minha irmã Dayane Solera, ao meu irmão Erick Fausto Solera (*in memoriam*), à minha esposa Ivelise da Cunha, que sempre esteve presente nos momentos mais difíceis da pesquisa, e às minhas princesas, Ana Clara da Cunha Solera, Anna Júlia da Cunha Solera e Mariana da Cunha Solera, pelo amor infinito que me proporcionam, sendo minhas fontes de inspiração e o principal motivo de eu ter conquistado mais esta graça.

Muito obrigado!

“Não há pesquisa sem ensino e ensino sem pesquisa.”
Paulo Freire

RESUMO

SOLERA, K. Universidade Federal de Mato Grosso, dezembro de 2024. **Do ambiente natural ao setor produtivo: O uso de abelhas na bioindicação ambiental e subsídio à definição de políticas públicas.** Orientador: Prof. Dr. Leandro Dênis Battirola. Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Lopes Tortorela de Andrade. Coorientadora: Profa. Dra. Gleyce Alves Machado.

Este estudo avaliou o potencial uso de abelhas nativas e de colmeias comerciais na bioindicação da possível contaminação ambiental por mercúrio (Hg) em diferentes regiões de Mato Grosso, abrangendo os domínios da Amazônia, Pantanal e Cerrado, incluindo florestas nativas, áreas antropizadas por garimpo de extração de ouro e áreas urbanizadas, entre os anos de 2021 e 2023. Dessa maneira, a presente tese está estruturada em capítulos. O capítulo I discorre sobre as abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no sul da Amazônia Legal, utilizando informações de riqueza de espécies e estrutura da assembleia, bem como do potencial uso na bioindicação da contaminação ambiental por Hg em área de floresta nativa, floresta em estágio de regeneração e floresta degradada, além da avaliação da contaminação por Hg em *Eulaema cingulata*. Os resultados evidenciaram que os estágios de degradação influenciam a estrutura da assembleia de Euglossini e que *E. cingulata* se constitui uma espécie generalista e resistente aos ambientes antropizados, não apresentando Hg em sua biomassa, apesar da existência do metal nos ambientes de sua ocorrência. Por outro lado, as espécies *Eufriesea ornata*, *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Eulaema bombiformis* e *Exaerete frontalis* apresentam-se como espécies bioindicadoras de ambientes conservados na região sul da Amazônia. O Capítulo II apresenta a ampliação dos registros de ocorrência de *Aglae caerulea* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense, englobando a região ecotonal entre a Cerrado-Amazônia, médio norte de Mato Grosso. Neste capítulo, enfatizamos a importância das unidades de conservação, mantendo-se como ambientes de refúgio e preservação de espécies consideradas raras ou ameaçadas. Além dos ambientes naturais, avaliou-se como parte dessa tese apiários comerciais associadas à produção de mel e outros produtos apícolas. Assim, no Capítulo III discute-se a produção de mel no sul da Amazônia Legal, avaliando-se a potencial contaminação por mercúrio em apiários, utilizando-se como indicadores amostras de abelhas, mel e cera. Como resultado, observou-se que não há contaminação do mel produzido, considerando os resultados abaixo dos limites de detecção, inclusive em apiários próximos às áreas de garimpo. Considerou-se, portanto, que a apicultura como atividade econômica pode ser implantada em áreas que passarão pelo processo de recuperação ambiental, incluindo áreas de mineração, porém, o desenvolvimento desta prática deve estar associado ao monitoramento ambiental permanente, incluindo análises químicas de solos, plantas, água, ar e demais substratos relevantes à apicultura em Mato Grosso. De maneira geral, os resultados deste estudo apontam para a utilização potencial de abelhas e derivados (mel e cera) como potenciais indicadores da presença por mercúrio, tanto nos ambientes naturais, quanto comerciais. Por fim, no Capítulo IV é apresentado o estudo realizado com apicultores de diferentes regiões de Mato Grosso, abordando suas perspectivas referentes à produção de mel. Observou-se, nesse estudo, que existe a necessidade de maior estímulo pelo poder público junto aos apicultores, incluindo assistência técnica, formalização dos apiários, registros de perdas e ampliação de pasto apícola. Registrou-se, também, a possibilidade de desenvolvimento da apicultura em áreas próximas aos garimpos e lavouras, com capacidade de

crescimento e desenvolvimento socioeconômico, principalmente, em municípios com menor taxa de emprego e renda, ampliando a economia da agricultura familiar. Verificou-se que as atividades apícolas em Mato Grosso, incluem muitos desafios a serem superados. Os principais pontos e propostas norteadores consistem na definição e elaboração de políticas públicas que atendam as demandas do setor produtivo, de maneira que contribua para o aumento de renda aos pequenos produtores rurais, bem como para impulsionar a exploração sustentável da capacidade produtiva de mel por todo Estado.

Palavras-chave: Amazônia Legal; Biodiversidade; Contaminação; Desenvolvimento socioeconômico; Mercúrio; Mineração; Sustentabilidade.

ABSTRACT

SOLERA, K. Federal University of Mato Grosso, December 2024. **From the natural environment to the productive sector: The use of bees in environmental bioindication and subsidy to the definition of public policies.** Advisor: Prof. Dr. Leandro Dênis Battirola. Co-advisor: Prof. Dr. Ricardo Lopes Tortorela de Andrade. Co-advisor: Profa. Dr. Gleyce Alves Machado.

This study evaluated the potential use of native bees and commercial hives in the bioindication of possible mercury (Hg) environmental contamination in different regions of Mato Grosso, covering the Amazon, Pantanal, and Cerrado domains, including native forests, areas anthropized by gold mining and urbanized areas, between the years 2021 and 2023. Thus, the present thesis is structured in chapters. Chapter I discusses the Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in the south of the Legal Amazon, using information on species richness and assembly structure, as well as the potential use in the bioindication of environmental contamination by Hg in an area of native forest, forest in the regeneration stage and degraded forest, in addition to the evaluation of Hg contamination in *Eulaema cingulata*. The results showed that the stages of degradation influence the structure of the Euglossini assemblage, and that *E. cingulata* is a generalist species and resistant to anthropized environments, not presenting Hg in its biomass, despite the existence of the metal in the environments where it occurs. On the other hand, the species *Eufriesea ornata*, *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Eulaema bombiformis* and *Exaerete frontalis* are bioindicator species of conserved environments in the southern region of the Amazon. Chapter II presents the expansion of the occurrence records of *Aglae caeruela* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in conservation areas in the Mato Grosso Amazon, encompassing the ecotonal region between the Cerrado-Amazon, mid-north of Mato Grosso. In this chapter, we emphasize the importance of conservation units, maintaining themselves as environments of refuge and preservation of species considered rare or threatened. In addition to natural environments, commercial apiaries associated with honey production and others bee products were evaluated as part of this thesis. Chapter III discusses the production of honey in the south of the Legal Amazon, evaluating the potential contamination in apiaries by mercury, using samples of bees, honey and wax as indicators of contamination. As a result, it was observed that there is no contamination of the honey produced, considering the results below the detection limits, including in apiaries close to the mining areas. It was considered, therefore, that beekeeping as an economic activity can be implemented in areas that will go through the process of environmental recovery, including mining areas, however, the development of this practice must be associated with permanent environmental monitoring, including chemical analysis of soils, plants, water, air and other substrates relevant to beekeeping in Mato Grosso. In general, the results of this study point to the potential use of bees and derivatives (honey and wax) as potential indicators of the presence of mercury, both in natural and commercial environments. Finally, Chapter IV presents the study carried out with beekeepers from different regions of Mato Grosso, addressing their perspectives relating to honey production. It was observed in this study that there is a need for greater encouragement by the government among beekeepers, including technical assistance, formalization of apiaries, records of losses and expansion of beekeeping pasture. There is also the possibility of developing beekeeping in areas close to mines and crops, with possibilities for growth and socioeconomic development,

especially in municipalities with lower employment and income rates, expanding the economy of family farming. It was found that the beekeeping activities in Mato Grosso include many challenges to be overcome. The main points and proposals consist of the definition and elaboration of public policies that meet the demands of the productive sector, in a way contributes to increasing income for small rural producers, as well as to boost sustainable exploration of production capacity of honey throughout the State.

Keywords: Amazonia-legal; Biodiversity; Contamination; Mercury; Mining; Socioeconomic development; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Localização geográfica das áreas de coleta. A – América do Sul com destaque em verde para Amazonia Legal (AL); B. Estado de Mato Grosso, sul da AL, com destaque para área de amostragem; C. Bacia do rio Renato e áreas de coleta, com as respectivas caracterizações de uso do solo..... 59

Figura 2: Área de amostragem: 2a, área de floresta nativa; 2b, área de floresta degradada; 2c, área de floresta em regeneração na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal.... 59

Figura 3: Diagrama com a riqueza e compartilhamento do número espécies entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal. 60

Figura 4: Riqueza de espécies entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal..... 60

Figura 5: Distribuição da abundância e riqueza de Euglossini entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia, entre 2021 e 2023 61

Figura 6: Análise de Componentes Principais (PCoA) da composição da assembleia de abelhas Euglossini nos períodos de seca e chuva nas áreas avaliadas na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal, entre 2021-2023..... 61

Figura 7: Variação da abundância de Euglossini entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada, na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia, entre 2021 e 2023 62

Figura 8: Interação entre abundância das abelhas Euglossini, períodos de seca e chuva entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada, monitoradas entre 2021 e 2023, na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia..... 62

CAPÍTULO II

Figura 1: Localização das áreas de registro de *Aglae caerulea* na região sul-americana com nova ocorrência 79

Figura 2: Macho de *Aglae caerulea* coletado com armadilha (PET), usando atrativo Cinamato de Metila e Benzoato de Benzila. (A) tíbias e fêmur, vista lateral. (B) mesossoma, vista dorsal 80

CAPÍTULO III

Figura 1: Localização geográfica das áreas de coleta de abelhas, cera e mel no sul da Amazônia Legal, Estado de Mato Grosso, com ênfase nos dez municípios e Domínios Fitogeográficos..	100
---	-----

CAPÍTULO IV

Figura 1: Localização geográfica das áreas de coleta. A – América do Sul com destaque para o Brasil e Mato Grosso; B – Estado de Mato Grosso com destaque para os 10 municípios e os domínios fitogeográficos presentes no estado.....	137
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Lista de espécies de abelhas Euglossini amostradas nas áreas monitoradas na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal, entre os anos de 2021 e 2023 63

Tabela 2: Faixa de Concentração de Hg nas amostras de *E. cingulata*, solos e plantas das áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal63

CAPÍTULO III

Tabela 1: Distribuição dos municípios entre os Domínios Fitogeográficos em Mato Grosso, com os respectivos números de apiários monitorados com seus dados demográficos referentes à população, área utilizada pela mineração (ha) 2022, número de focos de calor em 2022 e IDH 101

Tabela 2: Concentração total média de Hg ng g⁻¹, entre as amostras de abelha, cera de abelha e mel, nos municípios mato-grossenses monitorados, com as respectivas distâncias em metros (m) dos apiários, em relação às áreas de mineração, agropecuária e indústria 102

Tabela 3: Concentração média de Hg (ng g⁻¹) encontrada entre os estudos realizados com análise de mel, abelha e favo como ferramentas para biomonitoramento nos municípios mato-grossenses..... 103

CAPÍTULO IV

Tabela 1: Dados demográficos dos 10 municípios de Mato Grosso amostrados para a avaliação da perspectiva de produção de mel conforme a visão dos apicultores (*IDH – Índice de Desenvolvimento Humano)..... 138

Tabela 2: Informações sobre as características dos apiários avaliados no estudo sobre suas perspectivas em relação à produção de mel em Mato Grosso..... 139

Tabela 3: Informações relacionadas ao perfil da produção de mel em apiários avaliados no estudo sobre as perspectivas dos apicultores em relação à produção em Mato Grosso 140

Tabela 4: Informações relacionadas ao perfil da produção de mel em apiários avaliados no estudo sobre as perspectivas dos apicultores em relação à produção em Mato Grosso 141

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Abelhas.....	19
3.1.1 As abelhas <i>Apis</i>	19
3.1.2 As abelhas Euglossini.....	20
3.2 Serviço Ecosistêmico (Polinização)	22
3.3 Abelhas e Agrotóxicos	23
3.4 Mercúrio (Hg) e contaminação de abelhas.....	25
3.5 Bioindicadores.....	27
3.6 Produção e Composição do Mel.....	28
3.7 Apicultura e bioeconomia	29
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO I	42
Resumo.....	43
Abstract	44
1 Introdução.....	45
2 Material e Métodos.....	47
2.1 Área de estudo.....	47
2.2 Delineamento amostral.....	48
2.4 Análise da concentração de mercúrio (Hg)	49
2.5 Análise de dados.....	50
3 Resultados	51
4 Discussão.....	52
Composição da assembleia de Euglossini	52
Espécies de Euglossini como bioindicadores do estágio natural de conservação do ambiente	55
Contaminação por mercúrio em solos, plantas e abelhas.....	56
5 Conclusão	57
6 Lista de figuras.....	59
7 Lista de tabelas	63

8 Referências	64
CAPÍTULO II	72
Abstract	73
Resumo	73
1 Introdução	74
2 Material e Métodos	75
2.1 Área de estudo	75
2.2 Procedimentos de coleta e identificação	76
3 Resultados	77
4 Discussão	77
5 Considerações finais	78
5 Lista de figuras	79
6 Referências	80
CAPÍTULO III	86
Resumo	87
Abstract	88
1 Introdução	88
2 Material e Métodos	91
2.1 Área de estudo	91
2.2 Metodologia	92
2.2.1 Desenho amostral e preparação da amostra	92
2.2.2 Preparação de amostras e determinação de mercúrio (Hg)	93
3 Resultados	94
4 Discussão	95
5 Considerações finais	99
6 Lista de figura	100
7 Lista de tabelas	101
8 Referências	103
CAPÍTULO IV	119
Resumo	120
Abstract	120
Resumen	121
1 Introdução	122
2 Material e Métodos	125
2.1 Área de estudo	125

2.2 Metodologia	126
3 Resultados.....	127
4 Discussão	130
5 Considerações finais e perspectivas futuras	135
6 Lista de figura.....	137
7 Lista de tabelas	138
8 Referências	142
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
ANEXOS.....	150
Anexo 1. Submission Guidelines Water, Air, & Soil Pollution.....	150
Anexo 2. Author Guidelines – Biota Neotropica	157
Anexo 3. Instruções para autores – Ambiente e Sociedade	169
Anexo 4. Submission Guidelines Environmental Science and Pollution Research.....	173
Apêndice - Termo de aprovação do Comitê de Ética.....	180

1. INTRODUÇÃO GERAL

As regiões tropicais, principalmente equatoriais, concentram a maior parcela da riqueza de espécies de abelhas no mundo, já que essas regiões apresentam vastas áreas de florestas úmidas (Orr et al., 2020). Atualmente, são conhecidos, por volta de 700 gêneros e 20.800 espécies de abelhas, com estimativas da possível existência de mais de 40 mil espécies (Zattara & Aizen, 2021; Orr et al., 2020). No Brasil, estima-se a ocorrência de aproximadamente 2.000 espécies (CPT, 2023).

As florestas correspondem ao habitat natural das abelhas, detendo recursos energéticos, locais para nidificação e proteção (Coutinho et al., 2020). A degradação destes ambientes pela ação antrópica é a mais incidente e agressiva ameaça a estes organismos, devido às queimadas, desmatamento, expansão agrícola e utilização massiva de agrotóxicos, expansão de áreas de mineração e a própria urbanização, inerente ao crescimento das cidades (Ćirić et al., 2021). Dentre os impactos gerados por essas ações humanas, a liberação de poluentes químicos deve ser foco da atenção dos órgãos competentes. Poluentes como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Mercúrio (Hg) e Cromo (Cr) são extremamente prejudiciais às abelhas (Farias et al., 2023; Fischer et al., 2022).

Alguns metais como o Hg, quando liberados no ambiente, podem compor parte da cadeia trófica e serem transferidos entre os diferentes níveis (Yuan et al. 2024). As abelhas são elos importantes nessas cadeias e podem ser contaminadas a partir da ingestão de néctar e pólen contaminados (Goretti et al., 2023; Capela et al., 2022), gerando comprometimentos nas atividades de voo, retorno aos ninhos após o forrageamento, culminando em alteração nas populações e severos danos genéticos (Goretti et al., 2023).

Além de metais como o Hg, os agrotóxicos também têm sido fortemente relacionados às perdas de colônias de abelhas ao redor do mundo (Castilhos et al., 2019). Os neonicotinoides e piretroides, frequentemente, presentes em diferentes formulações comerciais, causam desorientação e desordem nas colônias, levando em muitos casos à morte dos organismos (Faita et al., 2021; Simon-Delso et al., 2015; Henry et al., 2012).

As abelhas correspondem a um dos principais grupos de polinizadores, desempenhando papel fundamental nos ecossistemas, apesar das fortes ameaças antrópicas a que estão submetidas (Imperatriz-Fonseca & Alves, 2020). Abelhas sociais e solitárias representam um terço de todos os polinizadores, polinizando entre 22 e 89% das plantas nativas com flores (Pinheiro et al., 2014; Ollerton et al., 2011), e visitando entre 35 e 48% das culturas agrícolas (Wolowski et al., 2019).

A perda deste importante serviço ecossistêmico, vai além da diminuição das populações e extinção das espécies, pois colocam em risco a segurança alimentar mundial, devido à redução na produção agrícola e possível escassez de alimentos, desequilíbrios ecológicos, perda da biodiversidade e problemas socioeconômicos (Ellis, 2015; Giannini et al., 2015). Estudos estimam que no Brasil, US\$ 12 bilhões sejam gerados a partir de produtos derivados da polinização (Wolowski et al., 2019).

Ressalta-se a importância do monitoramento ambiental em relação à poluição química e em relação ao colapso das populações de abelhas, para que os impactos dessas ações sejam mitigados ou, até mesmo, eliminados. Nesse sentido, esse tipo de monitoramento pode ser realizado com uso de bioindicadores, ou seja, organismos que permitem a interpretação rápida sobre mudanças no meio em que vivem, seja por estímulos químicos, físicos ou biológicos (Mair, 2023; Capela et al., 2022). Desta maneira, o biomonitoramento utilizando esses indicadores contribui, não só para a conservação ambiental, mas também para a sustentabilidade de cadeias produtivas e para o setor produtivo como um todo, incluindo a apicultura, que é totalmente dependente da qualidade e saúde ambiental para seu sucesso (Vidal, 2021).

A apicultura, assim como outras atividades amplamente difundidas em pequenas propriedades rurais, está gradativamente ocupando espaço no setor macroeconômico brasileiro (IBGE, 2021). Em 2020 a produção de mel atingiu 51.507.820 kg, e em 2021 a produção bateu o recorde com 55.828.154 kg, gerando valores próximos a R\$ 854.416.000,00. Em Mato Grosso a produção de mel movimentou em 2020, R\$ 12.973.000,00 e, em 2021, atingiu R\$ 14.055.000,00 (IBGE, 2021). As exportações corresponderam a 436 toneladas em 2022 (ABEMEL, 2022).

Entretanto, alguns desafios contemporâneos são postos ao setor apícola, como a falta de assistência técnica e administrativa, visando o aumento na produtividade do mel; a falta de assistência de marketing; ausência de estímulo em tornar a apicultura a atividade principal dos produtores; a não formalização da produção junto ao Estado e as secretarias responsáveis que quantificam e qualificam a produção para o mercado interno e externo; a falta de incentivo ao consumo de mel, que no Brasil é em média 60 g per capta/ano, e no mundo esse número chega a 206 g per capta ano; bem como a necessidade de ampliar as relações harmônicas entre apicultores e donos de propriedades que devem ser exploradas de maneira a beneficiar ambos (ABELHA, 2024; Vidal, 2021). Estes desafios necessitam ser trabalhados no setor por meio de formação contínua entre e para os apicultores.

Nacionalmente, a apicultura é uma atividade desenvolvida pela agricultura familiar em pequenas propriedades, com média de 50 caixas por apiário (Vidal, 2021; CBA, 2019). Para

maioria dos produtores a apicultura é estabelecida como complemento de renda, gerando um ciclo econômico local, com pouca expansão da produção, devido aos custos de manutenção e em razão da maioria dos apiários estarem localizados em áreas de terceiros (Vidal, 2021; Costa et al., 2017; Pires et al., 2016).

O potencial de crescimento produtivo do setor apícola é promissor (ABEMEL, 2022), considerando os espaços físicos ricos em recursos energéticos para as abelhas, amplo pasto apícola, climas favoráveis e sazonalidades definidas. Frente a estes pontos é necessário que haja políticas públicas acessíveis que cheguem até o apicultor, incluindo as pesquisas científicas, o aprimoramento e a capacitação técnica. Estas ações podem contribuir com o desenvolvimento do setor e ampliar para além da produção de mel, o envolvimento socioambiental e integrador, uma das características intrínsecas da apicultura (Rosa et al., 2019).

De maneira geral, o papel desempenhado pelas abelhas, seja no ambiente natural ou no ambiente produtivo, está diretamente relacionado ao desenvolvimento sustentável, considerando a integração entre o ambiental, econômico e social (Pereira et al., 2020; Rosa et al., 2019). Com base nessas perspectivas, avaliou-se, neste estudo, o potencial das abelhas como bioindicadoras da qualidade ambiental e subsídio à definição de políticas públicas envolvendo, tanto o ambiente natural, quanto o setor produtivo de mel, com foco no desenvolvimento sustentável de Mato Grosso.

O presente estudo está estruturado em quatro capítulos. O capítulo I discorre sobre as abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no sul da Amazônia Legal, utilizando informações de riqueza de espécies e estrutura da assembleia, bem como do potencial uso na bioindicação da contaminação ambiental por Hg em área de floresta nativa, floresta em estágio de regeneração e floresta degradada, além da avaliação da contaminação por Hg em *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804). O Capítulo II apresenta a ampliação dos registros de ocorrência de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense, englobando a região ecotonal entre a Cerrado-Amazônia, médio norte de Mato Grosso. No Capítulo III é apresentado o estudo realizado com apicultores de diferentes regiões de Mato Grosso, abordando suas perspectivas da produção de mel. Por fim, no Capítulo IV discute-se a produção de mel no sul da Amazônia Legal, avaliando-se a potencial contaminação em apiários por mercúrio, utilizando-se como indicadores da contaminação amostras de abelhas, mel e cera.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar o potencial uso das abelhas na bioindicação ambiental e subsídio à definição de políticas públicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a influência de diferentes estágios de conservação de florestas sobre a composição da assembleia de abelhas Euglossini;
- Verificar o uso de *Eulaema cingulata* na bioindicação da contaminação ambiental por mercúrio;
- Examinar as abelhas Euglossini como potencial bioindicadoras do estado natural de conservação das áreas de florestas na região sul da Amazônia;
- Ampliar o registro da importância das unidades de conservação para a sustentabilidade, manutenção e preservação de espécies consideradas raras ou ameaçadas;
- Atualizar os dados sobre a atividade apícola do Estado de Mato Grosso com base nas necessidades e realidades contemporâneas de acordo com os apicultores;
- Analisar amostras de abelhas, méis e cera em apiários de Mato Grosso quanto a possível contaminação por mercúrio;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Abelhas

As abelhas (Hymenoptera: Apidae) tiveram sua origem no período Cretáceo, por volta de 130 milhões de anos atrás, tendo sua origem e dispersão relacionada ao surgimento das plantas com flores, as Angiospermas, há mais de 200 milhões de anos no período Paleozóico (CPT, 2023; Bomfim, 2017). Ao longo do processo evolutivo, as vespas sofreram mutações e, por seleção natural, sobreviveram às mudanças no ambiente ao interagir com as flores, transportando pólen e néctar e, mais tarde, vindo a se alimentar destas substâncias, de forma a gerar a linhagem que hoje se constitui as abelhas (Tomazini, 2019).

Ao todo são conhecidas cerca de 20.800 espécies válidas de abelhas em todo o mundo (Orr et al., 2020). Destas, aproximadamente, 2.000 espécies ocorrem no Brasil, com predominância das que possuem hábito solitário com aproximadamente 80% do total, sendo as demais compostas pelas de hábito social, como as do gênero *Apis* L., 1758 (CPT, 2023; Zattara & Aizen, 2021).

3.1.1 As abelhas *Apis*

Abelhas do gênero *Apis* são abelhas sociais, presentes em quase todo o planeta (Zattara & Aizen, 2021; Orr et al., 2020). Sendo organismos sociais, encontram-se organizados em castas, com rainha e operárias (organismos diploides - 32 cromossomos) e zangões (organismo haploide - 16 cromossomos) (Schafaschek, 2020; Snustad & Simmons, 2013). A organização em castas favorece o desenvolvimento do trabalho na colônia, uma vez que as castas têm funções específicas desenvolvidas por cada indivíduo, como o alarme de defesa executado pelas operárias liberando o feromônio (Camargo et al., 2015).

Uma colônia de *Apis*, no seu ápice evolutivo, possui uma abelha rainha, em torno de 300 zangões e, em média, 30 mil operárias jovens e 30 mil operárias campeiras. Além disso, a colônia possui, aproximadamente, nove mil larvas e seis mil ovos (EMBRAPA, 2018). O desenvolvimento das abelhas é holometabólico com as fases, ovo, larva, pupa e adultos, compreendendo os estágios imaturos de ovo, larva e pupa, conhecidas como crias (Moda et al., 2013). Nesta sociedade, os zangões são nutridos com geleia real até o final da fase larval, as operárias até o terceiro dia após a eclosão, e a rainha se nutre de geleia real durante toda sua vida, sendo este alimento produzido e ofertado pelas abelhas nutrizes (Negrão, 2017; Snustad & Simmons, 2013).

A rainha existente na colônia é desenvolvida nas realeiras, que são células formadas para o desenvolvimento específico de rainhas, construídas pelas operárias (Bomfim et al., 2017). O tempo médio de vida de uma rainha varia entre 2 e 5 anos. A rainha realiza seu voo nupcial no terceiro dia de vida, podendo ser fecundada por até 20 zangões atraídos pelo feromônio secretado pela glândula mandibular, cujo raio de atuação pode atingir até 5 km. Durante a fecundação entre 4,3 e 7 milhões de espermatozoides ficam armazenados na espermateca das rainhas e, entre 5 e 6 dias após a fecundação, começam a postura de 1.000 a 3.000 ovos por dia, desde que em boas condições ambientais e nutricionais. Esses ovos originarão as operárias ou zangões, dependendo da necessidade da colmeia (Nascimento et al., 2022).

Em uma colônia estabelecida com uma boa rainha, nutrientes e água à disposição, pode haver entre 60 e 80 mil operárias, que tem a função de manter toda a organização da colmeia, incluindo a defesa, limpeza, forrageamento, a produção de mel e outros produtos. Esta organização é orientada pela presença da abelha rainha, que é estabelecida de acordo com a maturidade das abelhas definida ao longo de seu tempo de vida (Winston, 2003). Os zangões são as abelhas macho da colmeia, não apresentam função específica dentro da colônia, sendo seu único papel social o de fecundar a rainha. A maturidade sexual dos zangões ocorre no 12º dia de vida, ao ocorrer a fecundação o macho morre logo após (Bomfim et al., 2017).

3.1.2 As abelhas Euglossini

Diferente das abelhas sociais do gênero *Apis*, as da tribo Euglossini possuem hábito solitário e ocorrem exclusivamente na região Neotropical (Nemésio & Rasmussen, 2011; Dressler, 1982). Até o momento são conhecidas cerca de 230 a 250 espécies (Moure et al., 2012; Nemésio & Rasmussen, 2011), sendo mais de 200 espécies de ocorrência no Brasil (Oliveira-Junior et al., 2015). Essas abelhas, conhecidas como abelhas das orquídeas, estão distribuídas em cinco gêneros, *Eulaema* Lepeletier de Saint Fargeau, 1841; *Euglossa* Latreille, 1802; *Eufriesea* Cockerell, 1908; *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817 e *Aglae* Lepeletier de Saint Fargeau & Audinet-Serville, 1825 (Ramírez et al., 2010; Garófalo & Rozen, 2001; Dressler, 1982). Essas abelhas atuam como agentes polinizadores em mais de 10% das espécies de orquídeas da região Neotropical (Roubik & Hanson, 2004), e em mais de 70 espécies de Angiospermas, incluindo representantes de Amaryllidaceae, Araceae, Annonaceae, Euphorbiaceae, Gesneriaceae, Haemodoraceae e Solanaceae (Ramírez et al., 2019; Roubik & Hanson, 2004; Ramirez et al., 2002).

O registro da origem dessas abelhas é dado pelo fóssil da espécie *Paleoeuglossa melissiflora* Poinar, 1998, encontrada na República Dominicana, com idade entre 15 e 45 milhões de anos durante o Terciário (Ramírez et al., 2002). Outro fóssil encontrado, a de *Euglossa moronei* Engel, 1999, também encontrado na República Dominicana, com idade estimada de 20 milhões de anos, é tido como uma linhagem extinta das *Euglossa* atuais (Engel, 1999).

As Euglossini nidificam em cavidades arbóreas, madeiras e troncos caídos, bambus, madeiras da construção civil, partes do limbo inferior de folhagens, solo e ninhos artificiais (Faria et al., 2020; Peruquetti & Campos, 1997; Zucchi et al., 1969). Seus ninhos em ambientes naturais são difíceis de serem encontrados. Por esta razão, os estudos de nidificação são, em sua maioria, realizados artificialmente, considerando, ainda, que na natureza após a cópula os machos abandonam o ninho e não retornam mais e a fêmea é responsável por acompanhar a prole até o início de seu voo, logo após também se separam, e a cada cópula, novos ninhos ao longo de sua vida são formados (Anjos-Silva & Rebêlo, 2006).

Dependendo da espécie, os ninhos são construídos a partir de resinas, córtex de árvores e barro. A partir daí são constituídas as células para armazenar pólen e néctar, onde serão depositados os ovos. Cada ninho pode conter entre 4 e 10 células, podendo ser o mesmo ninho compartilhado por várias fêmeas, em geral predominam nascimentos de fêmeas (Nicolson, 2020; Peruquetti & Campos, 1997; Zucchi et al., 1969).

A estrutura da população de Euglossini pode ser estudada por meio da captura de indivíduos machos, já que são atraídos por essências que imitam odores das orquídeas (Dodson et al., 1969). Os diferentes estágios de conservação das florestas podem influenciar a composição e estrutura das assembleias de Euglossini, afetando, principalmente, a distribuição da abundância destes organismos (e.g. Corrêa-Neto et al., 2024).

As Euglossini refletem diretamente nas alterações ocorridas no ambiente (Allen et al., 2019). Isso ocorre porque essas abelhas possuem uma estreita relação com o meio biótico e abiótico em função de seus comportamentos e estruturas populacionais (Mariano et al., 2024; Gonçalves & Faria, 2021; Carneiro et al., 2021), com impactos sobre as taxas de polinização (Ramírez, 2019). Dentre as Euglossini, *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804) e *Eulaema nigrita* Lepeletier, 1841 são espécies com ampla ocorrência, reconhecidas por sua rusticidade e adaptação para sobreviver em ambientes antropizados sob mudanças de variáveis ambientais (Rocha-Filho et al., 2020; Viana et al., 2021; Sousa et al., 2022), por outro lado, *Aglæ caerulea* Lepeletier & Serville, 1825, *Eufriesea ornata* (Mocsáry, 1896), *Euglossa ignita* Smith, 1874,

Euglossa orellana Roubik, 2004 e *Exaerete frontalis* (Guérin, 1844), são espécies comuns para florestas conservadas (in Solera et al., Capítulo I).

3.2 Serviço Ecossistêmico (Polinização)

A crescente demanda de alimentos pela população humana já era um problema visualizado desde o final do século XVIII por Thomas Malthus, observando que o bem-estar da população passa pelo viés da alimentação (Wolowski et al., 2019; Menezes, 2018). A maior produtividade de alimentos em escala mundial perpassa por uma série de serviços ecossistêmicos prestados por diferentes organismos. Dentre esses, destacam-se aqueles realizados pelos insetos por meio da polinização de muitas espécies naturais e cultivadas comercialmente. A polinização ocorre de forma involuntária, e pode ser definida como a simples ação de transporte de material genético (pólen) entre as estruturas reprodutivas masculinas e femininas das plantas (Klein et al., 2020).

Ollerton et al. (2011) apontaram que 87,5% das plantas com flores dependem, em algum momento, de animais polinizadores. Estima-se que os serviços prestados pelos polinizadores em todo mundo gerem entre 235 e 577 bilhões de dólares anuais (Potts et al., 2016), e que 75% das plantas utilizadas para alimentação humana dependam, direta ou indiretamente, de animais polinizadores (Ellis et al., 2015; Klein et al., 2007). Abelhas sociais e solitárias representam um terço dos polinizadores, polinizando entre 22 e 89% das plantas nativas com flores (Pinheiro et al., 2014; Ollerton et al., 2011), além de visitar entre 35 e 48% das culturas agrícolas (Wolowski et al., 2019). Para o Brasil estes serviços de polinização chegam a um terço da produção de culturas que dependem da polinização animal (Giannini et al., 2015).

No estudo realizado por Barateiro et al. (2020) foi avaliado o potencial de produção e qualidade de soja em campos com presença de colmeias de *A. mellifera* próximo a lavoura, e campo aberto de forma natural, sem a presença de colmeias próximas. As análises resultaram em um rendimento de 8,5% a mais de produção para a área com presença das abelhas, e 5,1% a mais de grãos por vagem em relação a plantação de campo aberto sem abelhas. Estes dados evidenciam a importância da polinização para produção de alimentos em nível mundial. A diminuição destes serviços ecossistêmicos pode ocasionar um colapso na produção de alimentos para a população humana, principalmente, em países mais pobres (Klein et al., 2020).

Considerando o papel fundamental das abelhas no fornecimento de alimentos no mundo por meio da polinização e as grandes perdas de abelhas ocasionados por ações antrópicas (Klein et al., 2020), torna-se necessário que grandes projetos de sustentabilidade socioeconômicos e

ambientais sejam implantados, visando salvaguardar as abelhas (Maia-Silva et al., 2024; Imperatriz-Fonseca & Alves, 2020).

3.3 Abelhas e Agrotóxicos

As abelhas são organismos extremamente sensíveis a quaisquer perturbações ou modificações ambientais, sejam esses naturais ou antrópicos (Faita et al., 2021; Beringer et al., 2019). Estes organismos em contato com partículas tóxicas presentes no ambiente, suspensas no ar ou depositadas sobre a água ou plantas, podem se contaminar e, dependendo das concentrações de absorção, a contaminação pode ser letal (Faita et al., 2020; Henry et al., 2012).

O uso de agrotóxicos de maneira excessiva e inadequada, tem sido uma das mais importantes causas da perda de colônias de *Apis* em todo o mundo (Zaluski et al., 2020; Castilhos et al., 2019). Principalmente agrotóxicos categorizados na classe dos neonicotinoides, organofosforados e piretroides (Faita et al., 2020; Araújo et al., 2017). Os neonicotinoides e piretroides quando utilizados em lavouras próximas às reservas florestais ou em proximidade de apiários, causam danos de grande relevância nas abelhas como desorientação, desordem nas colônias e mortalidade de indivíduos (Zaluski et al., 2020; Simon-Delso et al., 2015; Henry et al., 2012). O uso do glifosato e piraclostrobina afetam a produção de geleia real, enfraquecendo a colônia pela diminuição da quantidade de abelhas (Faita et al., 2020; Zuluski et al., 2020).

Dentre os efeitos dos agrotóxicos, o uso de Imidacloprido em doses concentradas prejudica o cérebro das abelhas, bem como os órgãos da visão (Rossi et al., 2013). Em experimento realizado por Yang et al. (2008), a contaminação de abelhas com concentrações entre 100 e 1.000 ppb de Imidacloprido, as impediu de retornarem para suas colônias. Além disso, o Imidacloprido pode diminuir a resistência das abelhas aos patógenos e afetar o comportamento motor (Orsi et al., 2017). Testes com intoxicação de abelhas por Tiametoxam apresentaram alta toxicidade, causando sérios danos no sistema digestório (Costa et al., 2014). Outra classe de inseticidas utilizado no Brasil pertence ao grupo Clorantraniliprole que pode comprometer o voo das abelhas e os genes responsáveis pelo sistema imunológico, alterando suas defesas naturais (Gomes et al., 2020).

O uso de agrotóxicos no Brasil é regido pela Lei nº 7.802/89, que dispõe sobre sua definição e uso em seus termos, regulamentada pelo Decreto nº 4.074/2002, revogado pelo Decreto nº 10.833/2021 (BRASIL, 2021), sendo os mesmos aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

(MAPA). Esta regulamentação estabelece a utilização destas substâncias de forma legal e segura para os seres humanos, e para todo o ecossistema que será influenciado ou atingido, de forma a mitigar possíveis impactos e, ao mesmo tempo, propor sanções punitivas a possíveis infrações da Lei (Faita et al., 2021; Gill-Ramos-Rodriguez & Raine, 2012).

Em 2020, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento registrou 493 novos agrotóxicos que podem ser utilizados na agricultura. Esses novos registros correspondem a um aumento recorde, considerando que em 2000 eram somente 82 agrotóxicos registrados pelo referido Ministério (MAPA, 2022). Em 2021 esses registros chegaram a 562 agrotóxicos com 33 novos produtos, incluindo Piroxasulfona (herbicida), Tolfenpirade (inseticida e fungicida), Tiencarbazona (herbicida) e Fenpirazamina (fungicida) (MAPA, 2022).

Considerando os efeitos deletérios que alguns princípios ativos dos agrotóxicos podem causar às abelhas, principalmente de ação sistêmica, bem como, os valores dos serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas (e.g. Carvalho, 2019), faz-se necessário que os apicultores e os agricultores tomem conhecimento das normativas que vislumbram a manutenção e permanência dos polinizadores, buscando estabelecer respeito mútuo entre os sistemas de produção. Entre as normativas que regulamentam o uso de agrotóxicos, está a Instrução Normativa Conjunta nº1, de 28 de dezembro de 2012 entre MAPA e IBAMA, que condiciona regras de aplicação de agrotóxicos a base de Imidacloprido, Tiametoxam, Clotianidina e Fipronil durante a floração das culturas, independentemente da tecnologia empregada (MAPA, 2012), consistindo em uma das ferramentas que deve ser utilizada na prevenção de acidentes, ou para evitar a mortandade de abelhas que estejam em apiários ou meliponários próximos às áreas de aplicação dos produtos.

A observância das alterações ambientais, seja por ações antrópicas ou climáticas, faz-se atentar aos efeitos diretos quanto ao declínio das abelhas. Registros realizados em vários países destacam o fenômeno de “Colony Collapse Disorder”, ou Distúrbio de Colapso de Colônia (CCD), descrito por Gill-Ramos-Rodriguez & Raine (2012) e Vanengelsdorp et al. (2009). Na Europa o número de colônia de *A. mellifera* foi reduzido em 25% entre 1985 e 2005 (Potts et al., 2010). No Brasil, em junho de 2023, na cidade de Sorriso - MT e região, milhares de abelhas *Apis* e abelhas nativas, foram mortas devido a aplicação incorreta do agrotóxico Fipronil em lavouras próximas aos apiários, gerando prejuízos de ordem econômica, social e ambiental (INDEA, 2023). Contudo, tal ocorrência ainda não foi associado ao CCD.

3.4 Mercúrio (Hg) e contaminação de abelhas

O mercúrio (Hg) é um metal presente na natureza de forma global. Constitui-se como um poluente crítico, facilmente disseminado pelos ecossistemas e causador de efeitos tóxicos em diversos processos biológicos (UN, 2019). O uso desregrado de Hg na atividade de extração de ouro ganhou notoriedade com a consolidação da Convenção de Minamata em 2013, realizada em Kumamoto, no Japão, entrando em vigor em agosto de 2017.

O ciclo do Hg começa com a liberação de mercúrio elementar (Hg^0) na atmosfera a partir de fontes naturais, como atividades vulcânicas, e de fontes antropogênicas, como a queima de combustíveis fósseis e processos industriais, onde pode permanecer por períodos prolongados (Zhou et al., 2019), e ser transportado por correntes de ar para outras regiões distantes.

Uma vez na atmosfera, o Hg^0 pode passar por uma série de transformações químicas. O metal pode ser oxidado para mercúrio divalente (Hg^{2+}), por meio da energia solar, e, em seguida, depositado na superfície da terra por meio de processos como a deposição úmida por meio da chuva e neve, ou por deposição seca pela sedimentação de partículas atmosféricas sobre as superfícies (Natasha et al., 2020). Nas plantas, a absorção e o transporte do Hg ocorrem de forma natural, fazendo parte do ciclo deste elemento, bioacumulando em raízes, folhas e flores (Tang et al., 2020), podendo, inclusive, ser encontrado no néctar e pólen, alimento explorado pelas abelhas (Astolfi et al., 2021; Kieliszek et al., 2018; Van-Der-Steen et al., 2012).

O Hg pode ser depositado diretamente em corpos de água por meio da deposição atmosférica (Yin et al., 2022). Uma vez na hidrosfera, o Hg^{2+} pode sofrer transformações adicionais. Algumas formas de mercúrio podem ser convertidas em metilmercúrio (MeHg), que é a forma mais tóxica e facilmente absorvida pelos organismos (Gworek et al., 2020). O MeHg é produzido por processos microbianos em ambientes aquáticos (Luo et al., 2020). Uma vez absorvido pelos organismos, o MeHg passa a fazer parte da cadeia alimentar, acumulando em níveis cada vez mais altos dessa cadeia, como nos predadores, incluindo peixes grandes e aves marinhas (Martoredjo et al., 2024; Ma et al., 2019).

O crescimento das metrópoles e polos regionais, a substituição das florestas por lavoura, pecuária e mineração tem aumentado a quantidade de contaminantes químicos no ambiente como o Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Mercúrio (Hg) e Cromo (Cr) (Farias et al., 2023; Fischer et al., 2022; Zhou et al., 2019; Phol et al., 2017).

Um dos setores que mais cresceu no Brasil foi o garimpo de ouro, que saiu de 137 mil ha em 2016, para 196 mil ha em 2021 de área de ocupação. Mato Grosso ocupa 60 mil ha com

áreas de garimpo, que somado a indústria de mineração chegam a 64 mil ha (MAPBIOMAS, 2022). A Mineração de Pequena Escala, também conhecida como Mineração Artesanal e de Pequena Escala de Ouro (MAPEO), pode exercer vários impactos negativos sobre o meio ambiente. A Avaliação Global de Mercúrio na Convenção de Minamata (WHO, 2021), estimou que as MAPEOs liberam, aproximadamente, 727 toneladas métricas de Hg ao meio ambiente por ano. No Brasil é estimado que a MAPEO elimine entre 11 e 161 toneladas de mercúrio para a atmosfera (MAPA, 2018).

Para fins de controle ambiental e contaminação desse metal, a concentração aceitável nos alimentos é de 0,01 ppm, ou $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, conforme Decreto nº 55871/65. Um novo regramento sobre contaminantes em alimentos consta na Instrução Normativa nº 160/22, que dispõe sobre os Limites Máximos Tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, mantendo os valores para Hg em 0,5 mg/kg (BRASIL, 2022).

Estudos de bioacumulação de metais pesados tem sido realizado com abelhas *Apis* devido a sua ampla distribuição geográfica e importante papel na polinização e comercialização de seus produtos alimentícios como o mel (Borg & Attard, 2020; Grainger et al., 2020). Metais pesados como o Hg podem bioacumular nas abelhas a partir da ingestão do néctar e pólen contaminados, e pela incorporação por inalação das partículas que podem estar suspensas no ar (McLagan et al., 2021; Kieliszek et al., 2018).

A bioacumulação de Hg em abelhas pode interferir em suas atividades biológicas como o voo, retorno aos ninhos, alteração nas populações, diminuição do tamanho corporal e desenvolvimento, diminuição de taxa de polinização com consequente perda de variedade de plantas e ou taxa de produção de frutos (Moron et al., 2014; Rogers et al., 2014).

O mel pode ser contaminado com Hg por meio dos transportes desse elemento pelas abelhas que o recebem no contato com estruturas florais (Borg & Attard, 2020; Pohl et al., 2017), e pela contaminação do solo, que algumas abelhas utilizam para fazer ninhos, como as *Euglossini*, podendo ainda ocorrer pela aplicação de inseticidas, repelentes e acaricidas, utilizados por alguns apicultores para proteger os enxames (Bandini & Spisso, 2017).

O consumo de mel contaminado por Hg pode ocasionar consequências severas para saúde humana, como doenças genéticas devido as alterações no DNA e RNA, alterando a produção e função das proteínas, disfunções imunológicas, deixando o corpo susceptível a doenças infecciosas, problemas renais, no sistema nervoso em geral, câncer de mama, sistema de reprodução, além de inclusive, ocasionar o nascimento de filhos com alterações cromossômicas (Khodashenas et al., 2015; Cardoso, 2001).

Neste sentido, a 67ª Assembleia Mundial da Saúde, ocorrida em 2014, com base na Convenção de Minamata, apresentou um documento sobre os compromissos entre as partes quanto à importância do desenvolvimento de políticas públicas referentes aos cuidados com a saúde humana e o meio ambiente, sobre as emissões de Hg e seus derivados devido as ações antrópicas (WHO, 2014).

O monitoramento ambiental sobre as diferentes formas do comportamento do Hg no ambiente, pode fornecer informações quanto a dinâmica deste metal entre atmosfera, solo, água e organismos (Freitas et al., 2024; Bora et al., 2023; Casagrande et al., 2020), desta maneira, é possível aferir seu nível de concentração, a fim de, mitigar possíveis fontes de emissão e liberação de Hg para o meio ambiente, em concentrações elevadas (Gutiérrez et al., 2020).

3.5 Bioindicadores

Estudos que explorem a manutenção e conservação de ambientes que estejam sob condição de ocupação e/ou utilização antrópica tornam-se relevantes, principalmente, quando buscam identificar organismos ou características de alterações físicas, químicas, biológicas ou ambientais que possam ser utilizadas como ferramentas de monitoramento, diagnosticando o grau de alterações que estas áreas sofrem ou poderão vir a sofrer (Mair et al., 2023).

Bioindicadores são organismos, que em meio aos estímulos, apresentam variações em sua população e comportamento. Assim, de acordo com os impactos ambientais, é possível avaliar e comparar parâmetros ecológicos preexistentes aos níveis de perturbação (Mair et al., 2023; Oliveira et al., 2014). Uma série de organismos são capazes de indicar modificações ambientais em determinadas áreas, desde que sua biologia, taxonomia e ecologia sejam conhecidas. Insetos em geral são considerados bons bioindicadores devido, principalmente, à sua grande diversidade, por ocorrerem em todos os tipos de ambientes e por serem sensíveis às alterações ambientais no sistema (Borg & Attard, 2020; Sampaio & Schimidt, 2013).

Neste sentido, a utilização de abelhas como ferramenta bioindicadora de ambientes contaminados se torna relevante no monitoramento ambiental (Mair et al., 2023; Pohl et al., 2017), por serem organismos abundantes, responderem efetivamente aos estímulos ou mudanças químicas e, por sua ausência ser percebida facilmente, sendo os danos ambientais provocados amplamente diagnosticados e perceptíveis (Pohl et al., 2017).

Para além das abelhas, o mel se constitui um indicador de contaminação ambiental eficiente, além de ser utilizado em produtos cosméticos, produtos terapêuticos, panificação, produtos lácteos, entre outros, que o torna de suma relevância no diagnóstico de contaminações

(Bandini & Spisso, 2017). Outro fator relevante se dá sobre as fontes nutricionais originadas de uma ampla área devido ao forrageamento das abelhas, permitindo que se avaliem as condições de contaminação por metais pesados por um raio amplo do apiário (Goretti et al., 2023).

Estudos com Euglossini vêm apresentando indicações significativas quando correlacionadas aos ambientes as quais são investigadas, indicando as áreas antropizadas e em bom estado de conservação por meio da composição de suas assembleias (Cândido et al., 2021; Nemésio, 2013). Fragmentos florestais urbanos e rurais, entre elas Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), constituem importantes áreas de refúgio para Euglossini, evidenciando diferentes respostas dessas abelhas em relação à influência do tamanho e estrutura dos fragmentos sobre a composição, abundância e riqueza das assembleias (Cândido et al., 2018; Oliveira et al., 2017; Storck-Tonon & Peres, 2017; Aguiar et al., 2015; Storck-Tonon et al., 2013; Brosi, 2011; Nemésio & Silveira, 2010).

Alguns fatores contribuem para a utilização de Euglossini no monitoramento ambiental, tais como: o grupo taxonômico ser bem definido e conhecido entre os biomas; a diversidade e abundância específica entre as áreas de florestas nativas e antropizadas; longo deslocamento e a robustez de algumas espécies, fácil captura e amostragens destes espécimes, além do custo acessível (Souza et al., 2022). Neste sentido, a avaliação do grau de interferência antrópica e as pressões exercidas sobretudo sobre a biodiversidade, podem ser mensuradas por meio do uso de espécies bioindicadoras, contribuindo para a tomada de decisões de forma rápida e eficiente (Mair et al., 2023; Sampaio & Schimidt, 2013), incluindo fragmentos florestais de áreas urbanizadas (Mariano et al., 2024).

3.6 Produção e Composição do Mel

A produção de mel por Meliponicultura, se dá por meio da criação e manejo das abelhas sem ferrão, também conhecidas como abelhas nativas ou indígenas, pertencentes a tribo Meliponini. Enquanto pela Apicultura, se dá pela criação e manejo de abelhas do gênero *Apis*, sendo a espécie *A. mellifera* a mais utilizada (Torné-Nogueira et al., 2014). *Apis mellifera* é a mais utilizada por ocuparem quase todos os ambientes, ter fácil manejo, colônias populosas, boa capacidade de forrageamento e por serem generalistas quanto aos recursos florais (Pires et al., 2016).

O mel é um produto derivado do néctar das flores ou das secreções procedentes das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas (MAPA, 2000). É um alimento milenar descrito em capítulos bíblicos (Queiroz-Rolim et al., 2018). Entre várias

formas, o mel foi utilizado na Grécia antiga e Babilônia para conservar corpos de reis e generais (Bogdanov, 2009).

As substâncias predominantes nos méis são formadas por glicose e frutose (monossacarídeos), que juntos representam entre 85 e 95% dos carboidratos. A glicose compõe 32,9% e a frutose 39,3% dos açúcares (Bandini & Spisso, 2017). Os demais açúcares são polissacarídeos, entre eles a sacarose, compondo entre 2 e 3% dos carboidratos presentes no mel. Para além destes açúcares, estão presentes a maltose, centose, panose e outros, que variam de acordo com a florada e região geográfica (De-Melo et al., 2017).

Além de uma excelente fonte de energia contendo aproximadamente 360 kcal em 100g (Bogdanov et al., 2009), o mel contém compostos secundários bioativos derivados das plantas (compostos fenólicos), que atuam como antioxidante, impedindo a formação de radicais livres que podem comprometer as proteínas, membrana plasmática e estrutura do DNA (Alvarez-Suares et al., 2018). Outros compostos com ações terapêuticas são utilizados como agentes antimicrobianos e anti-inflamatórios (Ghramh et al., 2019), além de outras enzimas como glicose oxidase, invertase e catalase, que são utilizadas para tratamento de doenças como câncer, obesidade e diabetes (Nascimento et al., 2018; Kerckes et al., 2013).

Diante dos benefícios do mel e da abelha relacionados a saúde e bem-estar da população humana, dos serviços prestados pelas abelhas ao ecossistema, por meio da polinização, agregado a economia de base junto a agricultura familiar, é imprescindível que o setor apícola tenha investimentos de pesquisa e valoração dos serviços prestados à sociedade e para própria natureza (e.g. Rosa et al., 2019; Giannini et al., 2015; Imperatriz-Fonseca et al., 2012).

3.7 Apicultura e bioeconomia

A apicultura é caracterizada pela exploração racional das abelhas do gênero *Apis*. Isso ocorre em colmeias sob controle do homem, com equipamentos e técnicas adequadas para explorar a capacidade natural do animal (EMBRAPA, 2018), atrelada ao tripé da sustentabilidade: social, econômico e ambiental (Vidal, 2021; Costa et al., 2017).

Em maior escala, a apicultura brasileira teve início em meados do século XIX, influenciada potencialmente pela agricultura familiar, pautada na economia de subsistência (Vidal, 2021). Já na década de 1990, a agricultura familiar começa a ser mais bem assistida por meio de programas sociais, entre eles o Programa Nacional do Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), com base no pouco investimento financeiro e geração de renda, em pouco espaço de tempo (Costa et al., 2017).

Por meio do melhoramento genético de abelhas, principalmente, a partir da abelha rainha, aliado ao melhoramento de técnicas e formação profissional, como aprimoramento do manejo, bem como, a grande diversidade de materiais científicos disponíveis e de fácil acesso aos produtores, a apicultura tornou-se no Brasil uma atividade rentável e, ao mesmo tempo, sustentável ambientalmente e economicamente (Tomazini, 2019).

Segundo a Associação Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL, 2021), a partir de 2014 o Brasil passou a ocupar o 8º lugar no ranking da produção mundial de mel. A China é o maior produtor com 446.900 mil toneladas (FAO, 2019). A produção de mel no Brasil, em 2020, foi de 51.507.82 kg, sendo a região nordeste responsável pela maior produção, com 18,32 mil kg (IBGE, 2021). Da produção total registrada no Brasil em 2021, 40 mil kg foram exportadas, dentre os países importadores do mel brasileiro, os Estados Unidos foi o principal, com 30,60 mil kg (ABEMEL, 2021). Em 2021 a produção de mel no Brasil bateu seu recorde com 55.828.154 kg, 6,4% a mais que no ano de 2020 (IBGE, 2021).

O valor total de produção de mel para o Brasil no ano de 2021 foi de R\$ 854.416.000,00, o Estado com maior valor de produção foi o Rio Grande do Sul (RS) com R\$ 131.492.000,00, produzindo 9.212.224 kg de mel. Mato Grosso vem contribuindo com o setor apícola em nível nacional e internacional com ampliação da oferta do produto. Em 2020 o valor de produção do mel no Estado foi de R\$ 12.973.000,00, produzindo 536.552 kg, e em 2021 foi de R\$ 14.055.000,00 (IBGE, 2021), com 440.216 kg (IBGE, 2021).

No setor da apicultura, em Mato Grosso, foram registrados 502 apicultores que movimentaram mais de R\$ 5.500 milhões em 2017 (IBGE, 2017). Em 2022 foram registrados 565 estabelecimentos rurais com produção apícola, somando 17.818 caixas/colmeias (INDEA, 2022). Esse cenário demonstra o potencial da apicultura no Estado que possui três domínios fitogeográficos em seu território, Cerrado, Pantanal e Amazônia, ricos em biodiversidade, um amplo pasto apícola, rico em nutrientes.

Considerando o potencial socioeconômico que a apicultura pode oferecer, havendo maior expansão deste mercado, principalmente, em municípios com baixa economia, a produção de produtos apícolas pode influenciar em maior número de empregos. Isto porque, apesar das colheitas não serem por todo o ano, há a necessidade de manejo do apiário e comercialização do produto, bem como para os apicultores que possuem grandes quantidades de colmeias, com programas econômicos que vislumbrem aumento de produção e ampliação do mercado.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELHA. Associação Brasileira de Estudo das Abelhas. 2024. Disponível em: <https://abelha.org.br/dia-do-mel-desafios-e-perspectivas-para-o-futuro-da-apicultura-no-brasil/>. Acessado em: 20 ago. 24
- ABEMEL. Associação Brasileira dos Exportadores de Mel. 2021. Dados Estatísticos do Mercado de Mel. Produção x Exportação de Mel - Série Histórica. Disponível em: <https://www.brazilletsbee.com.br/>. Acessado em: 29 jan. 24
- ABEMEL. Associação Brasileira dos Exportadores de Mel. 2022. Dados estatísticos do mercado de mel 2017 a 2022. Disponível em: <https://www.brazilletsbee.com.br/dados-setoriais.aspx>. Acessado em: 21 ago. 24
- Aguiar, W.M., Sofia, S.H. & Melo, G.A.R. 2015. Changes in orchid bee communities across forest-agroecosyste boundaries in brazilian Atlantic Forest landscapes. *Environmental Entomology*, 44(6). 1465-1471. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv130>
- Allen, L., Reeve, R., Nousek-McGregor, A., Villacampa, J., & MacLeod, R. 2019. Are orchid bees useful indicators of the impacts of human disturbance? *Ecological Indicators*, 103, 745-755. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.046>
- Alvarez-Suarez, J.M., Giampieri, F., Brenciani, A., Mazzoni, L., Gasparrini, M., González-Paramás, A.M. & Battino, M. 2018. *Apis mellifera* vs *Melipona beecheii* Cuban polyfloral honeys: A comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties. *Food Science and Technology*, 87(2), 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.079>
- Anjos-Silva, E.J. & Rebêlo, J.M.M. 2006. A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. *Zootaxa*, 1105, 27-35. <https://doi.org/10.5281/zenodo.171435>
- Araújo, W.L., Godoy, M.S. Maracaja, P.B., Coelho, W.A.C., Silva, B.K.A., Rugama, A.J.M., Araujo, E.L. & Batista, J.L. 2017. Toxicity of neonicotinoids used in melon culture towards *Apis mellifera* L. *African Journal of Agricultural Research*, 12(14) 1204-1208. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11843>
- Astolfi, M.L., Conti, M.E., Ristorini, M., Frezzini, M.A., Papi, M., Massimi, L. & Canepari, S. 2021. An analytical method for the biomonitoring of mercury in bees and beehive products by cold vapor atomic fluorescence spectrometry. *Molecules*, 26: 4878. <https://doi.org/10.3390/molecules26164878>
- Bandini, T.B. & Spisso, B.F. 2017. Risco sanitário do mel no Brasil em relação as novas ameaças: Resíduos e contaminantes químicos emergentes. *Vigilância Sanitária em Debate*, 5(1), 116-126. <https://doi.org/10.3395/2317-269x.00789>
- Barateiro, J.V.G.R.P., Gazzoni, D.L., Giehl, A.M., Oliveira, C.H. & Lot, F.D. 2020. Documentos Embrapa Soja. Contribuição da polinização entomófila em lavouras de soja com alto ou baixo potencial de produtividade: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 15. 429p
- Beringer, J.S., Maciel, F.L. & Tramontina, F.F. 2019. O declínio populacional das abelhas: Causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. *Revista Eletrônica Científica*, 5(1), 17-26. <https://doi.org/10.21674/2448-0479.51.18-27>

- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R. & Gallmann, P. 2008. Honey for nutrition and health: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 677-689. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>
- Bomfim, I.G.A., Freitas, B.M. & Oliveira, M.O. 2017. *Biologia das abelhas*. Universidade Estadual do Ceará. Mediotec, 57p
- Bora, F.D., Babes, A.C., Călugăr, A., Jitea, M.I., Hoble, A., Filimon, R.V., Bunea, A., Nicolescu, A. & Bunea, C.I. 2023. Unravelling heavy metal dynamics in soil and honey: A case study from Maramures, region, Romania. *Foods*, 12, 3577. <https://doi.org/10.3390/foods12193577>
- Borg, D. & Attard, E. 2020. Honeybees and their products as bioindicators for heavy metal pollution in Malta. *Acta Brasiliensis*, 4(1), 60-90. <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338282>
- BRASIL. Instrução Normativa nº 160/22. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. *Diário Oficial da União: Distrito Federal, DF*, 06/07/2022, Edição: 126, Seção: 1, Pág. nº 227
- BRASIL. Lei nº 10.833/21. Altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. *Diário Oficial da União: Distrito Federal, DF*, 08/10/2021, pág. nº 4
- Brosi, B.J. 2011. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, 142(2), 414-423. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.11.003>
- Camargo, S.C., Lima E.G., Toledo, V.A.A. & Garcia, R.C. 2015. Abelha rainha *Apis mellifera* e a produtividade da colônia. *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(4), 213-220. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v14np213-220>
- Cândido, M.E.M.B., Morato, E.F., Storek-Tonon, D., Miranda, P.N. & Vieira, L.J.S. 2018. Effects of fragments and landscape characteristics on the orchid bee richness (Apidae: Euglossini) in an urban matrix, Southwestern Amazonia. *Journal of Insect Conservation*, 22, 475-486. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0075-7>
- Capela, N., Sarmento, A., Simões, S., Azevedo-Pereira, H.M.V.S. & Sousa, J.P. 2022. Sublethal doses of sulfoxafloir impair honeybee homing ability. *Science of the Total Environment*, 837, 155710. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155710>
- Cardoso, P.C.S., Lima, P., Bahia, M.O., Amorim, M.I.M., Burbano, R.R. & Farias, R.A.F. 2001. Efeitos biológicos do mercúrio e seus derivados em seres humanos: Uma revisão bibliográfica. *Revista Paranaense de Medicina*, 15(4), 51-58
- Carneiro, L.S., Aguiar, W.M., Priante, C.F., Ribeiro, M.C., Frantine-Silva, W. & Gaglianone, M.C. 2021. The interplay between thematic resolution, forest cover, and heterogeneity for explaining Euglossini bees community in an agricultural landscape. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 628319. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.628319>
- Carvalho, S.M., Carvalho, G.A., Carvalho, C.F., Filho, B.J.S.S. & Baptista, A.P.M. 2019. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada

- Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae). Arquivos do Instituto de Biológico, 76(4), 597-606. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v76p5972009>
- Casagrande, G.C.R., Franco, D.N.D.M., Moreno, M.I.C., Andrade, E.A. Battirola, L.D. & Andrade, R.L.T. 2020. Assessment of atmospheric mercury deposition in the vicinity of artisanal and small-scale gold mines using *Glycine max* as bioindicators. Water Air and Soil Pollution, 231, 11. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04918-y>
- Castilhos, D., Bergamo, G.C., Gramacho, K.P. & Gonçalves, L.S. 2019. Bee colony losses in Brazil: A 5-year online survey. Apidologie, 50, 3. 263-272. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00642-7>
- CBA. Confederação Brasileira de Apicultura. 2019. Apicultura no Brasil. Disponível em: <https://www.cbraca.com.br/>. Acessado em: 23 mar. 24
- Ćirić, J., Spirić, D., Baltić, T., Lazić, I.B., Trbović, D., Parunović, N., Petronijević, R. & Đorđević, V. 2021. Honeybees and their products as indicators of environmental element deposition. Biological Trace Element Research 199, 2312-2319. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02321-6>
- Corrêa-Neto J.J., Hipólito, J., Ribeiro, C.F., Brown, J.C. & Oliveira, M.L. 2024. Estuarine floodplains harbor greater diversity of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) than mangroves in coastal Amazonia. Apidologie, 55(37). <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01073-9>
- Costa, E.M., Araújo, E.L., Maia, A.V.P., Silva, F.E.L., Bezerra, C.E.S. & Silva, J.G. 2014. Toxicity of insecticides used in the brazilian melon crop to the honeybee *Apis mellifera* under laboratory conditions. Apidologie, 45(1), 34-44. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0226-5>
- Costa, R.O., Bezerra, A.H., Ferreira, A.C., Dias-Afonso, J.P.S., Alves, A.S., Prado-Junior, L.S. & Azevedo, D.E. 2017. Análise do processo produtivo de mel do Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 11(2), 1-4.
- Coutinho, J.G.E., Angel-Coca, C., Boscolo, D. & Viana, B.F. 2020. Heterogeneous agroecosystems support high diversity and abundance of trap-nesting bees and wasps among tropical crops. Biotropica, 52, 991-1004. <https://doi.org/10.1111/btp.12809>
- CPT. Centro de Produções Técnicas. 2023. Abelhas com ferrão: Gênero *Apis*, e sua distribuição pelo mundo. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/artigos/abelhas-com-ferrao-genero-apis-e-sua-distribuicao-pelo-mundo>. Acessado em: 10 jun. 24
- De-Melo, M., Muradian, A.A.A., Sancho, L.B.M.T. & Pascual-Maté, A. 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. Journal of Apicultural Research, 57(1), 5-37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- Dodson, C.H., Dressler, R.L., Hills, H.G., Adams, R.M. & Williams, N.H. 1969. Biological active compounds in orchid fragrances. Science, 164, 1243-1249.
- Dressler, R.L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). Annual Review of Ecology and Systematics, 13, 373-394.
- Ellis, A.M., Myers, S.S. & Ricketts, T.H. 2015. Do pollinators contribute to nutritional health? PloS One, 10(1), e114805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114805>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018. Documentos 468. Boas práticas apícolas para a produção de mel na região sul do Brasil. Embrapa Clima Temperado, 48p

- Engel, M.S. 1999. The first fossil *Euglossa* and phylogeny of the orchid bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini). American Museum Novitates, 3272, 12-14. <http://hdl.handle.net/2246/3046>
- Faita, M.R., Cardozo, M.M., Amandio, D.T.T., Orth, A.I. & Nodari, R.O. 2020. Glyphosate-based herbicides and *Nosema* sp. microsporidia reduce honeybee (*Apis mellifera* L.) survivability under laboratory conditions. Journal of Apicultural Research, 60, 1-11. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1736782>
- Faita, M.R., Chaves, A. & Nodari, R.O. 2021. A expansão do agronegócio: Impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. Desenvolvimento e Meio Ambiente, 57, 79-105. <https://doi.org/10.5380/dma.v56i0.76157>
- FAO, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. 2019. Faostat. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acessado em: 06 fev. 24
- Farias, R.A., Nunes, C.N., & Quináia, S.P. 2023. Bees reflect better on their ecosystem health than their products. Environmental Science and Pollution Research, 30, 79617-79626. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28141-4>
- Fischer, A., Brodziak-Dopierała, B., Bem, J. & Ahnert, B. 2022. Analysis of mercury concentration in honey from the point of view of human body exposure. Biological Trace Element Research, 200(3), 1095-1103. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02744-9>
- Garófalo, C.A. & Rozen, J.G.J.R. 2001. Parasitic behavior of *Exaerete smaragdina* with descriptions of its mature oocyte and larval instars (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). American Museum of Natural History, 3349, 1-26. [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2001\)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2001)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2)
- Ghramh, H.A., Khan, K.A. & Alshehri, A.M.A. 2019. Antibacterial potential of some saudi honeys from Asir region against selected pathogenic bacteria. Saudi Journal of Biological Sciences, 26(6), 1278-1284. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.011>
- Giannini, T.C., Cordeiro, G.D., Freitas, B.M., Saraiva, A.M. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2015. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. Journal of Economic Entomology, 108, 1-9. <https://doi.org/10.1093/jee/tov093>
- Gill-Ramos-Rodriguez, O. & Raine, N.E. 2012. Combined pesticide exposure severely affects individual - and colony-level traits in bees. Nature, 1, 491. <https://doi.org/10.1038/nature11585>
- Gomes, I.N., Vieira, K.I.C., Gontijo, L.M. & Resende, H.C. 2020. Honeybee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. Ecotoxicology, 29(1), 97-107. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02145-8>
- Gonçalves, R.B. & Faria, L.R.R. 2021. In Euglossine we trust as ecological indicators: A reply to Añino et al. 2019. Sociobiology, 68(1), e-4610. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i1.4610>
- Goretti, E., Pallottini, M., La Porta, G., Elia, A.C., Gard, T., Petroselli, C., Gravina, P., Bruschi, F., Selvaggi, R. & Cappelletti, D. 2023. Bioaccumulation of trace elements along the body longitudinal axis in honeybees. Applied Science, 13, 6918. <https://doi.org/10.3390/app13126918>
- Grainger, M.N.C., Hewitt, N., & French, A.D. 2020. Optimised approach for small mass sample preparation and elemental analysis of bees and bee products by inductively coupled plasma mass spectrometry. Talanta, 214, 120858. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120858>

- Gutiérrez, M., Molero, R., Gaju, M., Steen, J.V.D., Porrini, J. & Ruiz, J.A. 2020. Assessing heavy metal pollution by biomonitoring honeybee nectar in Córdoba (Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 10436-10448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07485-w>
- Gworek, B., Dmuchowski, W. & Dąbrowska, A.H.B. 2020. Mercury in the terrestrial environment: A review. *Environmental Sciences Europe*, 32, 128. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00401-x>
- Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S. & Decourtye, A.A. 2012. Common pesticide decreases foraging success and survival in honeybees. *Science*, 336(6019), 348-50. <https://doi.org/10.1126/science.1215039>
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. 2020. Comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acessado em: 20 jan. 24
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Censo da pecuária 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>. Acessado em: 05 fev. 24
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Mapa- mel de abelha. Valor da Produção em Mato Grosso. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/mt>. Acessado em: 18 abr. 24
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Produção de mel no estado de Mato Grosso. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/mt>. Acessado em: 28 jan. 24
- Imperatriz-Fonseca, V.L. & Alves, D.A. 2020. Stingless bees of Pará: Based on the scientific expeditions of João MF Camargo (Belém: Instituto Tecnológico Vale), Belém, PA. 284p.
- Imperatriz-Fonseca, V.L. Gonçalves, L.S., Franco, T.M. & Nunes-Silva, P. 2012. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. *Doc. Embrapa Semi-Árido*, 249, 210-233.
- INDEA. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. 2022. Sanidade animal: Saúde das abelhas. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/servicos?c=6098838&e=12130069>. Acessado em: 23 maio 24
- INDEA. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. 2023. Sanidade animal e vegetal. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/uso-indevido-de-agrot%C3%B3xico-causou-mortalidade-de-abelhas-em-sorriso>. Acessado em: 28 jul. 24
- Kerckes, S., Gasic, U., Velickovic, T.C., Milojkovic-Opšenica, D., Natic, M. & Tesic, Z. 2013. The determination of phenolic profiles of serbian unifloral honeys using ultra-high-performance liquid chromatography/high resolution accurate mass spectrometry. *Food Chemistry*, 138(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.025>
- Khodashenas, E., Aelami, M. & Balali-Mood, M. 2015. Mercury poisoning in two 13-year-old twin sisters. *Journal of Research in Medical Sciences*, 20(3), 308-311.
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Blazejak, S., Smigiel, A.C. & Wolska, I. 2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.021>

- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Dewenter, I.S., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274, 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Klein, A.M., Freitas, B.M., Bomfim, I.G.A., Boreux, V., Fornoff, F. & Oliveira, M.O. 2020. Insect pollination of crops in Brazil: A guide for farmers, gardeners, politicians and conservationists. *Nature Conservation and Landscape Ecology*, 162p. <https://doi.org/10.6094/UNIFR/151200>
- Luo, H., Cheng, Q. & Pan, X. 2020. Photochemical behaviors of mercury (Hg) species in aquatic systems: A systematic review on reaction process, mechanism, and influencing factor. *Science of The Total Environment*, 10, 720. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137540>
- Ma, D.H. & Wang, D. 2019. A new perspective is required to understand the role of forest ecosystems in global mercury cycle: A Review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102(5), 650-656. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02569-2>
- Maia-Silva, C., Hrncir, M., Giannini, T.C., Toledo-Hernández, M. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2024. Small Amazonian stingless bees: An opportunity for targeted cocoa pollination. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1357811. <https://doi.org/10.3389/frbee.2024.1357811>
- Mair, K.S., Irrgeher, J. & Haluza, D. 2023. Elucidating the role of bees as biomonitors in Environmental Health Research. *Insects*, 14, 874. <https://doi.org/10.3390/insects14110874>
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2000. Instrução Normativa nº11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/copy_of_suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-mel-e-produtos-apicolas. Acessado em: 27 maio 24
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018. Relatório Final, Inventário Nacional de Emissões e Liberações de Mercúrio no âmbito da Mineração Artesanal e de Pequena Escala no Brasil, Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/implementa%C3%A7%C3%A3o-da-conven%C3%A7%C3%A3o.html>. Acessado em: 10 mar. 24
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2022. Lei nº 7.802/89. Dispõe sobre definição e uso de agrotóxicos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acessado em: 07 jun. 24
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. Instrução Normativa Conjunta nº1, de 28 de dezembro de 2012. Diário Oficial da União. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-conjunta-n-1-de-28-de-dezembro-de-2012-30152472>. Acessado em: 20 maio 24
- MAPBIOMAS. 2022. Destaques do mapeamento anual de mineração e garimpo no Brasil de 1985 a 2021. MINERAÇÃO. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download-dos-atbds>. Acessado em: 20 mar. 24
- Mariano, A.M.C., Domingos-Melo, A., Silva, E.G., Santos, A.M., Ribeiro, M.F. & Milet-Pinheiro, P. 2024. Where the risk is more intense: Riparian forests keep the euglossine bees community most affected by anthropic disturbance in the Caatinga dry forest. *Urban Ecosystems*, 27, 1551–1564. <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01531-3>

- Martoredjo, I., Santos, L.B.C., Vilhena, J.C.E., Rodrigues, A.B.L., Almeida, A., Passos, C.J.S. & Florentino, A.C. 2024. Trends in mercury contamination distribution among human and animal populations in the Amazon Region. *Toxics*, 12(3), 204. <https://doi.org/10.3390/toxics12030204>
- McLagan, D.S., Stupple, G.W., Darlington, A., Hayden, K. & Steffen, A. 2021. Where there is smoke there is mercury: Assessing boreal forest fire mercury emissions using aircraft and highlighting uncertainties associated with upscaling emissions estimates. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 5635-5653. <https://doi.org/10.5194/acp-21-5635-2021>
- Menezes, C. 2018. A relação da agricultura com a atividade de criação das abelhas. *In*: Neto, A., Menezes, C. Desafios e recomendações para o manejo e o transporte de polinizadores. Associação brasileira de Estudos das Abelhas. São Paulo, SP. 100p.
- Moda, L.M., Vieira, J., Guimarães, F.A.C., Bonatti, V., Bomtorin, A.D. & Barchuk, A.R. 2013. Nutritionally driven differential gene expression leads to heterochronic brain development in honeybee castes. *Plos One*, 8, 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064815>
- Moron, D., Szentgyörgyi, H., Piotr-Skorka, S., Potts, S.G. & Woyciechowski, M. 2014. Survival, reproduction and population growth of the bee pollinator, *Osmia rufa* (Hymenoptera: Megachilidae), along gradients of heavy metal pollution. *Insect Conservation and Diversity*, 7, 113-121. <https://doi.org/10.1111/icad.12040>
- Moure, J.S., Melo, G.A.R. & Faria-Jr, L.R.R. 2012. Euglossini Latreille, 1802. *In*: Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region (J.S. Moure, D. Urban & G.A.R. Melo, eds.). online version. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acessado em: 20 maio 24
- Nascimento, A.J.S., Martins, E.A., Junior, J.N. & Silva, F.G.M. 2022. Abelha rainha (*Apis mellifera*). *Tekhne e Logos*, 13(1), 14-27.
- Nascimento, K.S., Sattler, J.A.G., Macedo, L.F.L., González, C.V.S., Melo, I.L.P., Araújo, E.S., Granato, D., Sattler, A., Almeida-Muradian, L.B. & Granato, D. 2018. Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of brazilian *Apis mellifera* honeys. *Food Science and Technology*, 91, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.016>
- Natasha, S.M., Khalid, S., Bibi, I., Bundschuh, J., Khan, N.N. & Dumat, C. 2020. A critical review of mercury speciation, bioavailability, toxicity and detoxification in soil-plant environment: Ecotoxicology and health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 711, 134749. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134749>
- Negrão, A.F. 2017. Efeito da nutrição no perfil metaloproteômico da geleia real produzida por abelhas *Apis mellifera* L. Repositório Institucional UNESP. Tese de Doutorado. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/ed1a401e-0b4e-4e53-a40e-14acf0802278>. Acessado em: 24 jan. 24
- Nemésio, A. & Rasmussen, C. 2011. Nomenclatural issues in the orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) and na updated catalogue. *Zootaxa*, 30, 1-42. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3006.1.1>
- Nemésio, A. & Silveira, F.A. 2010. Forest fragments with larger core areas better sustain diverse orchid bee faunas (Hymenoptera: Apidae: Euglossina). *Neotropical Entomology*, 39(4), 555-56. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000400014>

- Nemésio, A. 2013. Are orchid bees at risk? First comparative survey suggest declining populations of forest-dependent species. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 367-374. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000200017>
- Nicolson, S. 2020. Nectar. In: Starr, C. *Encyclopedia of Social Insects*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4_82-1
- Oliveira, M.A., Gomes, C.F.F., Pires, E.M., Marinho, C.G.S. & Della-Lucia, T.M.C. 2014. Bioindicadores ambientais: Insetos como um instrumento desta avaliação. *Revista Ceres*, 68, 800-807. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000005>
- Oliveira, M.L., Brown, J.C. & Moreira, M.P. 2017. Highway infrastructure, protected areas, and orchid bee distribution and conservation in the Brazilian Amazon. *Journal of Environmental Protection*, 8, 923-939. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2017.88058>
- Oliveira-Junior, J.M., Almeida, S.M., Rodrigues, L., Silvério-Junior, J. & Anjos-Silva, E.J. 2015. Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone cerrado Amazonian forest, Brazil. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 67-78. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.41122>
- Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. 2011. "How many flowering plants are pollinated by animals?" *Oikos*, 120(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Orr, M.C., Hughes, A.C., Chesters, D., Pickering, J., Zhu, C.D. & Ascher, J.S. 2020. Global patterns and drivers of bee distribution. *Current Biology*, 31, 451-458. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.053>
- Orsi, R.O., Lunardini, J.S. & Zaluski, R. 2017. Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides Fipronil and Imidacloprid in Africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 64(1), 50-56. <http://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i1.1190>
- Pereira, K.C., Pierangeli, M.A.P. & Galbiati, C. 2020. Potencial do mel orgânico como alternativa de desenvolvimento rural sustentável em Mato Grosso. *Revista Equador*, 9(4), 40-55. <http://dx.doi.org/10.26694/equador.v9i4.11464>
- Peruquetti, R.C. & Campos, L.A.O. 1997. Aspectos da biologia de *Euplusia violacea* (Blanchard) (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(1), 79-81. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751997000100009>
- Pinheiro, M., Gaglianone, M.C., Nunes, C.E.P., Sigrist, M.R. & Santos, I.A. 2014. Polinização por abelhas. In: Rech, A.R., Agostini, K., Oliveira, P.E., Machado, I.C. (Org.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 205-233.
- Pires, C.S.S., Pereira, F.M., Lopes, M.T.R., Ferreira, R.C., Malaspina, O., Pettis, J.S. & Teixeira, E.W. 2016. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: Há casos de CCD? *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 422-442. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500003>
- Pohl, P., Bielawska-Pohl, A., Dzimitrowicz, A., Jamroz, P., Welma, M., Lesniewicz, A. & Szymczycha, A. 2017. Recent achievements in element analysis of bee honeys by atomic and mass spectrometry methods. *Trends in Analytical Chemistry*, 93, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.05.009>
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W.E. 2010. Global Pollination Declines: Trends, impact and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25, 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J. & Vanbergen, A.J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 8(540), 220-229. <http://dx.doi.org/10.1038/nature20588>
- Queiroz-Rolim, M.B., Prestes de Andrade, G., Queiroz-Rolim, A.M., Ferreira-Queiroz, A.P., Samico, F.C.E.F.T., Moura, L.A.P.B. & Lima, F. 2018. Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil: Revisão. *Medicina Veterinária*, 12(1), 73-81. <https://doi.org/10.26605/medvet-v12n1-2154>
- Ramírez, S.R. 2019. Pollinator specificity and seasonal patterns in the euglossine bee-orchid mutualism at La Gamba Biological Station. *Acta Zoologisch Botanische Austria*, 156, 171-181.
- Ramírez, S.R., Roubik, D.W., Skov, C. & Pierce, N.E. 2010. Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of Euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 100(3), 552-572. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01440.x>
- Ramírez, S., Dressler, R.L. & Ospina, M. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Lista de espécies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3(1), 7-118
- Rocha-Filho, L.C., Montagnana, P.C., Boscolo, D. & Garófalo, C.A. 2020. Species turnover and low stability in a community of euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) sampled within 28 years in an urban forest fragment. *Apidologie*, 51, 921-934. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00772-3>
- Rogers, S.R., Tarpy, D.R. & Burrack, H.J. 2014. Bee species diversity enhances productivity and stability in a perennial crop. *Plos One*, 9(5), e97307. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0097307>
- Rosa, J.M., Arioli, C.J., Nunes-Silva, P. & Gracia, F.R.M. 2019. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação? *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 18(1), 154-162. <http://dx.doi.org/10.5969/223811711812019154>
- Rossi, C.A., Roat, T.C., Tavares, D.A., Cintra-Socolowski P. & Malaspina, O. 2013. Effects of sublethal doses of Imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Microscopy Research and Technique*, 76(5), 552-558. <http://dx.doi.org/10.1002/jemt.22199>
- Roubik, D.W. & Hanson, P.E. 2004. Orchids bees of tropical america: Biology and field guide. INBio Press, Heredia. Costa Rica, 370p
- Sampaio, A.B. & Schimdt, I.B. 2013. Diagnóstico e controle de espécies exóticas invasoras em áreas protegidas. *Biodiversidade Brasileira*, 3, 32-49. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v3i2>
- Schafaschek, T.P. 2020. Seleção e produção de rainhas de abelhas *Apis mellifera*. *Epagri. Boletim Técnico*, 190. 69p.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, P., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C.H., Liess, M., Long, E., Mcfield, M., Mineau, P., Mitchell, E.A., Morrissey, C. A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Stark, J.D., Tapparo, A., Van, D.H., Van, P.J., Van, S. J.P., Whitehorn, P.R. & Wiemers, M. 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and

- fipronil): Trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 5-34. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Snustad, D.P. & Simmons, M.J. 2013. Fundamentos de Genética: A base cromossômica do mendelismo. Rio 114p.
- Sousa, F.G., Santos, J.S., Martello, F., Diniz, M.F., Bergamini, L.L., Ribeiro, M.C., Collevatti, R.G., & Silva, D.P. 2022. Natural habitat cover and fragmentation per se influence orchid-bee species richness in agricultural landscapes in the Brazilian Cerrado. *Apidologie*, 53(20), 2-16. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00925-6>
- Storck-Tonon, D. & Peres, C.A. 2017. Forest patch isolation drives local extinctions of amazonian orchid bees in a 26 year old archipelago. *Biological Conservation*, 214, 270-277. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.018>
- Storck-Tonon, D., Morato, E.F., Melo, A.W.F. & Oliveira, M.L. 2013. Orchid bees of forest fragments in Southwestern Amazonia. *Biota Neotropica*, 13(1), 133-141. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000100015>
- Tang, Z., Fan, F., Deng, S. & Wang, D. 2020. Mercury in rice paddy fields and how does some agricultural activities affect the translocation and transformation of mercury-A critical review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202(1), 110950. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110950>
- Tomazini, C.G. & Grossi, S.G. 2019. A importância da apicultura para o agronegócio brasileiro. VI SIMTEC-Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga- Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. Disponível em: <https://agrocursos.com.br/a-importancia-da-apicultura-para-o-agronegocio/>. Acessado em: 26 jun. 24
- Torné-Noguera, A. Anselm, R., Arnan, X., Osório, S., Barril-Graells, H., Rocha-Filho, L. & Bosch, J. 2014. Determinants of spatial distribution in a bee community: Nesting resources. *PloS One*, 9, 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097255>
- UN. Environment Programme. 2019. Minamata Convention on Mercury. Disponível em: <https://minamataconvention.org/en>. Acessado em: 17 jun. 24
- Van-Der-Steen, J.M., Kraker, J. & Grotenhuis, T. 2012. Spatial and temporal variation of metal concentrations in adult honey bees (*Apis mellifera* L.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 7, 4119-4126. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2248-7>
- Vanengelsdorp, D., Evans, J.D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B.K., Frazier, M., Frazier, J., Cox-Foster, D., Chen, Y., Underwood, R., Tarpy, D.R. & Pettis, J.S. 2009. Colony Collapse Disorder: A descriptive study. *PloS One*, 4(8), e6481. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>
- Viana, T.A., Martins, F.N. & Lourenço, A.P. 2021. The orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of a Neotropical savanna: An efficient protocol to assess bee community and diversity along elevational and habitat complexity gradients. *Neotropical Entomology*, 50, 748-758. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00899-7>
- Vidal, M.F. 2021. Mel natural: Cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. Ano 6. 157
- WHO. World Health Organization. 2021. Abordar o tema da saúde ao desenvolver planos nacionais de ação acerca da extração de ouro artesanal e em pequena escala ao abrigo da Convenção de Minamata sobre o mercúrio. Genebra: Organização Mundial da Saúde.

- Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19.9>. Acessado em: 10 jun. 24
- WHO. World Health Organization. 2014. Public health impacts of exposure to mercury and mercury compounds: The role of WHO and ministries of public health in the implementation of the Minamata Convention. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/resolution-wha67.11.-public-health-impacts-of-exposure-to-mercury-and-mercury-compounds-the-role-of-who-and-ministries-of-public-health-in-the-implementation-of-the-minamata-convention>. Acessado em: 08 jun. 24
- Winston, M. 2003. A biologia da abelha. Porto Alegre. Magister, 276p.
- Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A.R., Varassin, I.G., Freitas, M.M., Freitas, L., Tavares, L.C., Bueno, R.O. Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A.M., Silva, C.I. & Padgurschi, M.C.G. 2019. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. Cubo, 184 p. <http://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>
- Yang, E.C., Chuang, Y.C., Chen, Y.L. & Chang, L.H. 2008. Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honeybee (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology, 101(6), 1743-1748. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-101.6.1743>
- Yin, R., Chen, D., Pan, X., Deng, C., Chen, L., Song, X., Yu, S., Zhu, C., Wei, X., Xu, Y., Feng, X., Blum, J.D. & Lehmann, B. 2022. Mantle Hg isotopic heterogeneity and evidence of oceanic Hg recycling into the mantle. Nature communications, 13(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28577-1>
- Yuan, T., Huang, S., Zhang, P., Song, Z., Ge, J., Miao, X., Wang, Y., Pang, Q., Peng, D., Wu, P., Shao, J., Zhang, P., Wang, Y., Guo, H., Guo, W. & Zhang, Y. 2024. Potencial decoupling of CO² and Hg uptake process by global vegetation in the 21st century. Nature Communications, 15, 4490. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48849-2>
- Zaluski, R., Bittarello, A.C., Vieira, J.C.S. & Fanta, M.R. 2020. A expansão do agronegócio: Impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. Scientific Reports, 10(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-59070-8>
- Zattara, E.E. & Aizen, M.A. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. One Earth, 4, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>
- Zhou, J.D.B., Wang, Z.Z.W., Xu, L.F.X., Liu, X. & Zhou, J. 2019. Distributions and pools of lead (Pb) in a terrestrial forest ecosystem with highly elevated atmospheric Pb deposition and ecological risks to insects. Science of the Total Environment, 10(647), 932-941. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.091>
- Zucchi, R., Sakagami S.F. & Camargo, J.M.F. 1969. Biological observations on a Neotropical parasocial bee, *Eulaema nigrita*, with a review on the biology of Euglossinae (Hymenoptera, Apidae). A comparative study. Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University Ser. VI, Zool. 17. 271-380

CAPÍTULO I

Assembleia de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) e contaminação por mercúrio em ambientes antropizados no Sul da Amazônia: Subsídios à conservação do ambiente natural

Será submetido para Water, Air, & Soil Pollution

Assembleia de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) e contaminação por mercúrio em ambientes antropizados no Sul da Amazônia: Subsídios à conservação do ambiente natural

Euglossini assemblage (Hymenoptera: Apidae) and mercury contamination in anthropized environments in Southern Amazonia: Subsidies for the conservation of the natural environment

Kleber Solera^{a*}, Franciele de Freitas^a, Juliane Dambros^a, Gleyce Alves Machado^b, Ricardo Lopes Tortorela de Andrade^a, Leandro Dênis Battirola^{a,c}

^aFederal University of Mato Grosso, Institute of Natural, Human and Social Sciences, Graduate Program in Biotechnology and Biodiversity – Pró-Centro-Oeste, Av. Alexandre Ferronato, 1.200, 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brazil.

^bFederal University of Catalão, Institute of Biotechnology, Câmpus I: Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1.120, 75704-020, Catalão, Goiás, Brazil.

^cFederal University of Mato Grosso, Department of Forest Engineering, Faculty of Forest Engineering. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2.367, 78060-900, Cuiabá – Mato Grosso, Brazil.

*Autor correspondente: solera.keuglossini2017@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2331-9941>

Resumo

As alterações do estado natural do meio ambiente estão cada vez mais frequentes e acentuadas, incluindo a região Amazônia. Neste estudo, avaliamos o potencial uso de abelhas de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) como bioindicadoras de qualidade ambiental em área de floresta nativa, floresta em estágio de regeneração e floresta degradada, além de avaliar-se contaminação por Hg na biomassa de *Eulaema cingulata*. As amostragens ocorreram entre março de 2021 e maio de 2023, no Sul da Amazônia Legal. Ao todo foram coletados 362 machos de Euglossini, representando 29 espécies, sendo 177 indivíduos em área de floresta nativa (49%.; 22 spp.), seguido pela área degradada com 104 exemplares (28,7%.; 20 spp.), e floresta em regeneração com 81 indivíduos (22,3%.; 23 spp.). A abundância da assembleia de Euglossini variou entre as áreas (MANOVA: Df = 2; Pillai = 1.166; p < 0,016). Também foi constatado diferença na interação abundância x área x sazonalidade (ANOVA: Df = 2; F = 14,29; p < 0.001). Dessa maneira observa-se que os diferentes estágios de conservação de ambientes naturais ao Sul da Amazônia Legal influenciam a estrutura da assembleia de Euglossini. Apesar da riqueza de espécies ser similar entre as áreas, espécies como *Eufriesea ornata*, *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Eulaema bombiformis*, e *Exaerete frontalis* se apresentam como bioindicadoras de ambientes conservados na região sul da Amazônia. Com relação à contaminação ambiental por

mercúrio, constatou-se que mesmo com a presença de mercúrio no ambiente, conforme constatado pelas análises de plantas e solos, não se detectou o metal na biomassa de *Eulaema cingulata*, evidenciando que a espécie é resiliente, resistindo em ambientes antropizados/contaminados pelo metal.

Palavras-chave: Abelhas solitárias. Conservação. Garimpos de ouro. Metal pesado.

Abstract

Changes in the natural state of the environment are increasingly frequent and accentuated, including in the Amazon region. In this study, we evaluated the potential use of Euglossini bees (Hymenoptera, Apidae) as bioindicators of environmental quality in native forest area, forest in regeneration stage and degraded forest, in addition to evaluating Hg contamination in *Eulaema cingulata* biomass. The samplings took place between March 2021 and May 2023, in the South of the Legal Amazon. In all, 362 males of Euglossini were collected, representing 29 species, 177 of which were in an area of native forest (49%.; 22 spp.), followed by the degraded area with 104 specimens (28.7%; 20 spp.), and regenerating forest with 81 individuals (22.3%.; 23 spp.). The abundance of the Euglossini assemblage varied between the areas (MANOVA: Df = 2; Pillai = 1,166; $p < 0.016$). A difference was also found in the interaction abundance x area x seasonality (ANOVA: Df = 2; $F = 14.29$; $p < 0.001$). Thus, it is observed that the different stages of conservation of natural environments in the South of the Legal Amazon influence the structure of the Euglossini assemblage. Although the species richness is similar between the areas, species such as *Eufriesea ornata*, *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Eulaema bombiformis*, and *Exaerete frontalis* are bioindicators of conserved environments in the southern Amazon region. Regarding the environmental contamination by mercury, it was found that even with the presence of mercury in the environment, as verified by the analyses of plants and soils, the metal was not detected in the biomass of *Eulaema cingulata*, showing that the species is resilient, resisting in anthropized/contaminated environments by the metal.

Keywords: Solitary bees. Conservation. Gold mines. Heavy metal.

1 Introdução

As mudanças no uso e ocupação do solo constituem um dos principais fatores que influenciam a degradação do ambiente e a perda da biodiversidade em função das alterações do estado natural das paisagens (Fahrig et al., 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Dentre as ações que provocam estas mudanças, de forma acentuada e recorrente, está o cultivo das *commodities*, que ocupa extensas áreas de terra, demandando grande quantidade de insumos, incluindo agrotóxicos (Pignati et al., 2015; Faita et al., 2021). Além da agricultura, destacam-se a expansão dos perímetros urbanos, da mineração e de polos industriais, provocando, consequentemente, a fragmentação das florestas (Coutinho et al., 2020; Gerson et al., 2022), comprometendo a sustentabilidade dos recursos naturais e da estrutura biótica (Duarte et al., 2018; Sousa et al., 2022).

As atividades humanas, especificamente o uso e ocupação do solo de forma desordenada, além de alterar as relações ecológicas, libera grandes quantidades de contaminantes para o ambiente, incluindo metais pesados como As, Cd, Pb, Hg e Cr (Phol et al., 2017; Fischer et al., 2022). O mercúrio (Hg^0) é um dos metais pesados que trazem maior prejuízo à saúde dos ecossistemas e à saúde humana, devido ao seu potencial de bioacumulação ou biomagnificação nos sistemas biológicos e cadeia trófica (Gworek et al., 2020; Yuan et al., 2024). Este metal é responsável por causar doenças graves nos seres humanos, seja pela inalação (Zhou et al., 2019) ou consumo de alimentos ou água contaminados (Basta et al., 2023; WHO, 2024). O Hg tem origem em fontes naturais como intemperismo, atividades geológicas, erupções vulcânicas e incêndios naturais (Gworek et al., 2020), bem como de fontes antropogênicas como indústrias, resíduos de produtos agrícolas, queimadas e mineração ilegal (Gonzalez-Reguero et al., 2023).

No Sul da Amazônia Legal, a Mineração Artesanal e em Pequena Escala de Ouro (MAPEO) constitui uma das maiores fontes de liberação de Hg^0 para o ambiente (Brown et al., 2020; Fisher et al., 2022; Casagrande et al., 2023; Freitas et al., 2024; Solera et al., 2024). Além das MAPEOs, a queima da biomassa, desprende o Hg armazenado na matéria orgânica de plantas e solo (Zhang et al., 2019; Mclangan et al., 2021). Uma vez na atmosfera, as partículas de Hg^0 podem ser transportadas e dispersadas por longas distâncias, oxidando-se em Hg^{2+} e afetando ecossistemas distantes dos locais de sua origem (Zhou et al., 2019, Liu et al., 2020).

O Hg dispersado na atmosfera se sedimenta sobre as estruturas da floresta incluindo frutos, folhas e flores (Liu & Tran, 2021). Parte desta massa é estocada na floresta que atua como reservatório advindo destas fontes (Casagrande et al., 2023; Feinberg et al., 2024). No

Sul da Amazônia, as florestas recebem o Hg oriundo das indústrias, das MAPEOs e das queimadas frequentes na região (Yuan et al., 2022; Casagrande et al., 2023; Freitas et al., 2024). Neste ciclo, após a decomposição da matéria orgânica, parte retorna para a atmosfera, parte permanece depositada nos estratos florestais, e parte lixivia no solo, podendo contaminar os corpos hídricos (Sun et al., 2019; Gerson et al., 2022; Bora et al., 2023), bem como os peixes, população ribeirinha e povos tradicionais (Basta et al., 2023).

Neste sentido, o biomonitoramento torna-se fundamental no processo de diagnóstico e de prevenção de desequilíbrios e contaminações ambientais, a fim de resguardar a sustentabilidade e equilíbrio ambiental (BRASIL, 2024). Entre os organismos utilizados no biomonitoramento, os insetos são amplamente citados como ferramentas de controle e avaliação do meio (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; Reboloso-Hernández et al., 2023, 2024). As abelhas se destacam neste quesito por possuírem características específicas, quanto ao fornecimento de respostas rápidas e eficazes diante de alterações do estado natural do meio, devido ao reflexo direto em sua estrutura e população (Astolfi et al., 2021; Cagni et al., 2021).

As Euglossini (Apidae, Hymenoptera), conhecidas como abelhas das orquídeas, seguem esse padrão e refletem diretamente nas alterações ocorridas no ambiente (Allen et al., 2019). Isso ocorre porque essas abelhas possuem uma estreita relação com o meio biótico e abiótico em função de seus comportamentos e estruturas populacionais (e.g. Gonçalves & Faria, 2021; Carneiro et al., 2021), com impactos sobre as taxas de polinização (Ramirez, 2019). Dentre as Euglossini, *Eulaema cingulata*, uma espécie com ampla ocorrência, é reconhecida por sua rusticidade e adaptação para sobreviver em ambientes antropizados sob mudanças de variáveis ambientais (Rocha-Filho et al., 2020; Viana et al., 2021; Sousa et al., 2022).

A porção Sul da Amazônia Legal, constituiu um importante polo de exploração mineral, agrícola e pecuária, sendo as áreas de vegetação nativa, pressionadas constantemente por essas ações econômicas, fazendo com que tenhamos formações florestais sob diferentes estágios de conservação e/ou exploração. Dessa maneira, considerando o potencial das Euglossini, enquanto bioindicadoras do estágio de conservação dos ambientes, este estudo avaliou sua assembleia em áreas sob diferentes estágios de conservação em área de exploração de garimpos de ouro. Nesta perspectiva, busca-se elucidar os seguintes questionamentos: i) Assembleias de Euglossini são influenciadas por diferentes estágios de conservação de ambientes naturais no Sul da Amazônia Legal? ii) Quais espécies de Euglossini podem ser consideradas potenciais bioindicadoras do estado natural de conservação do ambiente? iii) A espécie *Eulaema cingulata*, devido à sua abundância e resistência, pode ser utilizada como bioindicadora da contaminação ambiental por mercúrio?

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia do rio Renato, com amostragens contemplando três áreas distintas: floresta nativa, floresta em estágio de regeneração e floresta degradada por queimadas (Figura 1), inseridas em região com exploração garimpeira de ouro (MAPEOs). A região selecionada compreende a porção ao sul da Amazônia Legal (AL), criada com finalidade de promover o desenvolvimento incluyente e sustentável, além da integração competitiva da base produtiva regional na economia nacional e internacional (Fernandes, 2024). A AL é formada por 772 municípios, distribuídos entre nove estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão), correspondendo cerca de 58,9% do território brasileiro (IBGE, 2022).

A bacia do rio Renato está localizada no Médio Teles Pires (Marques et al., 2019), com área de drenagem de 1.336,048 km², sendo a nascente do rio localizado no município de Cláudia - MT, e foz em Itaúba - MT (Alves et al., 2022). O clima da região é do tipo tropical de savana (AW), com temperaturas médias de 22 °C com estações de seca (maio-setembro) e chuva (outubro-abril) bem definidas, variando entre 1.800 e 2.200 mm. Região caracteriza por floresta tropical de vegetação densa e porte grande das árvores (Souza et al., 2013). O estudo foi desenvolvido entre abril de 2021 e maio de 2023.

Caracterização das áreas de florestas monitoradas:

- ✓ Floresta nativa: (11,5235S - 55,2015W), distante a 141 km das MAPEOs mais próximas, com aproximadamente 4.500 hectares, localizada na região de nascente do rio Renato, tida como padrão do estado natural de conservação, com vegetação nativa da floresta amazônica, localizada no município de Cláudia/MT (Figura 2a);
- ✓ Floresta degradada: (11,3154S - 55,2418W), área de aproximadamente 430 hectares, distante a 119 km das MAPEOs mais próximas, e 85 km da nascente, caracterizada por floresta degradada por queimadas ocorridas no ano de 2019, localizada no município de Itaúba/MT (Figura 2b);
- ✓ Floresta em estágio de regeneração: (11,2442S - 55,1954W), área de aproximadamente 74 hectares, localizada cerca de 104 km das MAPEOs mais próximas, e 100 km da nascente, caracterizada como floresta em estágio de regeneração do estado natural após exploração madeireira, localizada no

município de Itaúba/MT, situada ao norte das áreas amostradas da floresta nativa e degradada (Figura 2c);

2.2 Delineiamento amostral

Foram delimitadas cinco trilhas de 150 m em cada uma das áreas de amostragem, a partir de 100 m da borda da floresta, distanciadas umas das outras por 50 m. Em cada trilha foram instaladas seis armadilhas separadas entre si por 25 m, identificadas com informações acerca das coordenadas geográficas e das respectivas essências atrativas utilizadas: Benzoato de Benzila, Cineol, Eucaliptol, Eugenol, Salicilato de Metila e Vanilina. Ao todo, foram instaladas 30 armadilhas por trilha, permanecendo em campo por 24h. As armadilhas de garrafa PET de 2L (e.g. Campos et al., 1989), utilizadas para captura das abelhas, foram fixadas sobre o galho das plantas a 1/5m de altura do solo com auxílio de arame flexível, em seu interior foram fixados chumaços de algodão umedecidos com as essências atrativas. Foram realizadas 18 amostras, seis em cada área, com instalação de 270 armadilhas no período de seca e 270 armadilhas no período de chuva, totalizando 540 armadilhas e 2.960 horas de amostragem.

As abelhas amostradas foram triadas e identificadas ao nível de gênero no Laboratório de Arachnida e Myriapoda da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. A identificação em níveis específicos foi efetuada no Laboratório de Zoologia/CPEDA - Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Tangará da Serra. O material encontra-se depositado na Coleção Entomológica do Acervo Biológico da Amazônia Meridional, Campus de Sinop/MT.

Para as análises de mercúrio no ambiente foram analisadas 71 amostras de solos e 63 amostras de plantas, distribuídas entre as áreas de monitoramento. A amostragem de plantas (estruturas foliares) sob diferentes estratos da floresta, com triplicata das plantas mais abundantes em um quadrante de 5m² em cada área. Da mesma forma, foram coletadas amostras de solo entre as três áreas, posteriormente, as amostras foram unificadas e quarteadas em laboratório conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001), a fim de representar todo solo do ponto da coleta.

2.3 Preparo das amostras e determinação de Hg

As amostras de abelhas, solos e plantas foram secas em estufa com circulação de ar a 60 °C até peso constante, após, as abelhas e plantas foram trituradas e peneiradas em peneira de

2 mm. Para as análises foram utilizadas aproximadamente 0,3 g da biomassa, pesada em balança digital com precisão de ± 0.1 mg. Posteriormente, a massa foi depositada em tubos de digestão. Para a digestão foi adicionado em cada amostra 1 mL de água destilada, 5,0 mL de ácido sulfúrico P.A (H_2SO_4) e 2,0 mL de solução nitro-perclórica $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ (1:1). Os tubos foram aquecidos em bloco digestor a 230 °C durante 30 min (Akagi & Nishimura, 1991) em capela de exaustão. Após o resfriamento, as amostras foram diluídas com água destilada em balões volumétricos de 25 mL, metodologia também aplicada por Casagrande et al. (2023), Freitas et al. (2024) e Solera et al. (2024), em análises de solos, plantas, abelhas, mel e cera de abelha.

A concentração de Hg foi determinada em equipamento de espectroscopia de absorção atômica Agilent, AA240FS, equipado com acessório para geração de vapor VGA77, utilizando metodologia de Akagi & Nishimura (1991). A curva de calibração foi preparada a partir de solução padrão 1000 mg L^{-1} rastreável ao NIST (National Institute of Standards and Technology), marca Specsol®.

O Limite de Detecção (LD), definido como a média de dez brancos mais três vezes o desvio padrão (Neto et al., 2012), foi de 21,9 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para abelhas e o Limite de Quantificação (LQ), definido como a média de dez brancos mais dez vezes o desvio padrão (Neto et al., 2012) foi de 51,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. O Limite de Detecção (LD) do equipamento foi de 0,26 $\mu\text{g L}^{-1}$ e o Limite de Quantificação (LQ) foi de 0,62 $\mu\text{g L}^{-1}$. O LD nas amostras foi calculado com base no LD do instrumento, quantidade de amostra e fator de diluição. Neste experimento, usamos 300 mg de amostra e um fator de diluição 2. Para solos e plantas o LD foi de 0,08 $\mu\text{g L}^{-1}$ na solução da amostra e 6,67 $\mu\text{g kg}^{-1}$ na amostra sólida enquanto o LQ foi de 0,16 $\mu\text{g L}^{-1}$ na solução da amostra e 13,3 $\mu\text{g kg}^{-1}$ na amostra sólida). A precisão e exatidão do método foi determinada a partir de amostras fortificadas com três diferentes concentrações de Hg, e sete réplicas para cada concentração. Os valores médios de recuperação e Coeficiente de Variação (CV) para abelhas foram de 114,5% e 15,1%, respectivamente; para solos e plantas foram de 102% e 6,12%, respectivamente.

2.4 Análise da concentração de mercúrio (Hg)

Nove amostras de *Eulaema cingulata* foram utilizadas para a avaliação da concentração de Hg em sua biomassa, sendo três amostras por área. Essas abelhas foram selecionadas para análise de Hg devido a frequente ocorrência nas áreas, amplo campo de forrageamento, permanência em contato direto com o ar, água, solo, e estruturas reprodutivas das plantas, bem como pela viabilidade de amostragem, elementos que as caracterizam como boas

bioindicadoras do estado natural do ambiente (e.g. Gutiérrez et al., 2020; Rocha-Filho et al., 2020; Astolfi et al., 2021; Cagni et al., 2021; Viana et al., 2021; Sousa et al., 2022).

As amostras de abelhas e solos foram acondicionadas em recipientes de plástico previamente higienizados e devidamente identificados. As réplicas das folhas foram organizadas em sacos de plástico, devidamente identificadas em relação à planta e ao estrato. O material testemunho das réplicas foi separado em exsicata com registros de imagem do ambiente e da planta, devidamente etiquetada e ordenada para identificação e depósito. As demais réplicas entre as amostras foram armazenadas em caixa térmica com gelo e transportadas para o Laboratório de Metais Traço (LABMET), da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus de Sinop, para realização das análises químicas. Todo o material foi mantido em congelador a -20°C, até o momento da realização das análises. O material testemunho referentes às plantas está depositado no Herbário-Centro-Norte Mato-grossense do Acervo Biológico da Amazônia Meridional da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop (ABAM/UFMT).

2.5 Análise de dados

A variação na composição da assembleia de Euglossini entre as áreas monitoradas foi avaliada com base na abundância (número de indivíduos) e riqueza de espécies (presença e ausência) pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando o Índice de Dissimilaridade de Bray-Curtis para abundância, e o Índice de Jaccard para dados de riqueza. Esta análise reduz a dimensionalidade da base de dados a dois ou mais eixos, resultando na geração de componentes principais que representam os eixos que explicam as maiores variações nestes dados, permitindo melhor visualização e interpretação. Posteriormente, os eixos resultantes da PCoA foram utilizados para avaliar a diferença nas assembleias entre áreas pela Análise de Variância Multivariada (MANOVA). A comparação dos dados de abundância e riqueza de Euglossini foi efetuada pela Análise de Variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, quando detectada diferença significativa. A eficiência amostral das áreas foi avaliada por meio da curva de acumulação de espécies e pelo estimador de riqueza não paramétrico Jackknife 1. A normalidade dos dados foi validada por Shapiro-Wilk. Todas as análises foram efetuadas pelo programa R (R Core Team 2018), utilizando o pacote Vegan (Oksanen et al., 2018).

3 Resultados

Ao todo foram amostrados 362 machos de Euglossini, distribuídos entre quatro gêneros e 29 espécies. A maior abundância ocorreu para o gênero *Eulaema* Lepeletier de Saint Fargeau, 1841 (204 ind.; 56,3%), seguido por *Euglossa* Latreille, 1802 (127 ind.; 35,1%), *Exaerete* Hoffmannsegg, 1871 (28 ind.; 7,7%), e *Eufriesea* Cockerell, 1908 (3 ind.; 0,9%). Em relação ao número de espécies, *Euglossa* foi o mais rico (18 spp.; 60%), seguido por *Eulaema* (6 spp.; 20%), *Eufriesea* (3 spp.; 10%), e *Exaerete* (2 spp.; 6,6%). *Eulaema bombiformis* (Packard, 1869) foi a espécie mais frequente (80 ind.; 22%), seguido por *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804) (53 ind.; 15%), *Eulaema nigrita* Lepeletier, 1841 (44 ind.; 12%), *Exaerete smaragdina* (Guérin-Méneville, 1845) (23 ind.; 6%) e *Euglossa ignita* Smith, 1874 (21.; 6%) (Tabela 1).

Entre as áreas, o maior número de indivíduos amostrados ocorreu em floresta nativa (177 ind.; 49%), seguido pela floresta degradada (104 ind.; 28,7%) e, em menor número, na floresta em estágio de regeneração (81 ind.; 22,3%). A área em regeneração obteve maior número de espécies (23 spp.), enquanto na floresta nativa foram coletados 21 spp., e na floresta degradada, 20 espécies. Algumas espécies ocorreram exclusivamente em uma das áreas, sendo *Eufriesea ornata* e *Euglossa* sp. 1 em floresta nativa, *Eufriesea* sp.1 e *Euglossa analis* na área degradada e *Eufriesea* sp. 2, *Euglossa* sp. 5 e *Euglossa* sp. 6, com registros para floresta em regeneração (Tabela 1).

Dentre as 29 espécies registradas, quatro foram compartilhadas entre a floresta nativa e em estágio de regeneração, três entre floresta em regeneração e floresta degradada, duas entre floresta nativa e floresta degradada. Somente 13 espécies ocorreram nas três áreas (Figura 3). O estimador de riqueza Jackknife 1 evidenciou que a amostragem foi eficiente, já que se estimou que, aproximadamente, 34,7 espécies ($\pm 2,2$) poderiam ser amostradas com o aumento da amostragem (Figura 4). As 29 espécies amostradas corresponderam a 83,6% da riqueza estimada para as áreas.

Com relação aos períodos de seca e chuva foram amostrados 175 exemplares no período de seca (48,3%) e 187 no período de chuva (51,7%) (Figura 5). Observou-se que dentre as essências atrativas utilizadas, Salicilato de Metila foi a que atraiu maior número de abelhas (122 ind., 33,7%), seguida por Eugenol (110 ind.; 30,3%), Vanilina (66 ind.; 18,2%), Eucaliptol (25 ind.; 7%), Benzoato de Benzila (22 ind.; 6,1%) e Cineol (17 ind.; 4,7%).

A composição da assembleia de Euglossini foi variável entre as áreas em relação aos períodos de seca e chuva. Os dois eixos da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) capturaram 67,1% de variação na abundância entre as áreas, com a formação de três

agrupamentos (floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada), segregados entre os períodos de seca e chuva. A avaliação da abundância, com base nos dois eixos da PCoA, evidenciou diferença significativa na assembleia (MANOVA: Df = 2; Pillai = 1.166; $p < 0,016$) (Figura 6). Não foram observadas variações em relação à riqueza de espécies, tanto entre as áreas, quanto entre os períodos de seca e chuva (MANOVA: Df = 2; Pillai = 0.954; $p < 0,072$).

A abundância de espécies de Euglossini entre as áreas variou significativamente (ANOVA: Df = 2; $F = 18,83$; $p = 0,002$), (Figura 7), bem como na interação abundância x área x sazonalidade (ANOVA: Df = 2; $F = 14,29$; $p < .001$) (Figura 8). O teste Tukey identificou diferenças entre a floresta nativa e em regeneração (Tukey: diff = 48.5; $p \text{ adj} = < 0.001$), floresta degradada e em regeneração (Tukey: diff = 11.5; $p \text{ adj} = < 0.001$) e floresta degradada e floresta nativa (Tukey: diff = -37,0; $p \text{ adj} = 0.001$). Em relação a interação com os períodos de seca e chuva, o teste Tukey identificou diferenças entre seca e chuva (Tukey: diff = -3,33; $p \text{ adj} = 0.002$). Não ocorreram diferenças significativas entre riqueza x área e períodos de seca e chuva (Figura 8).

3.1 Avaliação da presença de Hg

A análise química da concentração de Hg entre as amostras de *Eulaema cingulata* da floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada ficaram abaixo do LD (21,9 $\mu\text{g Kg}^{-1}$). Entre as amostras de solos e plantas a concentração média de Hg foi acima do LQ (13,3 $\mu\text{g Kg}^{-1}$) (Tabela 2). Entre as plantas que apresentaram concentração média de Hg acima do LQ, estão *Byrsonima* sp. (Malpighiaceae), *Calypttranthes* sp. e *Eugenia* sp. (Myrtaceae), *Casearia* sp. (Salicaceae), *Hirtella* sp. (Chrysobalanaceae), *Inga* sp. e *Swartzia* sp. (Fabaceae), *Miconia* sp. (Melastomataceae), *Micropholiss* sp. (Sapotaceae), *Ocotea* sp. (Lauraceae), *Pariana* sp. (Poaceae) e *Protium* sp. (Burseraceae).

4 Discussão

Composição da assembleia de Euglossini

Os diferentes estágios de conservação das florestas (natural, em regeneração e degradada), no Sul da Amazônia Legal, influenciaram a composição e estrutura da assembleia de Euglossini, afetando, principalmente, a distribuição da abundância destes organismos. A área

de floresta nativa, considerada como padrão do estado natural de conservação neste estudo, registrou a maior abundância de indivíduos, evidenciando a importância de reservas legais em meio a uma matriz antrópica, principalmente, quando se abordam espécies que necessitam de condições estáveis para sua perpetuação no ambiente, conforme é conhecido para abelhas dos gêneros *Aglae*, *Eufriesea* e *Exaerete* (Oliveira et al., 2017; Ferreira et al., 2024).

A conservação de remanescentes florestais, próximos ou conectados, entre a matriz antrópica e florestas, possibilita a ampliação de riqueza de espécies nos ambientes (Mariano et al., 2024; Metzger et al., 2019; Cândido et al., 2018). Neste estudo, observou-se que a área em regeneração registrou 23 espécies, maior número entre as áreas monitoradas, enfatizando a importância da área de remanescentes como ambiente de refúgio frente às pressões antrópicas e climáticas (Nemésio & Vasconcelos, 2013; Brito et al., 2019), corroborando com (Cândido et al., 2018), considerando a elevada taxa de mortalidade destes organismos e sua relevância enquanto polinizadores (Zattara & Aizen, 2021). Deve-se, também, abordar que áreas em regeneração apresentam nichos em potencial que podem ser explorados por uma maior variedade de espécies, antes que o ambiente atinja seu clímax, o que pode ampliar, por um espaço de tempo, a riqueza de espécies presentes. Tal condição é observada em relação ao compartilhamento de quatro espécies entre a área de floresta em regeneração e floresta nativa, incluindo *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Euglossa* sp. 2, e *Exaerete frontalis*, constituindo espécies comuns para florestas conservadas na região Sul da Amazônia.

Por outro lado, a diminuição de áreas florestais, promove alterações que impactam as assembleias de polinizadores que ocupam esses espaços, incluindo a indisponibilidade de recursos florais e diminuição de locais para nidificação, influenciando diretamente na taxa de reprodução e, conseqüentemente, na diversidade destes organismos (Corrêa-Neto et al., 2024). A diminuição de variabilidade genética das plantas é outro impacto recorrente, devido à ausência dos polinizadores que potencializam a troca do material genético (Aguar et al., 2015; Potts et al., 2016; Rocha-Filho et al., 2020). Estas alterações impactam diretamente a assembleia de Euglossini, principalmente, devido às espécies mais sensíveis como as pertencentes aos gêneros *Euglossa* e *Eufriesea* (Martins & Melo, 2010; Brown & Oliveira, 2013; Martins et al., 2013; Aguar et al., 2015; Carneiro et al., 2021). Isso é evidenciado neste estudo ao se registrar menor número de espécies e abundância de abelhas na área degradada em relação a área nativa. Possivelmente, esta menor taxa possa estar associada à diminuição de competição por recursos florais, maiores chances de se abrigar e se proteger dos predadores.

Enquanto algumas espécies como *Exaerete frontalis* e *Eulaema mocsaryi* são sensíveis às mudanças no ambiente, outras como *Euglossa bidentata*, *Eulaema cingulata*, *Eulaema*

nigrita e *Exaerete smaragdina* demonstram maior capacidade de suportar alterações ambientais. Estas espécies são comumente encontradas em maior abundância, inclusive em áreas antropizadas, o que pode estar relacionado à sua plasticidade fenotípica (Reed et al., 2011; Aguiar & Gaglianone, 2012). Essa plasticidade, caracterizada como uma alteração não genética (Schaefer & Bookstein, 2009) induzida por mudanças ambientais, promove vantagens adaptativas, como resistência a patógenos, aumento do tamanho corporal, maior dimensão das asas e da taxa de reprodução (Peruquetti, 2003; Reed et al., 2011; Nijhoute & Callier, 2015; Pinto et al., 2015), além de maior resistência ao calor (May, 1979; Domingos & Gonçalves, 2014). Essa condição é mais comum em abelhas de maior porte como as *Eulaema*, e menos comum para *Euglossa*, que prefere temperaturas amenas, com maior umidade (May & Casey, 1983), citando-se *Euglossa ignita* e *Euglossa orellana*, que não foram amostradas na área degradada. Entretanto, neste estudo quatro indivíduos de *Euglossa* aff. *mixta* considerada de baixa frequência em ambientes antropizados (Brito et al., 2019), foram amostrados entre as áreas de floresta degradada e em regeneração.

Apesar de não encontrarmos variações significativas na riqueza de espécies entre as áreas e períodos de monitoramento, a curva de acumulação não atingiu a assíntota, evidenciando que mais espécies devem habitar essas áreas. Este resultado infere que o esforço amostral entre as áreas atingiu cerca de 83% do total de espécies que puderam ser amostradas com a continuidade das amostragens.

Entre os períodos de seca e chuva, apesar da pouca variação observada, registrou-se que algumas espécies ocorreram unicamente no período de chuva, incluindo representantes de *Eufriesea* e *Eulaema*. As *Eulaema* são mais generalistas quanto às condições climáticas, sendo observadas de maneira mais efetiva durante a seca, incluindo *E. nigrita* e *E. cingulata* (Santos & Sofia, 2002; Tonhasca-Junior et al., 2002; Anjos-Silva & Rebêlo, 2006; Nemésio & Silveira, 2006).

A assembleia de Euglossini também pode ser influenciada pela fenologia das plantas (Corrêa-Neto et al., 2024), principalmente, em função do período de floração, que está condicionado aos fatores ambientais sazonais típicos de cada região (Oi et al., 2013). Sobre este aspecto, a região de estudo é fortemente influenciada pela rigorosidade do período de seca (maio-setembro) (Souza et al., 2013), quando a umidade relativa do ar ficar abaixo de 15% (INPE, 2024). Nestas condições, as abelhas, de maneira geral, são afetadas em suas atividades de forrageamento (Domingos & Gonçalves, 2014; Wolowski et al., 2016), e se tornam mais susceptíveis à morte, devido ao aumento do índice de queimadas nessa região da Amazônia. Em relação ao período de floração e ocorrência de *Eulaema* entre as áreas, destacamos que a

floração coincide com o início da estação das chuvas, fator que pode ter contribuído com maior número de *Eulaema* neste período.

Estudos relacionados ao período de atividade das Euglossini observaram que essas abelhas têm maior atividade entre 24,5 e 27°C, com maior fluxo no período matutino e maior abundância no fim do período de seca e início do período chuvoso (Roubik & Ackerman, 1987; Rebêlo & Garófalo, 1991; Oliveira, 1999). Santos & Sofia (2002) evidenciaram atividades de Euglossini, tanto na estação quente e chuvosa, quanto na estação fria e seca, mostrando sua amplitude de atividade, com temperaturas variando entre 15 e 25°C, entre às 8 e 15h. Neste sentido, é importante destacar o papel microclimático dos remanescentes florestais para as Euglossini (Vilhena et al., 2017), considerando seus efeitos sobre a biologia das espécies (Heinrich & Raven, 1972; Peruquetti, 2003; Brito et al., 2019).

Espécies de Euglossini como bioindicadores do estágio natural de conservação do ambiente

Em relação à estrutura da assembleia de Euglossini, foram verificadas variações entre as áreas de estudo, abundância e períodos de seca e chuva. Alguns fatores podem ter contribuído para estas variações. Tanto a riqueza, quanto a abundância das abelhas em áreas de florestas estão associadas à heterogeneidade da paisagem (Graciano-Silva et al., 2018; Coutinho et al., 2020), bem como à integridade biótica do ambiente. Conforme Carneiro et al. (2021) e Sousa et al. (2022), a variação do tipo de vegetação e o estágio de conservação dos ambientes influenciam diretamente na composição das assembleias de Euglossini.

Áreas de floresta nativa apresentam maior diversidade de recursos florais (Medeiros & Torezan, 2012; Graciano-Silva et al., 2018; Coutinho et al., 2020), associada a heterogeneidade das áreas e à integridade biótica. Contudo, mesmo não havendo diferença significativa entre as áreas e a riqueza de espécies no presente estudo, é possível observar que nas áreas conservadas algumas espécies foram predominantes em relação à sua abundância, como *Eufriesea ornata*, *Eufriesea* sp. 2, *Euglossa chalybeata*, *Euglossa ignita*, *Euglossa orellana*, *Eulaema bombiformis* e *Exaerete frontalis*. Tais espécies podem ser caracterizadas espécies potenciais à bioindicação em áreas conservadas, considerando que não ocorreram em áreas degradadas.

Estudos indicaram que a condição e uso da matriz antrópica influencia diretamente a composição e a estrutura das assembleias de Euglossini em fragmentos florestais (Storck-Tonon et al., 2013; Aguiar et al., 2014; Nascimento et al., 2015; Gonçalves & Faria, 2021; Mariano et al., 2024). Mitchell et al. (2015) salientaram que, à medida que os fragmentos são envolvidos pela matriz circundante, inicia-se um processo de mudanças no ambiente, provocando a

reorganização ecológica no interior destas áreas, momento propício para que algumas espécies generalistas e poliléticas aumentem suas populações, influenciando diretamente nos nichos, podendo inclusive diminuir a riqueza de espécies presente nestes habitats (Sousa et al., 2022).

Contaminação por mercúrio em solos, plantas e abelhas

Com relação à contaminação por mercúrio analisada para *Eulaema cingulata*, as amostras apresentaram valores abaixo do limite de detecção, diferente do que foi observado para as amostras de solos e plantas, utilizadas como complemento das análises de contaminação por mercúrio no ambiente. De maneira geral, espécies de *Eulaema* são consideradas generalistas e comumente citadas em trabalhos relacionados a biodiversidade e biomonitoramento ambiental (Ramirez et al., 2002; Storck-Tonon et al., 2013; Brito et al., 2019), incluindo estudos em áreas de Cerrado de Mato Grosso (Anjos-Silva & Rebêlo, 2006; Anjos-Silva, 2008; Nascimento et al., 2015), na transição Cerrado-Amazônia (Oliveira-Junior et al., 2015), Amazônia (Anjos-Silva, 2010, 2011; Schorn et al., 2015; Figueiredo et al., 2015; Enríquez-Espinosa et al., 2022; Corrêa-Neto et al., 2024) e Pantanal (Anjos-Silva, 2019). Essas espécies, também ocorrem na Floresta Atlântica e Caatinga (Andrade-Silva et al., 2012; Rocha-Filho & Garófalo, 2013; Silveira et al., 2015). *Eulaema cingulata* é utilizada no biomonitoramento ambiental, agregado a alguns fatores que contribuem para sua utilização como sua amplitude de distribuição sobre as diversas paisagens na região Neotropical (Oliveira, 2007), e ocorrência em maior abundância em áreas antropizadas (Viana et al., 2021; Rocha-Filho et al., 2020; Sousa et al., 2022). Neste estudo, *Eulaema cingulata* ocorreu nas três áreas de florestas monitoradas, caracterizando-a como espécie generalista e resistente aos ambientes antropizados.

Conforme mencionado, a região de estudo está sob constante influência de atividades humanas que modificam o estado natural do ambiente com predomínio para agricultura, pecuária, exploração florestal e mineral por MAPEOs. Esta última atividade apresenta grande potencial de liberação de Hg para o ambiente, especialmente para a atmosfera (Liu et al., 2020; Zhou et al., 2019). De maneira geral, as abelhas entram em contato com o Hg presente na atmosfera (McLagan et al., 2021), que também se sedimenta nas estruturas florais por meio da precipitação (Sun et al., 2019), possibilitando a contaminação da abelha durante o forrageio (Zhang et al., 2019). Para além das estruturas florais, o Hg pode sedimentar na serapilheira e no solo (Casagrande et al., 2023), considerado um importante sumidouro deste metal (Yuan et al., 2022; Wang et al., 2022), substrato utilizado por algumas abelhas para nidificação em cavidades pré-existentes (Silveira et al., 2002).

Os níveis de concentração de Hg obtidos nas amostras de solo e plantas neste estudo, utilizados como parâmetros dos níveis de concentração de Hg entre as áreas de monitoramento, estão acima do LQ do método para essas matrizes. Alguns fatores podem contribuir para este resultado como o desenvolvimento de barreiras biológicas nas abelhas (Džugan et al., 2018), a plasticidade fenotípica (Reed et al., 2011; Aguiar & Gaglianone, 2012; Costa et al., 2020), e o curto ciclo de vida destes organismos (Brito et al., 2017; Faria & Melo, 2020). Entretanto, considerando o papel das florestas na estocagem de Hg em suas estruturas como serapilheira, solos e plantas (Sun et al., 2019; Zhang et al., 2019; Bishop et al., 2020; Casagrande et al., 2023; Yuan et al., 2024), as constantes queimadas da biomassa no sul da Amazônia e a dinâmica dos MAPEOs próximas as áreas de estudo (Brown et al., 2020; Fisher et al., 2022), é possível afirmar que estudos mais aprofundados com as Euglossini, incluindo *Eulaema cingulata* devem ser efetuados, complementando seu papel na bioindicação da contaminação ambiental por mercúrio, ou das mudanças na paisagem em função das ações antrópicas.

5 Conclusão

A composição da assembleia de Euglossini varia em função dos diferentes estágios de conservação de ambientes florestais no Sul da Amazônia Legal. Tal variação pode estar relacionada à integridade biótica e abiótica das áreas, bem como a interferência com a matriz antropizada circundante. *Eulaema cingulata* foi registrada na área de floresta nativa, área de floresta em regeneração e área de floresta degradada, evidenciando ser uma espécie bioindicadora, generalista e resistente às condições apresentadas pelos ambientes fortemente antropizados. Entretanto, possivelmente fatores ligados à sua biologia e às condições de bioacumulação de Hg em sua biomassa, podem ter contribuído para a obtenção de níveis não detectáveis, diferente do que ocorreu com solo e plantas na área avaliada.

Algumas espécies são predominantemente recorrentes de florestas em estágios de sucessão ecológica como a floresta em regeneração e na floresta nativa, sendo *Eufriesea ornata*, *Eufriesea* sp.2, *Euglossa ignita*, *Euglossa orelhana*, *Eulaema bombiformis*, e *Exaerete frontalis*, destacando-se como potenciais bioindicadoras de ambientes naturais conservados. Neste sentido, salientamos que as pesquisas quanto ao biomonitoramento de Hg com abelhas Euglossini seja ampliado, bem como investigações sobre os mecanismos de defesa dessas abelhas, a fim de investigar o porquê de o metal presente no ambiente não ser expresso nas análises de sua biomassa, e a partir destas investigações correlacionar as demais variáveis bióticas e abióticas, contribuindo para o biomonitoramento ambiental na Amazônia.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade da Universidade Federal de Mato Grosso. Ao Laboratório de Metais Traço da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. Ao Laboratório de Arachnida e Myriapoda da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. Ao Laboratório de Zoologia/CPEDA-Universidade do Estado de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Tangará da Serra.

Contribuição dos autores

Kleber Solera: Planejamento, desenvolvimento, monitoramento, coleta, triagem, análise química, produção textual do manuscrito.

Franciele de Freitas: Desenvolvimento, monitoramento, análise química, produção textual do manuscrito.

Juliane Dambros: Planejamento, análise química, produção textual do manuscrito.

Gleyce Alves Machado: Planejamento, orientação e supervisão textual do manuscrito.

Ricardo Lopes Tortorela de Andrade: Planejamento, desenvolvimento, supervisão e orientação de análise química e produção textual do manuscrito.

Leandro Dênis Battirola: Planejamento, desenvolvimento, supervisão e orientação da produção textual do manuscrito.

Financiamento

Não se aplica

Declarações

Aprovação de ética

Não se aplica para esta sessão

Consentimento para participar

Não se aplica para esta sessão

Consentimento para publicação

Não se aplica para esta sessão

Interesses conflitantes

Declaramos que não temos nenhum interesse comercial ou associativo que represente um conflito de interesse em conexão com o trabalho submetido.

6 Lista de figuras

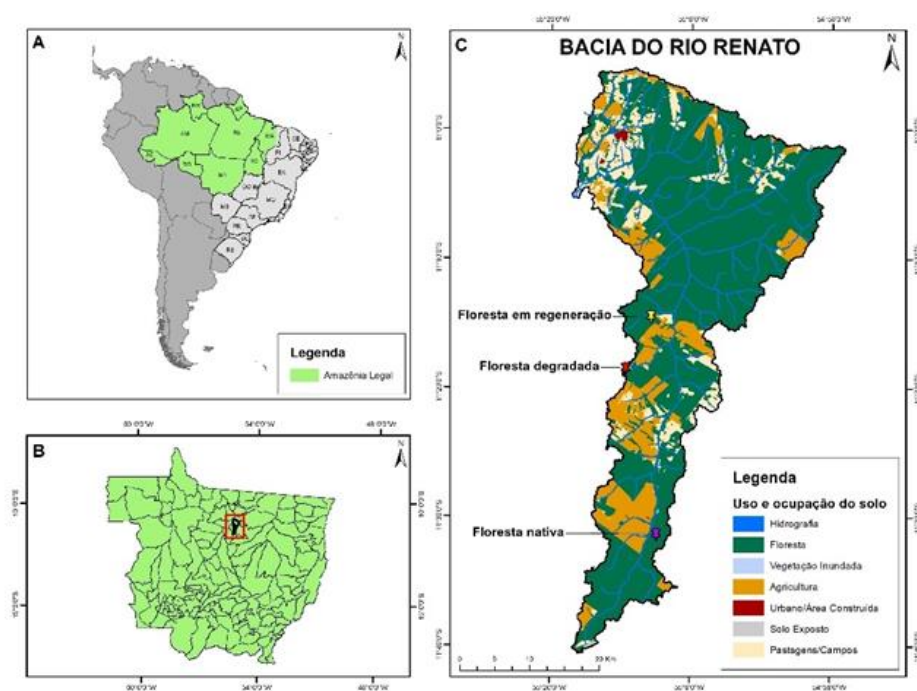


Figura 1 Localização geográfica das áreas de coleta. A – América do Sul com destaque em verde para Amazonia Legal (AL); B. Estado de Mato Grosso, sul da AL, com destaque para área de amostragem; C. Bacia do rio Renato e áreas de coleta, com as respectivas caracterizações de uso do solo



Figura 2 Área de amostragem: 2a, área de floresta nativa; 2b, área de floresta degradada; 2c, área de floresta em regeneração na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal.

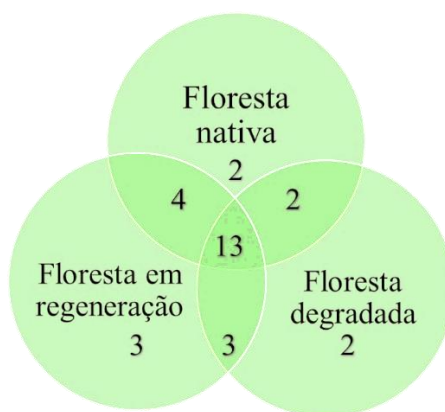


Figura 3 Diagrama com a riqueza e compartilhamento do número espécies entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal.

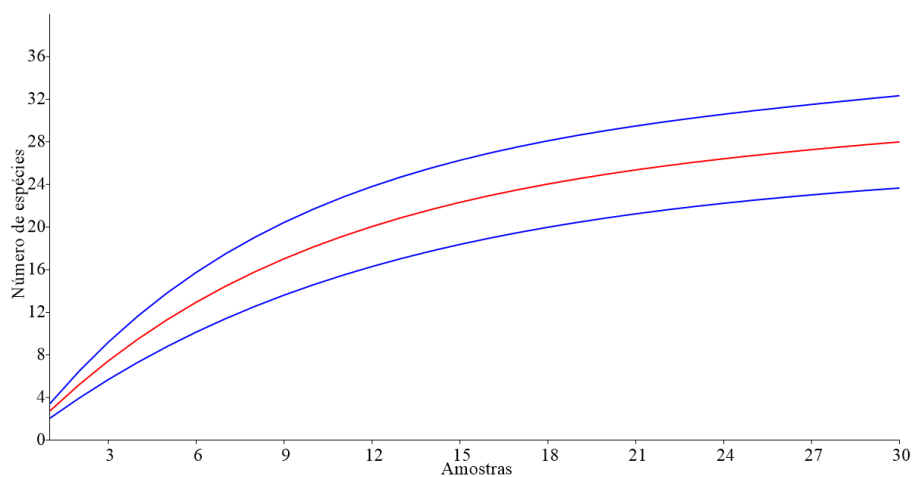


Figura 4 Riqueza de espécies entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal.

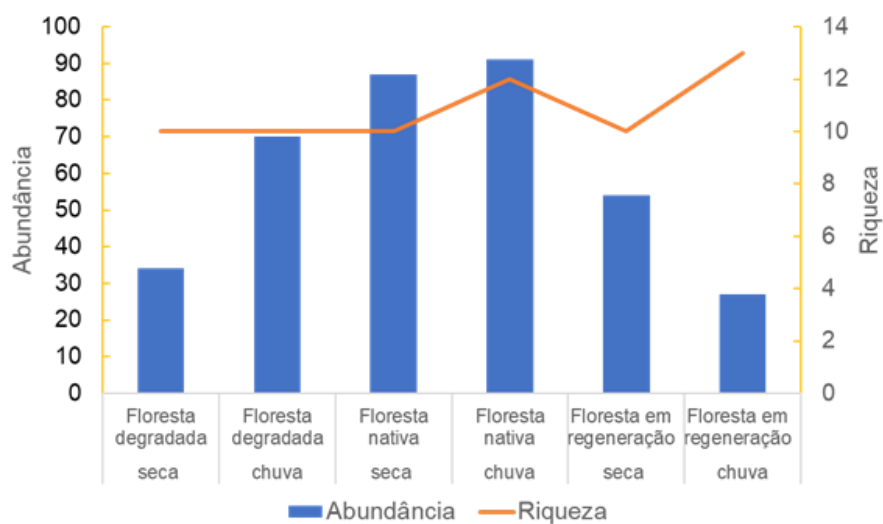


Figura 5 Distribuição da abundância e riqueza de Euglossini entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia, entre 2021 e 2023

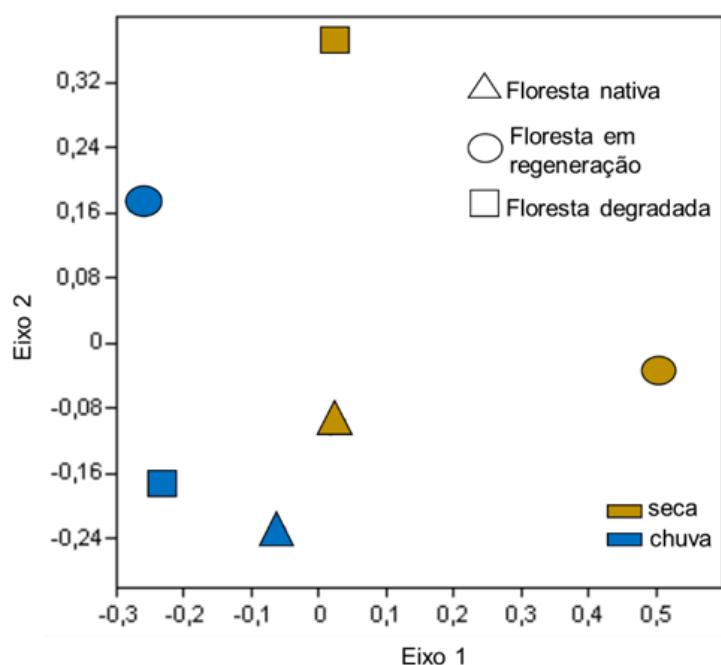


Figura 6 Análise de Componentes Principais (PCoA) da composição da assembleia de abelhas Euglossini nos períodos de seca e chuva nas áreas avaliadas na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia Legal, entre 2021-2023

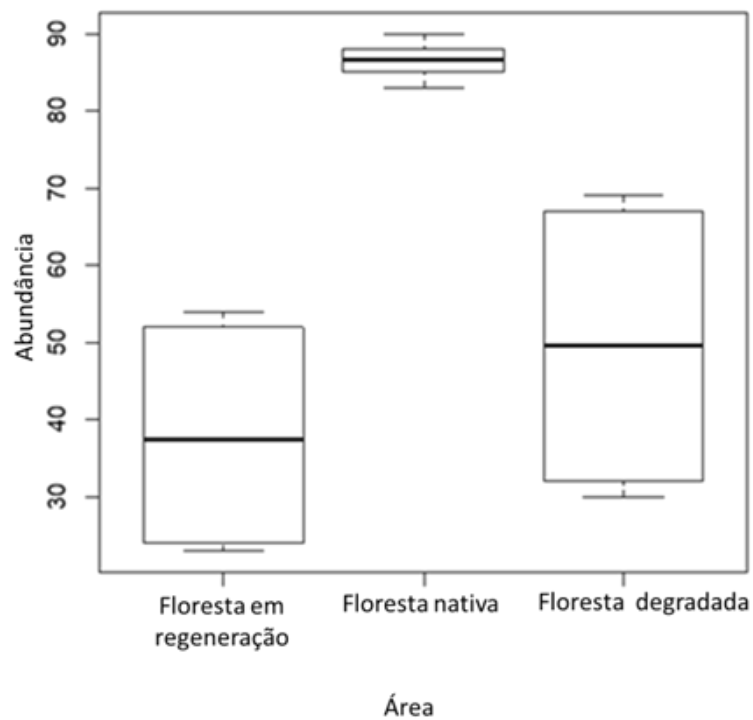


Figura 7 Variação da abundância de Euglossini entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada, na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia, entre 2021 e 2023

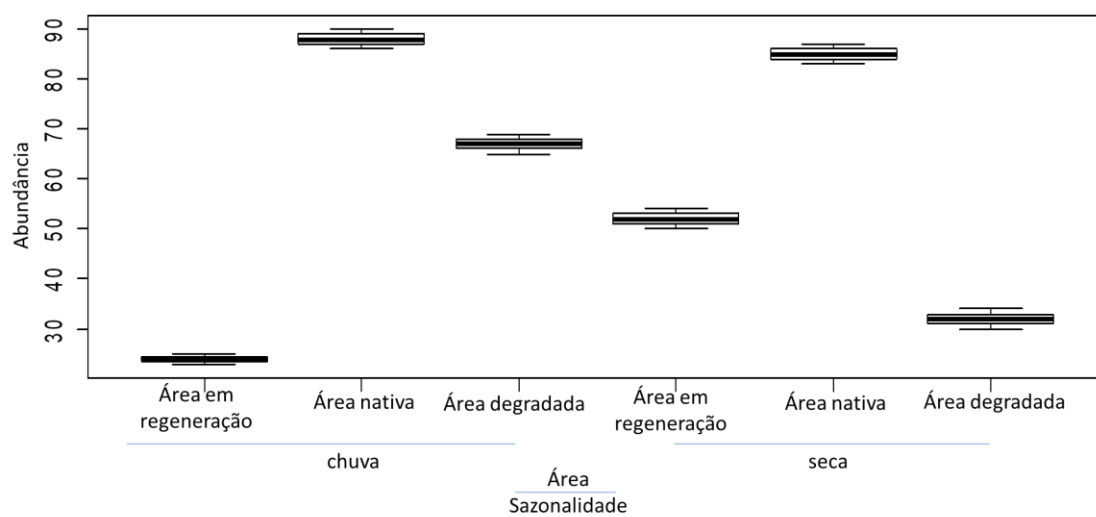


Figura 8 Interação entre abundância das abelhas Euglossini, períodos de seca e chuva entre as áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada, monitoradas entre 2021 e 2023, na bacia do rio Renato – MT, no Sul da Amazônia

7 Lista de tabelas

Tabela 1 Lista de espécies de abelhas Euglossini amostradas nas áreas monitoradas na bacia do rio Renato, entre os anos de 2021 e 2023

Espécie	Floresta degradada	Floresta em regeneração	Floresta Nativa	TOTAL
<i>Eufriesea ornata</i> (Mocsáry, 1896)	-	-	1	1
<i>Eufriesea</i> sp.1	1	-	-	1
<i>Eufriesea</i> sp.2	-	1	-	1
<i>Euglossa amazonica</i> Dressler, 1982	4	4	2	10
<i>Euglossa analis</i> Westwood, 1840	1	-	-	1
<i>Euglossa augaspis</i> Dressler, 1982	4	9	2	15
<i>Euglossa bidentata</i> Dressler, 1982	6	4	2	12
<i>Euglossa chalybeata</i> Friese, 1925	1	1	7	9
<i>Euglossa crassipunctata</i> Moure, 1968	5	3	2	10
<i>Euglossa ignita</i> Smith, 1874	-	1	20	21
<i>Euglossa imperialis</i> Cockerell, 1922	2	-	3	5
<i>Euglossa intersecta</i> Latreille, 1817	1	1	-	2
<i>Euglossa iopyrrha</i> Dressler, 1982	1	2	-	3
<i>Euglossa</i> aff. <i>mixta</i> Friese, 1989	2	2	-	4
<i>Euglossa orellana</i> Roubik, 2004	-	1	11	12
<i>Euglossa</i> sp. 1	-	-	3	3
<i>Euglossa</i> sp. 2	-	1	3	4
<i>Euglossa</i> sp. 3	1	5	1	7
<i>Euglossa</i> sp. 4	2	3	2	7
<i>Euglossa</i> sp. 5	-	1	-	1
<i>Euglossa</i> sp. 6	-	1	-	1
<i>Eulaema bombiformis</i> (Packard, 1869)	1	10	69	80
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	23	9	21	38
<i>Eulaema meriana</i> (Friese, 1899)	2	1	3	6
<i>Eulaema mocsaryi</i> (Friese, 1899)	1	-	1	2
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	36	3	5	44
<i>Eulaema pseudocingulata</i> Oliveira, 2006	4	9	6	19
<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)	-	1	4	5
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	6	8	9	23
ABUNDÂNCIA	104	81	177	362
RIQUEZA	20	23	21	29

Tabela 2 Faixa de Concentração de Hg nas amostras de *E. cingulata*, solos e plantas das áreas de floresta nativa, floresta em regeneração e floresta degradada da bacia do rio Renato

Área	Amostra	Hg $\mu\text{g Kg}^{-1}$ faixa	Média	DP
Bacia do rio Renato	<i>Eulaema cingulata</i>	ND	-	-
	Solos	65,09 a 142,86	91,7	48,5
	Plantas	26,88 a 158,93	30,9	30,9

ND: Não Detectado.

8 Referências

- Aguiar, W. M., & Gaglianone, M. C. (2012). Euglossine bee communities in small forest fragments of the Atlantic Forest, Rio de Janeiro state, southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 56, 210-219. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262012005000018>.
- Aguiar, W. M., Melo, G. A. R., & Gaglianone, M. C. (2014). Does forest physiognomy affect the structure of orchid bees (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) communities? A study in the Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil. *Sociobiology*, 1, 68-77. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i1>.
- Aguiar, W. M., Sofia, S. H., Melo, G. A. R., & Gaglianone, M. C. (2015). Changes in orchid bee communities across forest-agroecosystem boundaries in Brazilian Atlantic Forest landscapes. *Environmental Entomology*, 44, 1465-1471. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv130>.
- Akagi, H., & Nishimura, H. (1991). *Advances in Mercury Toxicology*. Springer US, Boston, MA. <http://doi.org/10.1007/978-1-4757-9071-9>.
- Alves, M. A. B., Borella, D. R., Silva-Luz, C. C., Castagna, D., Silva, W. C., Silva, A. F., Almeida, F. T., & Souza, A. P. (2022). Classes de solos nas bacias hidrográficas dos rios Caiabi e Renato, afluentes do rio Teles Pires, no sul da Amazônia. *Nativa*, 10(3), 431-448. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.14192>.
- Allen, L., Reeve, R., Nousek-McGregor, A., Villacampa, J., & MacLeod, R. (2019). Are orchid bees useful indicators of the impacts of human disturbance? *Ecological Indicators*, 103, 745-755. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.046>.
- Andrade-Silva, A. C. R., Nemésio, A., Oliveira, F. F., & Nascimento, F. S. (2012). Spatial-temporal variation in orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae) in remnants of arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina region, State of Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology*, 41, 296-305. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0053-9>.
- Anjos-Silva, E. J., & Rebelo, J. M. M. (2006). A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. *Zootaxa*, 1105, 27-35. <https://doi.org/10.5281/zenodo.171435>.
- Anjos-Silva, E. J. (2008). Discovery of *Euglossa* (*Euglossa*) *cognata* Moure (Apidae: Euglossini) in the Platina Basin, Mato Grosso state, Brazil. *Biota Neotropica*, 8(2), 79-83. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000200008>.
- Anjos-Silva, E. J. (2010). *Eufriesea pulchra* Smith (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) extended geographic distribution and filling gaps in Mato Grosso State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 30, 133-136. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000100019>.
- Anjos-Silva, E. J. (2011). Abelhas Euglossini (Anthophila: Hymenoptera: Apidae) nas margens do Rio Juruena: Check list das espécies na Floresta Amazônica em Cotriguaçu (Mato Grosso), incluindo chave ilustrada para *Exaerete*. In D. J. Rodrigues, T. J. Izzo, & L. D. Battirola (Eds.), *Descobrimos a Amazônia Meridional: Biodiversidade da Fazenda São Nicolau* (pp. 51-73). Cuiabá: Pau e Prosa Comunicação Ltda.
- Anjos-Silva, E. J. (2019). Correction to: Unpredicted occurrence of *Aglæa caerulea* in the Pantanal wetland biome and its implications (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, 50, 293-294. <http://doi.org/10.1007/s13592-019-00665-0>.
- Astolfi, M. L., Conti, M. E., Ristorini, M., Frezzini, M. A., Papi, M., Massimi, L., & Canepari, S. (2021). An analytical method for the biomonitoring of mercury in bees and beehive products by cold vapor atomic fluorescence spectrometry. *Molecules*, 26(16), 4878. <http://doi.org/10.3390/molecules26164878>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2001). *Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório*. Rio de Janeiro. (Norma técnica, NBR 7217).

- Basta, P. C., de Vasconcellos, A. C. S., Wallwass, g., Yokota, D., d'El Rei Pinto, D. O., Aguiar, D. S., Campos, C., & Costa, M. O. (2023). Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira: Um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar. FIOCRUZ. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/58839>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- Bishop, K., Shanley, J. B., Riscassi, A., Wit, H. A., Eklöf, K., Meng, B., Mitchell, C., Osterwalder, S., Schuster, P. F., Webster, J., & Zhu, W. (2020). Recent advances in understanding and measurement of mercury in the environment: terrestrial Hg cycling. *Science of the Total Environment*, 721, 137647. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137647>.
- Bora, F. D., Babes, A. C., Călugăr, A., Jitea, M. I., Hoble, A., Filimon, R. V., Bunea, A., Nicolescu, A., & Bunea, C. I. (2023). Unravelling heavy metal dynamics in soil and honey: A case study from Maramures, region, Romania. *Foods*, 12, 3577. <https://doi.org/10.3390/foods12193577>.
- Brasil. (2024). Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/monitoramento-ambiental.html>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- Brito, T. F., Contrera, F. A. L., Campbell, A. J., & Maués, M. M. (2017). Longevidade e atividades de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini) em ninhos-isca em Belém-PA. 21º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1076281>. Acesso em: 15 set. 2024.
- Brito, T. F., Santos, A. C. S., Maués, M. M., Silveira, O. T., & Oliveira, M. L. (2019). Historical records of orchid bees (Apidae: Euglossini) in Belém Endemism Center: Species list of 92 years sampling. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180139>.
- Brown, J. C., & Oliveira, M. L. (2013). The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie*, 45, 171-188. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0236-3>.
- Brown, S. T., Hasan, K. M., Moody, K. H., Loving, D. C., Howe, K. E., Dawson, A. G., Drace, K., Hugdahl, J. D., Seney, C. S., Veja, C. M., Fernandez, L. E., & Kiefer, A. M. (2020). Method for mapping Hg₀ emissions from gold shops in artisanal and small-scale gold mining communities. *Environmental Research*, 183, 109042. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109042>.
- Cagni, G. S., Prazeres, J. A., Leal, D., Constantin, P. P., Sousa, C., Silva, C. R., & Conte, H. (2022). Organismos bioindicadores de metais pesados: Uma revisão. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 13(1), 179-194. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0015>.
- Campos, L. O., Silveira, F. A., Oliveira, M. L., Abrantes, C. V. M., Morato, E., & Melo, G. A. R. (1989). Utilização de armadilhas para captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia*, 4, 621-626. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751989000400008>.
- Cândido, M. E. M. B., Miranda, P. N., & Morato, E. F. (2021). Orchid bees in riparian and terra-firme forest fragments in an urban matrix in Southwestern Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, 51(3), 214-233. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202003781>.
- Cândido, M. E. M. B., Morato, E. F., Storck Tonon, D., Miranda, P. N., & Vieira, L. J. S. (2018). Effects of fragments and landscape characteristics on the orchid bee richness (Apidae: Euglossini) in an urban matrix, southwestern Amazonia. *Journal of Insect Conservation*, 22, 475-486. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0075-7>.
- Carneiro, L. S., Aguiar, W. M., Priante, C. F., Ribeiro, M. C., Frantine-Silva, W., & Gaglianone, M. C. (2021). The interplay between thematic resolution, forest cover, and heterogeneity for

- explaining Euglossini bees community in an agricultural landscape. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 628319. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.628319>
- Casagrande, G. C. R., Dambros, J., Andrade, E. A., Martello, F., Sobral-Souza, T., Moreno, M. I. C., Battistola, L. D., & Andrade, R. L. T. (2023). Atmospheric mercury in forests: accumulation analysis in a gold mining area in the Southern Amazon, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(477), 2-17. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11063-6>.
- Corrêa-Neto J.J., Hipólito, J., Ribeiro, C.F., Brown, J. C., & Oliveira, M. L. (2024). Estuarine floodplains harbor greater diversity of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) than mangroves in coastal Amazonia. *Apidologie*, 55(37). <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01073-9>
- Costa, C. P., Machado, C. A. S., Santiago, W. M. S., Dallacqua, R. P., Garófalo, C. A., & Francoy, T. M. (2020). Biome variation, not distance between populations, explains morphological variability in the orchid bee *Eulaema nigrata* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Apidologie*, 51, 984–996. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00776-z>
- Coutinho, J. G. E., Angel-Coca, C., Boscolo, D., & Viana, B. F. (2020). Heterogeneous agroecosystems support high diversity and abundance of trap-nesting bees and wasps among tropical crops. *Biotropica*, 52, 991-1004. <https://doi.org/10.1111/btp.12809>.
- Domingos, H. G. T., & Gonçalves, L. S. (2014). Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. *Acta Veterinária Brasileira*, 8(3), 151-154.
- Duarte, G. T., Santos, P. M., Cornelissen, T. G., Ribeiro, M. C., & Paglia, A. P. (2018). The effects of landscape patterns on ecosystem services: Meta-analyses of landscape services. *Landscape Ecology*, 33, 1247–1257. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0673-5>.
- Džugan, M., Wesołowska, M., Zagula, G., Kaczmarek, M., Czernycka, M., & Puchalski, C. (2018). Honeybees (*Apis mellifera*) as a biological barrier for contamination of honey by environmental toxic metals. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(101), 3-9. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6474-0>.
- Enríquez-Espinosa, A. C., Ramos, D. G., Siqueira, A. S., Dunck, B., & Ligeiro, R. (2022). Effects of small-scale anthropogenic alterations in Euglossini bees at eastern Amazon forest, *Iheringia, Série Zoologia*, 112, e2022010. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2022010>
- Fahrig, L. (2019). Habitat fragmentation: A long and tangled tale. *Global Ecology and Biogeography*, 28, 33-41. <https://doi.org/10.1111/geb.12839>.
- Faria, L. R. R., & Melo, G. A. R. (2020). Orchid bees (Euglossini). In: Starr, C. *Encyclopedia of Social Insects*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4_91-1
- Faita, M. R., Chaves, A., & Nodari, O. (2021). The expansion of agribusiness: Harmful impacts of deforestation, pesticides and transgenics on bees. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 57, 79-105. <https://doi.org/10.5380/dma.v56i0.76157>. e-ISSN 2176-9109.
- Freitas, F., Solera, K., Lopes, V. J. S., Córdova, M. O., Cavalheiro, L., Moreno, M. I. C., Battistola, L. D., & de Andrade, R. L. T. (2024). Native accumulator plants with differential mercury phytoremediation potential in a region in Southern Amazon. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 63120-63135. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35407-y>.
- Feinberg, A., Jiskra, M., Borrelli, P., Biswakarma, J., & Selin, N. E. (2024). Deforestation is an anthropogenic driver of mercury pollution. *Environmental Science & Technology*, 58(7), 3246–3257. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c0785>.
- Fernandes, R. M. S. (2024). A pressão pelo avanço da mineração na faixa de fronteira da Amazônia Legal (2003-2022). *Novos Cadernos*, 27(1), 15-38. <https://doi.org/10.0.72.110/ncn.v27i1.15105>.
- Ferreira, A. S., Moraes, A. D. B., Gouvêa, T. P., Saleem, K., & Souza, M. M. (2024). Uma visão comparativa de unidades de conservação de proteção integral no Estado de Minas Gerais, Brasil: Conflitos locais e alternativas econômicas. *Biodiversidade Brasileira*, 14(2), 1-17. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v14i1.2446>.

- Figueiredo, J. D. S., Souza, M. H. S., & Anjos-Silva, E. J. (2015). Abelhas-das-Orquídeas (Hymenoptera: Apoidea: Euglossini). In: Rodrigues, D. J., Noronha, J. C., Vindica, V. F., & Barbosa, F. R. (Eds.), *Biodiversidade do Parque Estadual Cristalino* (pp. 96-109). Cuiabá: Áttema Editorial.
- Fischer, A., Brodziak-Dopierała, B., Bem, J., & Ahnert, B. (2022). Analysis of mercury concentration in honey from the point of view of human body exposure. *Biological Trace Element Research*, 200(3), 1095-1103. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02744-9>.
- Gerson, J. R., Szponar, N., Zambrano, A. A., Bergquist, B., Broadbent, E., Driscoll, C. T., Erkenwick, G., Evers, D. C., Fernandez, L. E., Hsu-Kim, H., Inga, G., Lansdale, K. N., Marchese, M. J., Martinez, A., Moore, C., Pan, W. K., Purizaca, R. P., Sánchez, V., Silman, M., & Bernhardt, E. S. (2022). Amazon forests capture high levels of atmospheric mercury pollution from artisanal gold mining. *Nature Communications*, 13, 559.
- Graciano-Silva, T., Mello, K., & Cardoso-Leite, A. (2018). Adaptação e eficiência de um índice de integridade biótica para análise da sustentabilidade em florestas urbanas. *Gaia Scientia*, 12(2), 60-75. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n2.35991>.
- Gonçalves, R. B., & Faria, L. R. R. (2021). In Euglossine we trust as ecological indicators: A reply to Añino et al. (2019). *Sociobiology*, 68(1), e-4610. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i1.4610>.
- Gonzalez-Reguero, D., Robas-Mora, M., Probanz, L. A., & Jimenez, G. P. A. (2023). Bioremediation of environments contaminated with mercury. Present and perspectives. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(9), 249. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03686-1>.
- Gutiérrez, M., Molero, R., Gaju, M., Steen, J. V. D., Porrini, J., & Ruiz, J. A. (2020). Assessing heavy metal pollution by biomonitoring honeybee nectar in Córdoba (Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(10), 10436-10448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07485-w>.
- Gworek, B., Dmuchowski, W., & Dąbrowska, A. H. B. (2020). Mercury in the terrestrial environment: A review. *Environmental Sciences Europe*, 32(18), 2-19. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00401-x>.
- Heinrich, B., & Raven, P. H. (1972). Energetics and pollination ecology. *Science*, 176, 597-602. <https://doi.org/10.1126/science.176.4035.597>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Amazônia Legal*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2024). *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos*. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/mt/itauaba>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- Liu, Z., & Tran, K. Q. (2021). A review on disposal and utilization of phytoremediation plants containing heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 226, 112821. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.112821>.
- Liu, Z., Chen, B., Wang, L. A., et al. (2020). A review on phytoremediation of mercury contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123138. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123138>.
- Mariano, A. M. C., Domingos-Melo, A., Silva, E. G., Santos, A. M., Ribeiro, M. F., & Milet-Pinheiro, P. (2024). Where the risk is more intense: Riparian forests keep the euglossine bees community most affected by anthropic disturbance in the Caatinga dry forest. *Urban Ecosystems*, 27:1551–1564. <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01531-3>.
- Marques, E. Q., Marimon-Junior, B. H., Marimon, B. S., Matricardi, E. A., Mews, H. A., & Colli, G. R. (2019). Redefining the Cerrado–Amazonia transition: Implications for

- conservation. *Biodiversity and Conservation*, 29(5), 1501-1517. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01720-z>.
- Martins, A. C., Gonçalves, R. B., & Melo, G. A. R. (2013). Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years. *Zoologia*, 30, 157-176. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702013000200006>.
- May, M. L. (1979). Insect thermoregulation. *Annual Review of Entomology*, 24, 313-349. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.24.010179.001525>.
- May, M. L., & Casey, T. M. (1983). Thermoregulation and heat exchange in Euglossine bees. *Physiological Zoology*, 56, 541-551. <https://doi.org/10.1086/physzool.56.4.30155877>.
- McLagan, D. S., Stupple, G. W., Darlington, A., Hayden, K., & Steffen, A. (2021). Where there is smoke there is mercury: Assessing boreal forest fire mercury emissions using aircraft and highlighting uncertainties associated with upscaling emissions estimates. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21, 5635-5653. <https://doi.org/10.5194/acp-21-5635-2021>.
- Medeiros, H. R., & Torezan, J. M. (2012). Evaluating the ecological integrity of Atlantic Forest remnants by using rapid ecological assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 4373-4382. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2875-7>.
- Metzger, J. P., Bustamante, M. M. C., ferreira, J., Fernandes, G. W., Librán-Embid, F., Pillar, V. D., Prist, P. R., Rodrigues, R. R., Vieira, I. C. G., & Overbeck, G. E. 2019. Why Brazil needs its Legal Reserves. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17, 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>.
- Mitchell, M. G. E., Suarez-Castro, A. F., Martinez-Harms, M., Maron, M., McAlpine, C., Gaston, K. J., Johansen, K., & Rhodes, J. R. (2015). Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 30, 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.011>.
- Nascimento, S., Canale, G. R., & Silva, D. J. (2015). Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) associadas à monocultura de eucalipto no Cerrado Mato Grossense. *Revista Árvore*, 39, 263-273. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200006>.
- Nemésio, A., & Vasconcelos, H. L. (2013). Beta diversity of orchid bees in a tropical biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 22(8), 1647-1661. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-013-0500-x>.
- Nemésio, A., & Silveira, F. A. (2006). Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic Rain Forest in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology*, 35, 313-323. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300004>.
- Neto, A. P. N., Costa, L. C. S. M., Kikuchi, A. N. S., Furtado, D. M. S., Araújo, M. Q., & Melo, M. C. C. (2012). Method validation for the determination of total mercury in fish muscle by cold vapour atomic absorption spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(4), 617-624. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.642009>.
- Nijhout, H. F., & Callier, V. (2015). Developmental mechanisms of body size and wing-body scaling in insects. *Annual Review of Entomology*, 60, 141-156. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020841>.
- Oi, C. A., López-Urbe, M. M., Cervini, M., & Lama, A. D. (2013). Non-lethal method of DNA sampling in Euglossine bees supported by mark-recapture experiments and microsatellite genotyping. *Journal of Insect Conservation*, 5, 1071-1079. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9582-8>.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2018). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-2. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=vegan>. Acesso em: 16 ov. 2024.

- Oliveira, L. O. (1999). Sazonalidade e horário de atividade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae), em florestas de terra firme na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(1). <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000100003>.
- Oliveira, M. L. (2007). Catálogo comentado das espécies de abelhas do gênero *Eulaema* Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae). *Lundiana*, 8(2), 113-136. <https://doi.org/10.35699/2675-5327.2007.23193>.
- Oliveira, M. L., Brown, J. C., & Moreira, M. P. (2017). Highway infrastructure, protected areas, and orchid bee distribution and conservation in the Brazilian Amazon. *Journal of Environmental Protection*, 8(8), 923-939. <https://doi.org/10.4236/jep.2017.88058>.
- Oliveira-Junior, J. M., Almeida, S. M., Rodrigues, L., Silvério-Junior, J., & Anjos-Silva, E. J. (2015). Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone Cerrado Amazonian forest, Brazil. *Acta Biológica Colombiana*, 3, 67-78.
- Peruquetti, R. C. (2003). Variação do tamanho corporal de machos de *Eulaema nigrita* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). Resposta materna a flutuação de recursos. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(2), 207-212. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000200006>.
- Pignat, W. A., Lima, F. A. N. S., Lara, S. S., Correa, M. L. M., Barbosa, J. R., Leão, L. H. C., & Pignatti. (2015). Spatial distribution of pesticide uses in Brazil: A strategy for health surveillance. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(10), 3281-3293. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>.
- Pinto, N. S., Silva, D. P., Rodrigues, J. G., & Marco-Jr, P. D. (2015). The size but not the symmetry of the wings of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Apidae: Euglossini) is affected by human-disturbed landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, 44, 439-447. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0316-3>.
- Pohl, P., Bielawska-Pohl, A., Dzimitrowicz, A., Jamroz, P., Welma, M., Lesniewicz, A., & Szymczycha, A. (2017). Recent achievements in element analysis of bee honeys by atomic and mass spectrometry methods. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 93, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.05.009>.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540, 220-229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>.
- Ramírez, S. R. (2019). Pollinator specificity and seasonal patterns in the euglossine bee-orchid mutualism at La Gamba Biological Station. *Acta Zoologisch Botanischen Austria*, 156, 171-181.
- Ramírez, S. R., Dressler, R. L., & Ospina, M. (2002). Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Lista de espécies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3, 7-118.
- Rebelo, J. M. M., & Garófalo, C. A. (1991). Diversidade e sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferência por iscas odores em um fragmento de floresta no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 51(4), 787-789.
- Rebollos-Hernández, C. A., Vallejo-Pérez, M. R., Carrizales-Yáñez, L., Garrigos-Lomelí, G. J., Razo-Soto, I., & Diaz-Barriga, F. (2024). Arsenic and mercury exposure in different insect trophic guilds from mercury mining areas in Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12571-9>
- Rebollos-Hernández, C. A., Vallejo-Pérez, M. R. J., Razo-Soto, I., Martínez, F. D. B., & Carrizales-Yáñez, L. (2023). Mercury entomotoxicology. *Chemosphere*, 311, 136965. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136965>

- Reed, T. E., Schindler, D. E., & Waples, R. S. (2011). Interacting effects of phenotypic plasticity and evolution on population persistence in a changing climate. *Conservation Biology*, 25(1), 56-63. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01552.x>.
- Rocha-Filho, L. C., Montagnana, P. C., Boscolo, D., & Garófalo, C. A., (2020). Species turnover and low stability in a community of euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) sampled within 28 years in an urban forest fragment. *Apidologie*, 51, 921-934. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00772-3>.
- Rocha-Filho, L. C., & Garófalo, C. A. (2013). Community ecology of Euglossine bees in the coastal Atlantic Forest of São Paulo State, Brazil. *Journal of Insect Science*, 13, 23. <https://doi.org/10.1673/031.013.2301>.
- Roubik, D. W., & Ackerman, J. D. (1987). Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*, 73(3), 321-333. <https://doi.org/10.1007/BF00385247>.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- Santos, A. M., & Sofia, H. S. (2002). Horário de atividade de machos de Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em um fragmento de floresta semidecídua no Norte do Estado do Paraná. *Acta Scientiarum*, 24(2), 375-381. <https://doi.org/doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v24i0.2297>.
- Schaefer, K., & Bookstein, F. (2009). Does geometric morphometrics serve the needs of plasticity? *Journal of Biosciences*, 34(1), 589-599. <https://doi.org/10.1007/s12038-009-0076-5>.
- Schorn, M. H. S., Izzo, T. J., & Anjos-Silva, E. J. (2015). Expanding the area of distribution of *Eufriesea fragocara* Kimsey (Hymenoptera, Apidae) in the Brazilian Amazon Forest. *Scientific Electronic Archives*, 1, 43-46. <https://doi.org/10.36560/812015164>.
- Silveira, G. C., Freitas, R. F., Tosta, T. H. A., Rabêlo, L. S., Gaglianone, M. C., & Augusto, S. C. (2015). The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: Do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie*, 46, 197-208. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0314-1>.
- Silveira, F. A., Melo, G. A. R., & Almeida, E. A. B. (2002). *Abelhas Brasileiras. Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte: [s.n.], p. 253.
- Solera, K., Freitas, F., Lopes, V. J. S., Machado, G. A., de Andrade, R. L. T., & Battirola, L. D. (2024). Honey production in the south of the Legal Amazon: A study on the potential contamination of mercury in apiaries. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 66422-66434. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35574-y>.
- Sousa, F. G., Santos, J. S., Martello, F., Diniz, M. F., Bergamini, L. L., Ribeiro, M. C., Collevatti, R. G., & Silva, D. P. (2022). Natural habitats cover and fragmentation per se influence orchid-bee species richness in agricultural landscapes in the Brazilian Cerrado. *Apidologie*, 53(20), 2-16. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00925-6>.
- Souza, A. P., Mota, L. L., Zamadei, T., Martim, C. C., Almeida, F. T., & Paulino, J. (2013). Climate classification and climatic water balance in Mato Grosso States, Brazil. *Nativa*, 1(1). <https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1334>.
- Storck-Tonon, D., Morato, E. F., Melo, A. W. F., & Oliveira, M. L. (2013). Orchid bees of forest fragments in Southwestern Amazonia. *Biota Neotropica*, 13. <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n11/pt/abstract?article+bn03413012013>.
- Sun, T., Ma, M., Wang, X., Wang, Y., Du, H., Xiang, Y., Xu, Q., Xie, Q., & Wang, D. (2019). Mercury transport, transformation and mass balance on a perspective of hydrological processes in a subtropical forest of China. *Environmental Pollution*, 254, 113065. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113065>.

- Tonhasca-Junior, A., Blackmer, J. L., & Albuquerque, G. S. (2002). Abundance and diversity of euglossine bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, 34, 416-422. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00555.x>.
- Viana, T. A., Martins, F. N., & Lourenço, A. P. (2021). The orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of a Neotropical Savanna: An efficient protocol to assess bee community and diversity along elevational and habitat complexity gradients. *Neotropical Entomology*, 50, 748-758. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00899-7>.
- Vilhena, P. S., Rocha, L. I., & Garófalo, C. A. (2017). Male orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in canopy and understory of amazon várzea floodplain forest. I. Microclimatic, seasonal and faunal aspects. *Sociobiology*, 64(2), 191-201. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i2.1232>.
- Wang, Z., Luo, P., Zha, X., Xu, C., Kang, S., Zhou, M., Nover, D., & Wang, Y. (2022). Overview assessment of risk evaluation and treatment technologies for heavy metal pollution of water and soil. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134043>.
- World Health Organization (WHO). (2024). *Ficha Informativa sobre Mercúrio e Saúde*. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>. Acesso em: 21 jan. 2024.
- Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A. R., Varassin, I. G., Maués, M., Freitas, L., Carneiro, L. T., Bueno, R. O., Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A. M., & Silva, C. I. (2016). *Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil*. Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador, 179 p
- Yuan, T., Huang, S., Zhang, P., Song, Z., Ge, J., Miao, X., Wang, Y., Pang, Q., Peng, D., Wu, P., Shao, J., Zhang, P., Wang, Y., Guo, H., Guo, W., & Zhang, Y. (2024). Potencial decoupling of CO² and Hg uptake process by global vegetation in the 21st century. *Nature Communications*, 15, 4490. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48849-2>.
- Yuan, W., Wang, X., Lin, C., Wu, Fei., Luo, K., Zhang, H., Lu, Z., & Feng, X. (2022). Mercury uptake, accumulation, and translocation in roots of subtropical forest: Implications of global mercury budget. *Environmental Science & Technology*, 56(19), 14154-14165. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04217>.
- Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>.
- Zhang, L., Zhou, P., Cao, S., & Zhao, Y. (2019). Atmospheric mercury deposition over the land surfaces and the associated uncertainties in observations and simulations: A critical review. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 15587-15608. <https://doi.org/10.5194/acp-19-15587-2019>.
- Zhou, J., Yin, G., Gao, Y., Liu, D., Xie, J., Ouyang, L., Fan, Y., Yu, H., Zha, Z., Wang, K., Shao, L., Feng, C., & Fan, G. (2019). Evaluation of toxicity due to prenatal and lactational exposure to mixtures of lead, cadmium and mercury. *Environment International*, 133, 105192. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105192>.

CAPÍTULO II

Ocorrência de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense

Short communication será submetida para Biota Neotropica

Occurrence of *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in conservation areas in the Mato Grosso Amazon

Ocorrência de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense

Kleber Solera ^{a*}, Juliane Dambros ^a, Bruna Paz Deecken^b, Gleyce Alves Machado ^c, Ricardo Lopes Tortorela de Andrade ^a, Leandro Dênis Battirola ^{a,d}

^a Federal University of Mato Grosso, Institute of Natural, Human and Social Sciences, Postgraduate Program in Biotechnology and Biodiversity-Pró-Centro-Oeste, Av. Alexandre Ferronato, 1.200, 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brazil.

^b Graduate Program in Environmental Sciences of the Institute of Natural, Human and Social Sciences of the Federal University of Mato Grosso, University Campus of Sinop.

^c Federal University of Catalão, Institute of Biotechnology, Câmpus I: Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1.120, 75704-020, Catalão, Goiás, Brazil.

^d Federal University of Mato Grosso, Department of Forest Engineering, Faculty of Forest Engineering. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2.367, 78060-900, Cuiabá – Mato Grosso, Brazil.

*Autor correspondente: solera.keuglossini@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2331-9941>

Abstract

We recorded *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in conservation areas in the Mato Grosso Amazon, specifically in the Ronuro River Ecological Station (ESEC), Nova Ubitatã-MT, and in the reserve area of the Continental Farm, Cláudia-MT. Two male individuals were sampled at ESEC in November 2019 and another male at Continental Farm in November 2022. In Mato Grosso, records of the occurrence of the species are known in the Amazon, Cerrado and Pantanal domains. With the new records in the conservation areas, we expanded the geographic distribution of the species, encompassing the ecotonal region between the Cerrado-Amazon, mid-north of Mato Grosso, Brazil.

Keywords: Amazon, Conservation Units, Orchid bees, Rare species

Resumo

Efetuamos os registros de *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense, especificamente na Estação Ecológica do Rio Ronuro (ESEC), Nova Ubitatã-MT, e na área de reserva da Fazenda Continental, Cláudia-MT. Dois machos foram amostrados na ESEC em novembro de 2019 e

outro macho na Fazenda Continental em novembro de 2022. Em Mato Grosso são conhecidos registros de ocorrência da espécie nos domínios da Amazônia, Cerrado e Pantanal. Com os novos registros nas áreas de conservação ampliamos a distribuição geográfica da espécie, englobando a região ecotonal entre a Cerrado-Amazônia, médio norte de Mato Grosso, Brasil.

Palavras-chave: Abelhas-das-orquídeas, Amazônia, Espécie-rara, Unidades de Conservação

1 Introdução

Cerca de 20.800 espécies válidas de abelhas são conhecidas em todo o mundo (Orr 2021). No Brasil, aproximadamente, 2.000 espécies são registradas (Ascher & Pickering 2022). Abelhas Euglossini, endêmicas da região Neotropical (Kimsey & Dressler 1986), são conhecidas como abelhas das orquídeas e estão representadas por cerca de 250 espécies descritas (Nemésio & Rasmussen 2011), sendo mais de 200 com ocorrência no Brasil (Ramírez et al. 2002, Anjos-Silva & Rebêlo 2006, Nemésio & Rasmussen 2011). Essas abelhas estão distribuídas em cinco gêneros: *Eulaema* Lepeletier de Saint Fargeau, 1841, *Euglossa* Latreille, 1802, *Eufriesea* Cockerell, 1908, *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817 e *Aglae* Lepeletier & Serville, 1825 (Garófalo & Rozen 2001, Ramírez et al. 2010).

A maioria das Euglossini vive de forma solitária (Michener 2000), sendo que fêmeas de *Euglossa* e *Eulaema* podem compartilhar ninhos (Silveira et al. 2002). Essas abelhas atuam como agentes polinizadores em mais de 10% das orquídeas da região Neotropical (Roubik & Hanson 2004), e de mais de 70 espécies de angiospermas (Arriaga & Hernández 1998), com destaque para representantes de Amaryllidaceae, Araceae, Annonaceae, Euphorbiaceae, Gesneriaceae, Haemodoraceae e Solanaceae (Ramírez et al. 2002, Roubik & Hanson 2004). Esse papel é potencializado pela longa distância de forrageamento percorrido por essas abelhas (Janzen 1981).

Em Euglossini, *Aglae* é conhecida apenas pela espécie *Aglae caerulea* Lepeletier & Serville, 1825 (Dressler 1982; Ramírez et al. 2002). Fêmeas de *A. caerulea* são cleptoparasitas de ninhos de *Eulaema* e *Eufriesea* (Moure 1964, Dressler 1982, Cameron 2004). As *Aglae* apresentam cor azul metálica com o tamanho do corpo variando entre 20 e 28mm (Dressler 1982). Além do Brasil, *A. caerulea* possui registros de ocorrência para Guiana, Panamá e Colômbia ocidental (Dressler 1982), Bolívia, Peru e Venezuela (Moure & Melo 2023). No Brasil possui registros no Acre, Amapá, Goiás, Maranhão, Rondônia, Pará, Tocantins e Mato Grosso (Silveira et al. 2002; Sobral-Souza et al. 2015; Schorn et al. 2020). Em Mato Grosso a espécie tem registros na Amazônia, município de Cotriguaçu, Fazenda São Nicolau (Schorn

2014), e Parque Estadual do Cristalino, município de Alta Floresta (Figueiredo et al. 2016), no Cerrado, foram registrados espécies no Parque Nacional de Chapada dos Guimarães (Anjos-Silva et al. 2006), no Pantanal, foram feitos registros na Estação Ecológica de Serra das Araras, município de Porto Estrela (Anjos-Silva 2019), e Barão de Melgaço (Schorn et al. 2020), e em mata de galeria no município de Santo Antonio de Leverger (Schorn et al. 2020).

A partir da formulação e utilização de essências atrativas de Euglossini foi possível ampliar os conhecimentos sobre a composição destes organismos nos ambientes naturais (Dodson et al. 1969), entre estas essências cinamato de metila e benzoato de benzila são eficazes para atração de *A. caerulea* (Roubik & Hanson 2004).

De acordo com os registros de ocorrência de *Aglae*, observa-se que é encontrada em áreas menos impactadas como as Unidades de Conservação (UC) e reservas legais (e.g. Anjos-Silva et al. 2006; Silva et al. 2013; Figueiredo et al., 2015; Martins et al. 2016; Anjos-Silva 2019; Schorn et al. 2020). Essas áreas exercem papel fundamental para a preservação de espécies (Sá & Carvalho 2024), principalmente, para aquelas que se encontram sob ameaça de extinção e/ou são consideradas raras (BRASIL 2000). Mediante a grande ameaça sobre as espécies de abelhas (Zattara & Aizen 2021), a implantação de áreas protegidas se apresenta como importante ferramenta visando a conservação das espécies, incluindo as Euglossini, já que essas áreas passam a constituir refúgios (Silva et al. 2014; Nemésio et al. 2016; Miranda et al. 2019).

Segundo o Projeto de Emenda Constitucional nº 12/2022 do Governo do Estado de Mato Grosso, o Estado possui 47 Unidades de Conservação somando, aproximadamente, 2.872.795,08 milhões de hectares entre os biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia. Assim, subsidiado na importância de ampliar o conhecimento sobre a ocorrência de espécies de abelhas em áreas de conservação, reservas legais, florestas nativas, ou outras áreas afins que permitam a manutenção da integridade biótica dos ambientes naturais (e.g. Silva et al. 2013; Miranda et al. 2019), neste estudo ampliamos os registros da ocorrência de *A. caerulea*, incluindo duas áreas protegidas distintas na Amazônia mato-grossense, Sul da Amazônia Legal, considerando a necessidade desses registros para a consolidação das estratégias de conservação das espécies.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense, na Estação Ecológica do Rio Ronuro (ESEC), município de Nova Ubiratã-MT, e na área de reserva particular da Fazenda Continental, município de Cláudia-MT. A ESEC está localizada na transição entre o Cerrado e Floresta Amazônica (Costa et al. 2021) (Figura 1), possui 102ha destinados a categoria de Estação Ecológica, conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), localizada na região central do Estado de Mato Grosso, Bacia do rio Xingu. O clima da região da ESEC é do tipo tropical de monções (Am) e tropical com estação seca de inverno (Aw). Precipitação anual em (Am) em torno de 2.000mm. ano, temperatura média 22°C. Nas localidades (Aw) precipitação varia entre 1.800 e 2.300, com temperatura média de 20°C (Alvares et al. 2013). Vegetação com formações pioneiras, Floresta Estacional Semidecidual, e áreas de contato savana com floresta, de floresta ombrófila aberta submontana (Borges et al. 2017).

A Fazenda Continental, que abriga a reserva de floresta nativa e conservada de aproximadamente 4.500ha está localizada no município de Cláudia/MT, nos domínios da bacia do Rio Renato, no Médio Teles Pires (Marques et al. 2019, Alves et al. 2022) (Figura 1). O clima da região é do tipo Aw (tropical quente úmido), sazonalidade definida seca (maio-setembro), e chuva (outubro-abril), precipitação média de 1.970 mm, temperatura média entre 24 e 27 °C. A cobertura vegetal predominante da área é caracterizada com plantas dos biomas Cerrado-Amazônia (Souza et al. 2013), devido à zona de transição entre esses biomas.

2.2 Procedimentos de coleta e identificação

O período de monitoramento na (ESEC) ocorreu entre os anos de 2019 e 2020. Na Fazenda Continental o período de monitoramento foi entre 2021 e 2023. Para captura das abelhas em ambas as áreas foram utilizadas armadilhas de garrafa PET de 2L (e.g. Campos et al., 1989), identificadas com informações acerca das coordenadas geográficas e das respectivas essências atrativas utilizadas: Benzoato de Benzila, Cinamato de Metila, Cineol, Eugenol, e Salicilato de Metila. As armadilhas foram fixadas sobre o galho das plantas a 1/5m de altura do solo com auxílio de arame flexível, em seu interior foram fixados chumaços de algodão umedecidos com as essências atrativas, permanecendo 24h em campo por cada período amostral.

Indivíduos de *Aglae caerulea* coletados foram triados e identificados no Laboratório de Arachnida e Myriapoda da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. Para identificação foram utilizados materiais complementares como Lupa LEICA EZ4,

e chave de identificação para gênero de Euglossini (Kimsey 1982). As abelhas permanecem depositadas na Coleção Entomológica do Acervo Biológico da Amazônia Meridional (ABAM).

Pontos de ocorrência da espécie foram obtidos por meio de buscas nos bancos de dados online CRIA SpeciesLink (www.splink.org.br) e Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org), artigos científicos publicados, e em consultas nas coleções: Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP), Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Invertebrate Zoology Collection, Museum of Natural History, University of Florida (FLAS); Coleção de Hymenoptera do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA); Entomology Collections, Biodiversity Institute & Natural History Museum, Kansas; e Coleção de Hymenoptera: Apoidea, Invertebrate Zoology, American Museum of Natural History (AMNH).

3 Resultados

Nas armadilhas instaladas na ESEC foram coletadas 180 abelhas distribuídas entre os cinco gêneros durante o período de monitoramento. Dentre essas foram coletados dois indivíduos de *A. caerulea* atraídos por cinamato de metila (12°46'00''S-14°07'00''W e 55°15'00''S-54°19'00''W), durante o mês de novembro de 2019 (Figura 2). Nas armadilhas instaladas na Fazenda Continental foram capturadas 363 abelhas de cinco gêneros. Dentre essas apenas um macho de *A. caerulea* foi coletado atraído por benzoato de benzila (11°32'94''S-55°11'31''W), em novembro de 2022 (Figura 2).

4 Discussão

Aglae caerulea é considerada espécie rara e possuem hábitos sazonais com maiores ocorrências em períodos chuvosos (Moure 1967, Cameron 2004, Figueiredo et al. 2015). A ESEC do Rio Ronuro e a Fazenda Continental, demonstram exercer papel fundamental na preservação destas espécies, oferecendo as condições necessárias, incluindo fornecimento dos recursos florais e ambientes de nidificação (Giannini et al. 2017; Brito et al. 2019), possibilitando a sua ocorrência e manutenção, em uma zona de transição entre a Amazônia e o Cerrado. Na Amazônia mato-grossense *A. caerulea* foi registrada por Schorn (2014) e Figueiredo et al. (2015). No Cerrado em Mato Grosso, registros foram efetuados por Anjos-Silva et al. (2006), enquanto para o Pantanal mato-grossense os registros foram efetuados por Anjos-Silva et al. (2019) e Schorn et al. (2020).

A ampliação dos registros de ocorrências de espécies consideradas raras é importante para mensurar sua distribuição no ambiente (Ollerton 2017; Schorn et al. 2020) e, a partir do registro de sua ocorrência, ampliar as políticas de proteção das áreas florestadas (Ferreira et al. 2024). Proteger áreas de interesse à conservação da biodiversidade é uma meta fundamental, principalmente, para regiões que enfrentam grandes pressões antrópicas devido ao avanço do uso e ocupação do solo de forma extensiva ou desordenada (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019), incluindo o avanço da exploração mineral, como ocorre na Amazônia mato-grossense (Fernandes 2024).

As Unidades de Conservação (UCs) exercem a função de preservação da natureza e manutenção das espécies por meio da continuidade do fluxo gênico e proteção dos recursos naturais necessários para sobrevivência dos organismos que nelas habitam (Costa et al. 2022). Entretanto, mesmo as áreas de proteção ambiental, estão sobre influência constante de mudanças ambientais, devido ao uso e ocupação do solo no seu entorno. Ações antrópicas como o monocultivo, pecuária extensiva e garimpos avançam, muitas vezes, de forma desordenada, afetando negativamente a riqueza de abelhas e outros organismos, acentuadamente pela perda de habitat (Zattara & Aizen 2021). Sobre este contexto, é fundamental que as pesquisas de monitoramento das UCs ocorram de forma ampla e permanente, protegendo cada vez mais sua biodiversidade (Giannini et al. 2017, Orr et al. 2021). O número de espécies de abelhas vem diminuindo no mundo (Zattara & Aizen 2021). Os registros efetuados neste estudo, corroboram com a importância e necessidade de relatar a ocorrência de espécies raras como *A. caerulea*, principalmente, quando encontradas em florestas com uma matriz predominantemente antropizada por lavouras.

5 Considerações finais

Novos registros e ampliação de ocorrências, assim como, estudos de modelagem (Silva et al. 2013), que visam ampliar as possíveis áreas prioritárias para a conservação das Euglossini, podem subsidiar tomadas de decisões e a definição de políticas públicas para a segurança e a conservação das espécies. Isso se torna mais relevante, ao se abordar espécies chave como abelhas, devido ao seu papel como agentes polinizadores, promovendo a discussão sobre a ampliação de áreas por meio de Parques, Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), Área de Proteção Ambiental (APA), Reservas Legais e Estações Ecológicas.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação de Biotecnologia e Biodiversidade da Universidade Federal de Mato Grosso. Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus de Sinop.

Authors' Contribution

Role	Authors
Conceptualization	KS; BPD; RLTD; LDB
Resources	KS; LDB
Methodology	KS; JD; BPD; LDB
Writing – original draft	KS; BPD; RLTD; LDB
Writing – review & editing	KS; BPD; RLTD; LDB

Conflicts of Interest

The author(s) declare (s) that they have no conflict of interest related to the publication of this manuscript.

5 Lista de figuras

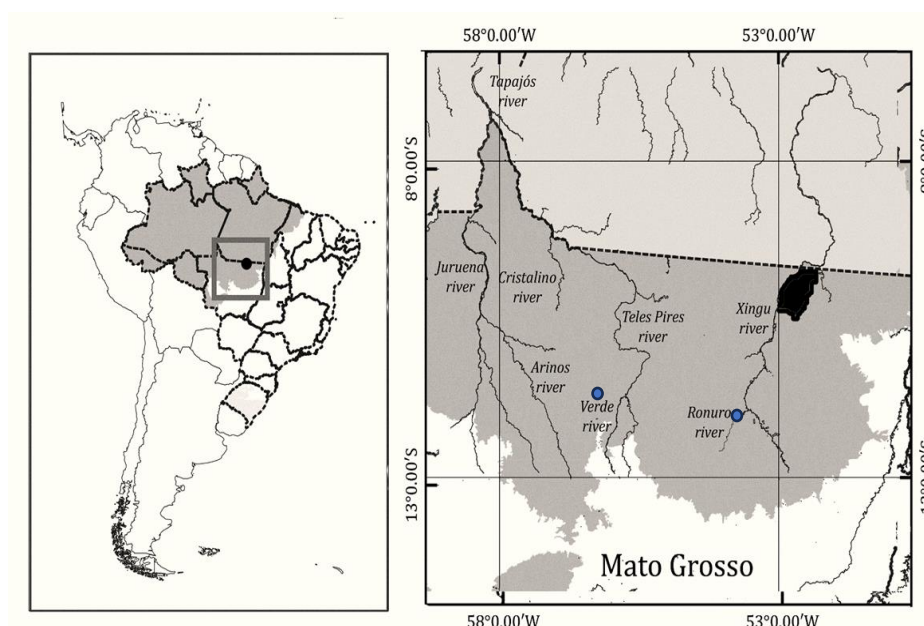


Figura 1 Localização das áreas de registro de *Aglae caerulea* na região sul-americana com nova ocorrência.

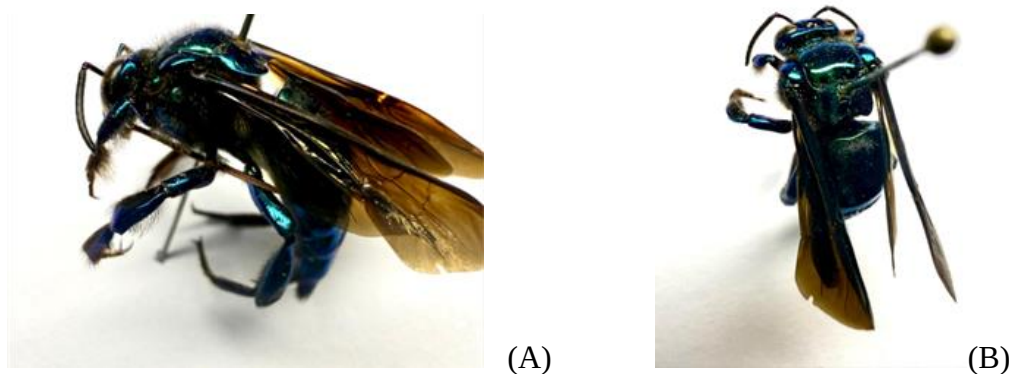


Figura 2 Macho de *Aglae caerulea* coletado com armadilha (PET), usando atrativo Cinamato de Metila e Benzoato de Benzila. (A) tíbias e fêmur, vista lateral. (B) mesossoma, vista dorsal).

6 Referências

- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELLAS, P.C., GONÇALVES, M., JOSÉ, L. & SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- ALVES, M.A.B., BORELLA, D.R., SILVA-LUZ, C.C., CASTAGNA, D., SILVA, W.C., SILVA, A.F., ALMEIDA, F.T. & SOUZA, A.P. 2022. Classes de solos nas bacias hidrográficas dos rios Caiabi e Renato, afluentes do rio Teles Pires, no sul da Amazônia. *Nativa*, 10(3), 431-448. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i3.14192>.
- ANJOS-SILVA, E.J. & REBÊLO, J.M.M. 2006. A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. *Zootaxa*, 1105: 27-35.
- ANJOS-SILVA, E.J. 2006. Orchid bee species (Hymenoptera: Apidae) from Mato Grosso: An appraisal. VII Encontro sobre abelhas - Anais 503-507.
- ANJOS-SILVA, E.J. 2019. Unpredicted occurrence of *Aglae caerulea* in the Pantanal wetland biome and its implications (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, 50, 288-292. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00640-9>.
- ARRIAGA, E.R. & HERNÁNDEZ, E.M. 1998. Resources foraged by *Euglossa atrovirens* (Apidae: Euglossini) at Unión Juárez, Chiapas, Mexico. A palynological study of larval feeding. *Apidologie*, 29, 347-359.

- BORGES, H.B., SILVEIRA, E.A. & VENDRAMIN, L.N. 2017. Flora arbórea de Mato Grosso: Tipologias vegetais e suas espécies. 1ª ed. Cuiabá, MT: Entrelinhas, 259p.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000
- BRITO, T.F., SANTOS, A.C.S., MAUÉS, M.M., SILVEIRA, O.T. & OLIVEIRA, M.L. 2019. Historical records of orchid bees (Apidae: Euglossini) in Belém endemism center: Species list of 92 years sampling. *Revista Brasileira de Biologia*, 79(2), 263-272. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180139>.
- CAMERON, S.A. 2004. Phylogeny and biology of Neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology*, 49, 377-404.
- CAMPOS, L.O., SILVEIRA, F.A., OLIVEIRA, M.L., ABRANTES, C.V.M., MORATO, E. & MELO, G.A.R. 1989. Utilização de armadilhas para captura de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Biologia*, 6, 621-626.
- COSTA, C.A., ANTUNES, E.M., FRANÇA, W.R., GODOY, F.A. & RODRIGUES, D.J. 2022. Estação Ecológica do Rio Ronuro e sua importância socioambiental. In: RODRIGUES, J.D., BARBOSA, F.R., NORONHA, J.C., CARPANEDO, R.S., TOURINHO, A.L, BATTIROLA, L.D (1ªEd.) Biodiversidade da Estação Ecológica do Rio Ronuro, p. 5-25.
- CRIA 2019. Collaborative databasing of North American bee collections within a global informatics network project (AMNH-Bee), Coleção de Hymenoptera INPA (INPA-Hymenoptera), Snow Entomological Museum Collection (KU-SEMC). <http://www.splink.org.br>. (accessed date: 1 May 2024).
- DODSON, C.H., DRESSLER, R.L., HILLS, H.G., ADAMS, R.M. WILLIAMS, N. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science*, 164, 1243-1249. <https://doi.org/10.1126/science.164.3885.1243>.
- DRESSLER, R.L. 1982. Biology of Orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 373-394.
- FERNANDES, R.M.S. 2024. A pressão pelo avanço da mineração na faixa de fronteira da Amazônia Legal (2003-2022). *Novos Cadernos*, 27(1), 15-38. <https://doi.org/10.0.72.110/ncn.v27i1.15105>.
- FERREIRA, A.S., MORAES, A.D.B., GOUVÊA, T.P., SALEEM, K. & SOUZA, M.M. 2024. Uma visão comparativa de unidades de conservação de proteção integral no estado de

- Minas Gerais, Brasil: Conflitos locais e alternativas econômicas. *Biodiversidade Brasileira*, 14(2), 1-17. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v14i1.2446>.
- FIGUEIREDO, J.D.S., SOUZA, M.H.S. & ANJOS-SILVA, E.J. 2016. Abelhas-das-Orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). In: RODRIGUES, D.J., BARBOSA, F.R., NORONHA, J.C., VINDICA, V.F. & BARBOSA, F.R. (Ed.) *Biodiversidade do Parque Estadual Cristalino*. p. 96-109.
- GARÓFALO, C.A. & ROZEN, J.G.J.R. 2001. Parasitic behavior of *Exaerete smaragdina* with descriptions of its mature oocyte and larval instars (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *American Museum Novitates*, 3349, 1-26. [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2001\)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2001)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2).
- GIANNINI, T.C., COSTA, W.F., CORDEIRO, G.D., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., SARAIVA, A.M., BIESMEIJER, J. & GARIBALDI, L.A. 2017. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *Plos One*, 12(8), 1-13. doi:10.1371/journal.pone.0182274.
- INDEA 2023. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. Área plantada soja e algodão em Mato Grosso, safra 2022/2023. Disponível em: <<https://www.indea.mt.gov.br/-/23027234-area-plantada>>. Acesso em: 08 maio 2023.
- JANZEN, D.H. 1981. Euglossini bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science*, 171, 203-204.
- KIMSEY, L.S. 1982. Systematics of Bees of the Genus *Eufriesea* (Hymenoptera, Apidae). University of California Publications in Entomology, v.95, 67p.
- KIMSEY, L.S. & DRESSLER, R.L. 1986. Synonymic species list of Euglossini. *The Pan Pacific Entomologist*, 62, 229-236.
- MARQUES, E. Q., MARIMON-JUNIOR, B.H., MARIMON, B.S., MATRICARDI, E.A., MEWS, H.A. & COLLI, G.R. 2019. Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. *Biodiversity and conservation*, 29(5), 1501-1517. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01720-z>.
- MARTINS, D.C., ALBUQUERQUE P.M.C., SILVA F.S., REBÊLO J.M.M. 2016. First record of *Aglae caerulea* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) in Brazilian Cerrado east of the Amazon Region, Maranhão State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 76(2), 554-556. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.06415>.
- MICHENER, C.D. 2000. *The Bees of the World*. Baltimore e London. Johns Hopkins University Press. 913p.

- MIRANDA, E.A., CARVALHO, A.F., GOMES-MIRANDA, J.J., SOUZA, C.R., COSTA, M.A. 2019. Priority areas for conservation of orchid bees (Apidae, Euglossini) in the Atlantic Forest. *Journal of Insect Conservation*, 23, 613–621. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00155-9>.
- MOURE, J.S. & MELO, G.A.R. 2023. 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. Available at <https://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Nov/11/2024.
- MOURE, J.S. (1967). A checklist of the known euglossine bees (Hymenoptera, Apidae). Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, vol. 5 pp. 395-415. Disponível em: <https://moure.cria.org.br/catalogue?id=114479&printmode=1>.
- MOURE, J.S. 1964. A key to the parasitic Euglossinae bees and a new species of *Exaerete* from Mexico (Hymenoptera, Apoidea). *Revista de Biologia Tropical*, 12 (1), 15-18. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.1964.31333>.
- NEMÉSIO, A., SILVA, D.P., NABOUT, J.C., VARELA, S. 2016. Efeitos da mudança climática e da perda de habitat em uma espécie de abelhas dependentes da floresta em uma paisagem tropical fragmentada. *Insect Conservation and Diversity*, 9, 149–160. <https://doi.org/10.1111/icad.12154>.
- NEMÉSIO, A. & RASMUSSEN, C. 2011. Nomenclatural issues in the orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) and an updated catalogue. *Zootaxa*, 06, 1-42. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3006.1.1>.
- NEMÉSIO, A., VASCONCELOS, H.L. 2013. Beta diversity of orchid bees in a tropical biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 22, 1647–1661. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0500-x>.
- OLLERTON, J. 2017. Pollinator diversity: Distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 48, 353-76. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>.
- ORR, M.C., HUGHES, A.C., CHESTERS, D., PICKERING, J., ZHU, C.D. & ASCHER, J.S. 2021. Global patterns and drivers of bee distribution. *Current Biology*, 31(3), 451-458. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.053>.
- RAMÍREZ, S., DRESSLER, R.L. & OSPINA, M. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Lista de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3(1), 7-118.

- RAMÍREZ, S.R., ROUBIK, D.W., SKOV, C. & PIERCE, N.E. 2010. Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of Euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 100, 552-572. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01440.x>.
- ROUBIK, D.W. & HANSON, P.E. 2004. Orchid bees of tropical America. Biology and field guide. INBIO. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- SÁNCHEZ-BAYO, F., WYCKHUYS, K.A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- SOBRAL-SOUZA, T. LIMA-RIBEIRO, M.S. SOLFERINI, V.S. 2015. Biogeography of Neotropical Rainforests: Past connections between Amazon and Atlantic Forest detected by ecological niche modeling. *Evolution and Ecology*, 29, 643-655. <https://doi.org/10.1007/s10682-015-9780-9>.
- SCHORN, M.H.S. 2014. Estrutura e composição da comunidade de abelhas Euglossini atraídas por iscas artificiais na Amazônia Meridional, Brasil. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso. 47p.
- SCHORN, M.H.S., FIGUEIREDO, J.D.S., CUNHA, J.C., PAINS, S.O., BRITO, M.T., LABAIG, F.A., GARÓFALO, C.A., ANJOS-SILVA, E.J. 2020. Range expansion of the cleptoparasitic orchid bee *Aglae caerulea* in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Sociobiology*, 67(4), 599-603. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v67i4.4581>.
- SÁ, A.C.O., CARVALHO, M.E.S. 2024. Reflexões sobre a biodiversidade nas Unidades de Conservação em Sergipe. *Geographia Meridionalis*, 07, e0240006, 01–27. <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/index>.
- SEMA 2023. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso. Unidades de Conservação Estaduais/2023. Disponível em: <[https://www.Unidades de Conservação Estaduais \(sema.mt.gov.br\)](https://www.Unidades de Conservação Estaduais (sema.mt.gov.br))>. Acesso em: 24 maio 2023.
- SILVA, D.P., AGUIAR, A.J.C., ANJOS-SILVA, E.J., MARCO JR., P. 2013. Amazonian species within the Cerrado savanna: New records and potential distribution for *Aglae caerulea* (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, 44, 673-683. <https://doi.org/doi:10.1007/s13592-013-0216-7>.
- SILVA, C.I., MARCHI, P., ALEIXO, K.P., NUNES-SILVA, B., FREITAS, B.M., GARÓFALO, C.A., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., OLIVEIRA, P.E.A.M., ALVES-DOS-SANTOS, I. 2014. Manejo dos polinizadores e polinização das flores do

- maracujazeiro. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo and Ministério do Meio Ambiente - Brasil. 64 p.
- SILVEIRA, F.A., MELO, G.A.R. & ALMEIDA, E.A.B. 2002. Abelhas brasileiras: Sistemática e Identificação. Belo Horizonte: 1º ed, 253 p.
- SOUZA, A.P., MOTA, L.L., ZAMADEI, T., MARTIM, C.C., ALMEIDA, F.T. & PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, 1(1), 34-43. 2013. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>.
- ZATTARA, E.E. & AIZEN, M.A. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>.

CAPÍTULO III

Produção de mel no sul da Amazônia Legal: um estudo sobre o potencial de contaminação de mercúrio em apiários

Publicado - Environmental Science and Pollution Research.
<https://doi.org/10.1007/s11356-024-35574-y>

Produção de mel no sul da Amazônia Legal: um estudo sobre o potencial de contaminação de mercúrio em apiários

Kleber Solera ^{a,*}, Franciele de Freitas ^a, Vinicius José Santos Lopes ^{a,b}, Gleyce Alves Machado ^c, Ricardo Lopes Tortorela de Andrade ^a, Leandro Dênis Battirola ^{a,d}.

^a Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade-Pró-Centro-Oeste, Av. Alexandre Ferronato, 1.200, 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

^b Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Av. Alexandre Ferronato, 1.200, 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

^c Universidade Federal de Catalão, Instituto de Biotecnologia, Câmpus I: Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1.120, 75704-020, Catalão, Goiás, Brasil.

^d Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Engenharia Florestal. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2.367, 78060-900, Cuiabá – Mato Grosso, Brasil.

*Autor correspondente: solera.keuglossini2017@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2331-9941>

Resumo

A mineração de ouro artesanal e em pequena escala (MAPEOs) é considerada uma das principais fontes de liberação de mercúrio no meio ambiente. Considerando as atividades de mineração de ouro, este estudo avaliou a concentração de Hg em 27 apiários (*Apis spp.*) no Sul da Amazônia Legal, Estado de Mato Grosso, Brasil. Foram analisadas 243 amostras distribuídas em oitenta e uma amostras de abelhas, oitenta e uma de cera de abelha e oitenta e uma de méis, coletadas entre os meses de julho e novembro de 2022. Uma amostra de abelha apresentou concentração de Hg acima do Limite de Quantificação (68,8 ng g⁻¹), vinte e sete amostras ficaram entre o Limite de Detecção e o Limite de Quantificação (15 amostras de abelhas, oito de cera e quatro de mel). Em todas as áreas de estudo, foram detectados níveis traços de

concentração de Hg, doze perto de áreas de MAPEOs e dezesseis perto de áreas de cultivo. Registrou que os méis analisados neste estudo em Mato Grosso não estão contaminados por Hg, não oferecendo nenhum risco aos consumidores do produto. Ressalta-se que o uso de ferramentas bioindicadoras como abelhas, cera de abelha e méis é eficaz em relação ao monitoramento de Hg em apiários. Pode-se inferir também que a implantação da apicultura em áreas que passarão pelo processo de recuperação ambiental, após a exploração mineral, é viável, em consonância com o biomonitoramento permanente da região.

Palavras-chave: Abelha; Agricultura; Bioindicador; Industria.

Abstract

Artisanal and small-scale gold mining (MAPEOs) is considered one of the main sources of mercury release into the environment. Considering the gold mining activities, this study evaluated the Hg concentration in 27 apiaries (*Apis* spp.) in the South of the Legal Amazon, Mato Grosso State, Brazil. A total of 243 samples distributed in eighty-one samples of bees, eighty-one of beeswax and eighty-one of honeys, collected between the months of July and November 2022, were analyzed. One bee sample showed Hg concentration above the Limit of Quantification (68.8 ng g^{-1}), twenty-seven samples were between the Limit of Detection and the Limit of Quantification (15 samples of bees, eight of wax and four of honey). In all study areas, trace levels of Hg concentration were detected, twelve near MAPEOs areas and sixteen near cultivated areas. It noted that the honeys analyzed in this study in Mato Grosso are not contaminated by Hg, offering no risk to consumers of the product. It is noteworthy that the use of bioindicator tools such as bees, beeswax and honeys is effective in relation to Hg monitoring in apiaries. It can also be inferred that the implementation of beekeeping in areas that will go through the process of environmental recovery, after mineral exploration, is feasible, in line with the permanent biomonitoring of the region.

Keywords: Bee; Agriculture; Bioindicator; Industry.

1 Introdução

O mercúrio (Hg) é um metal pesado tóxico que pode causar graves danos à saúde humana e ao meio ambiente (Gworek et al. 2020; OMS 2024). O mercúrio tem sua origem, tanto por meio de processos naturais, incluindo erupções vulcânicas e sedimentação de rochas, quanto por processos antrópicos, como a queima de biomassa florestal, poluição por indústrias

metalúrgicas, uso de pesticidas e fungicidas, produção de baterias e pela mineração artesanal de ouro (Ma et al. 2016; Gerson et al. 2022). O Hg^0 liberado por esses processos pode oxidar para formar Hg^{2+} e depois precipitar junto com chuva, sedimentos e se transformar na forma mais tóxica, metilmercúrio (MeHg) (Gworek et al. 2020). Como o MeHg pode ser bioacumulado ou biomagnificado pela cadeia trófica (Yuan et al. 2024).

Ambientes naturais que estão sob grave ameaça das atividades humanas precisam monitorar o nível de contaminação, garantindo a qualidade e a sustentabilidade dos recursos naturais, incluindo aqueles essenciais para organismos que têm seus nichos ecológicos intrinsecamente ligados a esse ambiente (Zaric et al. 2017; Cagni et al. 2022). Mudanças que não são abruptas na maioria das vezes ocorrem lentamente e ou não são perceptíveis no início, nesse sentido, o uso de bioindicadores, incluindo abelhas e mel, permite entender e avaliar o nível de perturbação, ampliando a tomada de decisão mais adequada para minimizar os impactos (Gutiérrez et al. 2020; Cagni et al. 2022).

A utilização desses bioindicadores, além de contribuir com informações sobre as mudanças ambientais e a biodiversidade, também para compreender o complexo ciclo biogeoquímico do Hg, sobre a dinâmica desse metal no meio ambiente e a partir desse conhecimento, propor processos para mitigar os impactos associados às diferentes formas de ocupação do solo, pela expansão das cidades e áreas industriais e principalmente, pela supressão de florestas que são importantes no acúmulo de Hg atmosférico (Džugan et al. 2018; Casagrande et al. 2023; Yuan et al. 2024), com ênfase nas regiões afetadas pelas atividades de Mineração Artesanal e de Ouro em Pequena Escala (MAPEOs) (Brown et al. 2020; Fisher et al. 2022), bem como no sul da Amazônia Legal (AL) (Wanderley et al. 2023; Fernandes 2024).

O AL corresponde à área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), delimitada de acordo com o artigo 2º da Lei Complementar nº 124/2007 (BRASIL 2007). A Amazônia Legal estabelecida com o objetivo de definir a delimitação geográfica da região política em que a SUDAM atua, com a finalidade de promover o desenvolvimento inclusivo e sustentável de sua área de atuação e a integração competitiva da base produtiva regional na economia nacional e internacional (Fernandes 2024). Atualmente, a AL é composta por 772 municípios e nove estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão), correspondendo a cerca de 58,9% do território brasileiro (IBGE 2022). Entre esses estados, Mato Grosso ocupa o segundo lugar no ranking nacional de áreas ocupadas por minas artesanais de ouro, chegando a 64.063 hectares, cerca de 17,49% da área total nacional (MAPBIOMAS 2022).

As MAPEOs são reconhecidas como as principais fontes de emissão antropogênica de Hg (Gerson et al. 2022). Uma vez disperso no meio ambiente, o Hg pode contaminar a água, o solo, a atmosfera, bem como os seres vivos em geral, atingindo a população humana por meio da alimentação e da respiração (Pignati et al. 2018; EPSJV 2023). Estudos realizados por Silveira-Junior et al. (2022) no Brasil, Maggd et al. (2014) na Tanzânia, e Maragou et al. (2016) na Grécia, avaliaram a contaminação por Hg em méis provenientes de apiários localizados em áreas de mineração, e constataram a presença de traços do metal, evidenciando a importância do monitoramento, principalmente no que diz respeito à possibilidade de contaminação de humanos. Além da expansão da mineração em Mato Grosso, houve diminuição de áreas de vegetação nativa, principais ambientes para a produção apícola (Pettis et al. 2013; Stanley et al. 2015), que podem afetar diretamente a produção de mel no estado (Gutiérrez et al. 2020), e a contaminação dos apiários por Hg devido à proximidade das áreas de exploração (Silveira-Junior et al. 2022).

Dentre os fatores de supressão da vegetação, os incêndios contribuem significativamente para a remobilização do Hg presente no solo, e da biomassa vegetal para a atmosfera (McLangan et al. 2021). Essa remobilização depende da intensidade e duração do fogo e pode ocorrer pela volatilização do Hg presente na biomassa, pela dessorção térmica do Hg presente no solo, ou pela emissão atmosférica de Hg exposto no solo e lixiviação (Yuan et al. 2024). Uma vez que o Hg está presente no ambiente, ele pode encontrar as abelhas por meio da sedimentação em estruturas florais, pólen e néctar (Pohl et al., 2017; Spirić et al. 2019). Durante o forrageamento, as abelhas encontram essas estruturas e, ao retornar às colmeias, a contaminação continua incluindo cera de abelha, mel e larvas (Pohl et al. 2017; Girotti et al. 2020). A contaminação por Hg em abelhas promove perda de orientação e alterações nas glândulas produtoras de mel, contaminando o mel produzido (Moron et al. 2014; Rogers et al. 2014), que posteriormente consumidos por humanos podem causar doenças graves, como alterações genéticas e do sistema nervoso central (Khodashenas et al. 2015; Creed et al. 2019; OMS 2024).

Outros fatores pertinentes a serem considerados em relação à qualidade do mel estão relacionados à sua composição, onde cerca de 80% são formados por açúcares frutose, glicose, sacarose, aminoácidos e vitaminas (Altun et al. 2017; Ratiu et al. 2019), sais e minerais Na, K, Ca, Mg, Ca, Zn, entre outros (Cavalcanti 2021). Composição ligada ao tipo de recurso floral, manejo dos apicultores e condições ambientais.

Em relação à produção de mel, em 2022, Mato Grosso produziu 435.685 quilos, atingindo um valor de produção de R\$ 15.107 mil reais (IBGE 2024). Essa produção ocorre

entre pequenos produtores com base na agricultura familiar (Longo et al. 2019), seguindo a média nacional (Nunes e Heindrickson 2019; Vidal 2021). Em Mato Grosso, registraram-se 565 estabelecimentos rurais com atividades apícolas, com cerca de 17.818 colmeias cadastradas (INDEA 2022), evidenciando a ampla capacidade de geração de emprego e renda, com o incentivo e monitoramento do setor público (Borlachenco et al. 2017).

No Mato Grosso, as atividades de mineração de ouro ocupam cerca de 178.000 ha em diferentes regiões do estado, enquanto a agricultura e a pecuária utilizam 2.421.754 ha. Essas áreas são frequentemente afetadas pelo desmatamento, incêndios florestais ou aquelas utilizadas pelas populações locais para desmatar áreas/pastagens, e em meados de 2024, atingiram mais de 800.000 ha (MAPBIOMAS 2022, 2024), resultando, entre 1986 e 2023, na supressão de 2 milhões de ha de vegetação primária e secundária na Amazônia (MAPBIOMAS 2023), fonte primária de recursos apícolas e seu forrageamento. Assim, considerando a constante preocupação com a contaminação de produtos de origem animal por mercúrio, em função das atividades econômicas, busca-se responder às seguintes questões: O mel produzido em apiários de Mato Grosso está contaminado por mercúrio? As colmeias e as abelhas têm vestígios de mercúrio na sua composição/biomassa? Tais avaliações contribuem para a ampliação do monitoramento do impacto das atividades econômicas junto aos garimpeiros de Mato Grosso, visando a elaboração de projetos de recuperação de áreas já exploradas por essas atividades, associadas ao desenvolvimento de atividades socioeconômicas e ambientais sustentáveis como a apicultura, que pode ser uma opção para pequenas propriedades, principalmente, da agricultura familiar.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em dez municípios localizados no sul da Amazônia Legal no Estado de Mato Grosso, distribuídos em três domínios fitogeográficos, Amazônia, Cerrado e Pantanal, totalizando vinte e sete apiários monitorados (Figura 1). Seis municípios estão na região norte de Mato Grosso, na Amazônia Mato-grossense (Aripuanã, Colíder, Peixoto de Azevedo, Itaúba, Nova Santa Helena e Sinop). De acordo com a classificação de Köppen, a região caracterizada por um clima tropical de monção (Am) (Alvares et al. 2014), altitude entre 300-400 m, com temperatura média entre 24,3 e 24,8 °C, e precipitação anual varia de 2.000 a 2.300 mm (Corsini 2018).

Dois municípios estão em áreas do Cerrado (Rondonópolis e Pedra Preta), caracterizadas por um clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias anuais neste domínio variam de 18 a 27 °C, com a temperatura mínima chegando a 8 °C e a máxima chegando a 34 °C (EMBRAPA 2023). Outros dois municípios estão no Pantanal (Poconé e Nossa Senhora do Livramento), com clima Aw - tropical úmido, precipitação média anual de 1.200 mm, com temperatura média de 22 a 32 °C, e 100 a 150 metros de altitude (Coringa et al. 2012).

Essas localidades definidas para o estudo considerando a distribuição dos municípios entre as macrorregiões econômicas de Mato Grosso, bem como a área total utilizada para mineração de ouro e fontes de calor registrados em 2022 no Estado (MAPBIOMAS 2023; ICV 2023) (Tabela 1).

2.2 Metodologia

2.2.1 Desenho amostral e preparação da amostra

As amostragens ocorreram *in loco* entre os meses de julho e novembro de 2022. Em cada um dos apiários, foram selecionadas três colmeias de *Apis* spp. e coletadas amostras de abelhas (60 indivíduos), cera (50 g) e mel (50 g). Todas as amostras retiradas diretamente das caixas/colmeias nos respectivos apiários pelo pesquisador e apicultor. As abelhas foram amostradas na saída da caixa com um tubo Falcon de 50 mL, o mel operculado drenado diretamente da estrutura para o tubo Falcon de 50 mL e a cera obtida diretamente da mesma estrutura do mel e armazenada em um tubo Falcon de 50 mL.

Esses recipientes de coleta foram previamente higienizados, com a identificação do município, data de coleta, número da colmeia, número do apiário, coordenada geográfica e tipo de amostra. Ao todo, foram obtidas 243 amostras, distribuídas em 81 amostras de abelhas, 81 amostras de cera e 81 amostras de mel. O material coletado foi imediatamente armazenado em uma caixa térmica com gelo, e posteriormente transportado para o Laboratório de Análise de Traços e Química Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop, para realização de análises químicas. Todo o material é armazenado a -20 °C até o momento da análise. Não foi realizada nenhuma análise das características químicas das amostras.

A distância média (m) dos apiários em relação às áreas de mineração, lavoura e pastagem mais próximas foi determinada a partir das coordenadas geográficas dos apiários, tiradas com o auxílio do GPS portátil Garmin-MAP 62SC, e posteriormente inseridas na imagem do Google Earth Pro Landsat/Copernicus para medição. Todos os apiários foram

instalados dentro de áreas florestais. Para a análise, é considerada a menor distância apresentada, seja para mineração, lavoura, pastagem ou indústria.

Avaliação complementar da composição dos méis, através da informação constante dos respectivos rótulos dos produtos amostrados. Os valores médios da composição e informação nutricional das amostras de mel obtidas por meio da consulta aos rótulos das embalagens de mel obtidas dos mesmos apiários monitorados. Esses dados complementam as informações sobre as características do ambiente de colheita e vizinhanças e garantem a qualidade do produto para os consumidores de acordo com a Instrução Normativa nº 11/2000, que aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (BRASIL 2000).

2.2.2 Preparação de amostras e determinação de mercúrio (Hg)

Para a determinação do mercúrio, as amostras foram preparadas separadamente. As amostras de abelhas, após descongelamento, secaram em estufa com circulação de ar a 60 °C a peso constante e, posteriormente, trituradas. As amostras de mel e cera descongelaram e pesaram. Para a análise, aproximadamente 0,3 g do material (abelha, cera e mel) utilizado, pesado em balança digital com precisão de $\pm 0,1$ mg. Posteriormente, a massa é depositada em tubos de digestão. Para a digestão do material, 1 mL de água destilada, 5,0 mL de ácido sulfúrico P.A (H₂SO₄) e 2,0 mL de solução nitro-perclórica HNO₃-HClO₄ (1:1) adicionados a cada amostra. Os tubos aquecidos em um bloco digestor a 230 °C por 30 min (Akagi e Nishimura 1991) em um exaustor. Após o resfriamento, as amostras diluídas com água destilada em frascos volumétricos de 25 mL, conforme utilizado por Casagrande et al. (2023) e Freitas et al. (2024) para análises de plantas e solos.

A concentração de Hg foi determinada em um equipamento de espectroscopia de absorção atômica da marca Agilent, AA240FS, equipado com um acessório para geração de vapor VGA77, utilizando a metodologia de Akagi e Nishimura (1991). A curva padrão é construída a partir de uma solução padrão de 1000 mg L⁻¹ rastreável ao NIST (*National Institute of Standards and Technology*), marca Specsol®.

O Limite de Detecção (LD) do equipamento foi de 0,26 ng mL⁻¹ e o Limite de Quantificação (LQ) foi de 0,62 ng mL. O LD nas amostras calculado com base no LD do instrumento, quantidade de amostra e fator de diluição. Neste experimento foram utilizados 300 mg de amostra e um fator de diluição de 2. O LD na amostra sólida (LD), definido como a média de dez brancos mais três vezes o desvio padrão, foi de 21,9 ng g⁻¹ de material, e o LQ,

definido como a média de dez brancos mais dez vezes o desvio padrão, foi de 51,5 ng g⁻¹ (Neto et al. 2012).

A precisão e a exatidão do método foram determinadas a partir de amostras fortificadas com três diferentes concentrações de Hg e sete repetições para cada concentração. Os valores médios de recuperação na abelha foram de 114,5%, e Coeficiente de Variação (CV) de 15,1%, a cera obteve 80,3% de acurácia, e 28% de CV, no mel o valor médio de recuperação foi de 114,6%, e CV de 13,2%.

3 Resultados

Dentre as 243 amostras analisadas, apenas uma amostra de abelhas do município de Poconé apresentou concentração de Hg acima do LQ, com 68,8 ng g⁻¹ (n = 1; 0,4%), no entanto, a concentração geral média de Hg das amostras de abelhas obtidas nesta localidade permaneceu entre LD e LQ (Tabela 8). Os valores médios por tipo de amostra e cidade ficaram abaixo do LD e, apenas no município de Poconé, o Hg detectado em uma das amostras de abelhas.

Em relação às demais amostras entre os municípios monitorados, vinte e sete amostras, 11,1% do total, apresentaram concentração de Hg entre LD e LQ (21,9 ng g⁻¹ < [Hg] < 51,5 ng g⁻¹), com 15 amostras de abelhas (55,5% do total de abelhas), oito amostras de cera (29,6% do total de cera) e quatro amostras de méis (14,8% do total de méis), distribuídas entre Aripuanã (1 abelha, 1 cera), Peixoto de Azevedo (1 abelha, 3 ceras), Poconé (3 abelhas, 2 méis), Nossa Senhora do Livramento (1 abelha), Colíder (2 abelhas), Itaúba (2 abelhas, 1 cera), Nova Santa Helena (2 abelhas, 1 cera, 2 méis), Rondonópolis (1 abelha) e Sinop (3 abelhas, 2 ceras). Das amostras que estão entre LD e LQ, 12 (42,9%) foram coletadas perto de áreas de mineração e 16 (57,1%) coletadas próximas a áreas de lavoura. Nas demais amostras, o Hg não foi detectado (n = 215; 88,5%), ou seja, as concentrações de Hg nas amostras ficaram abaixo do LD.

Amostras de abelhas foram detectadas em todos os municípios monitorados, exceto em Pedra Preta, onde todas as amostras estavam abaixo da LD. Nas amostras de cera e mel, a concentração de Hg detectada distribuiu-se entre os municípios (Tabela 8). Vinte e sete amostras apresentaram concentrações de Hg entre LD e LQ (Hg detectado, mas não quantificado) e uma acima de LQ (Hg quantificado). Dentre as amostras cujo Hg detectou ou quantificou, observou-se que doze amostras (42,9%) foram obtidas de apiários próximos a áreas de mineração (6 abelhas; 4 ceras; 2 méis). As demais amostras (n = 16; 57,1%) estavam próximas às lavouras (10 abelhas; 4 ceras; 2 méis). As amostras de abelhas com detecção foram predominantes em ambas as condições (Tabela 2).

Dentre os apiários que apresentaram amostras entre LD e LQ mais próximas das áreas de garimpo, destacam-se os avaliados em Aripuanã, Peixoto de Azevedo, Nossa Senhora do Livramento e Poconé, municípios que possuem maior área territorial para garimpo (Tabela 1). A detecção de Hg entre os apiários próximos às áreas de cultivo correspondeu aos municípios de Colíder, Itaúba e Nova Santa Helena (Tabela 2). Nos apiários avaliados em Sinop e Rondonópolis, as maiores cidades do estudo, a detecção também foi registrada, sendo que no primeiro os apiários estavam próximos à área industrial e no segundo próximos à área de cultivo (Tabela 2).

Os valores médios das informações nutricionais descritas nos rótulos das embalagens de mel foram de 69,6 Kcal para o valor energético; 16 g para carboidratos; 0,4 mg para sódio, cálcio 0,9 mg, proteínas 0,1 g gorduras totais 0,8 g e para ferro, os valores não relatados foram zero, considerando uma porção de 20 g do produto.

4 Discussão

A apicultura é uma importante atividade econômica em Mato Grosso, representando um mercado promissor, além de uma boa opção para pequenas propriedades e agricultura familiar. Traços de mercúrio registrados em apiários distribuídos por todo o estado de Mato Grosso, em municípios como Peixoto de Azevedo e Poconé, onde a atividade de mineração de ouro é bastante representativa. Embora não caracterize contaminação, considerando a concentração encontrada, fica evidente que o monitoramento deve ser constante, evitando problemas futuros, conforme previsto no Decreto nº 97.507/89 (BRASIL 1989), que trata do licenciamento da atividade mineral em áreas de extração de ouro e da proibição do uso de mercúrio.

Em relação à ocupação da área destinada à mineração, no Brasil, esse número chega a 196 mil hectares, para o estado do Mato Grosso são utilizados mais de 64.000 hectares, sendo a maior parte na Amazônia, destacando-se o município de Peixoto de Azevedo, que lidera o ranking estadual com uma área explorada de 12.677 hectares (MAPBIOMAS 2024). A grande área ocupada pela mineração de ouro entre os municípios avaliados reforça a preocupação com a emissão de Hg na atmosfera, solos e rios (ONU 2019; Fisher et al. 2022). Dados da Avaliação Global de Mercúrio na Convenção de Minamata (OMS 2021), estimam que áreas de MAPOs ao redor do mundo liberam 727 toneladas métricas de Hg no meio ambiente por ano, para o Brasil estima-se que os MAPEOs dispersam 161 toneladas na atmosfera (MAPA 2018).

É necessário, no entanto, destacar que, além das áreas de mineração, são registrados anualmente focos de calor em Mato Grosso (Tabela 1). Sejam esses focos de origem controlada,

acidental ou criminosa, o Hg desprendido da biomassa durante a queima (McLagan et al. 2021), pode se dispersar pelo vento por milhares de quilômetros, tendo um período de residência na atmosfera de até um ano (Pérez 2013). Em relação ao número de focos de calor, Aripuanã registrou o maior número ($n = 1.400$), seguido por Peixoto de Azevedo ($n = 825$) e Nova Santa Helena ($n = 309$), todos localizados na Amazônia. Para o Cerrado, poucos focos foram registrados nos municípios monitorados, Pedra Preta ($n = 26$) e Rondonópolis ($n = 50$). Poconé, localizada no Pantanal, registrou 227 focos de calor e Nossa Senhora do Livramento, sessenta e três focos de calor.

Além do período de residência do Hg na atmosfera, é importante considerar que as abelhas podem voar por distâncias de até 8 km (Ribeiro 2010; Meli et al. 2015), ambientes de forrageamento com florestas conservadas, áreas queimadas, áreas urbanizadas, áreas de mineração, áreas industriais e áreas sob influência de pesticidas (Tang et al. 2020). Em média, os apiários monitorados nesta pesquisa estão a 400 m das minas, e, ao mesmo tempo, em meio a grandes áreas de florestas que podem queimar anualmente em todo o estado.

Ao longo do tempo e do espaço, as abelhas encontram o Hg, presente na atmosfera e nas estruturas florais (Zhang et al. 2019). O Hg presente nas flores pode ter sua origem na sedimentação através da precipitação que arrasta (Sun et al. 2019), e ou via Hg sedimentado no solo e na serrapilheira, que é absorvido pelas raízes e transportado pelos vasos condutores para os demais tecidos e estruturas superiores das plantas (Sun et al. 2019; Zhang et al. 2019; Bispo et al. 2020). Ao retornar às colmeias, as abelhas transportam Hg, neste caso, tornando-se "vetores" que podem posteriormente ser incorporados a produtos apícolas como mel, cera e própolis, podendo até contaminar a prole e a colônia (Pohl et al. 2017; Girotti et al. 2020).

Em relação à cera de abelha, destaca-se que ela é um produto suscetível ao reaproveitamento (EMBRAPA 2018), aparentando formar um "estoque" de Hg proveniente de ambientes que estão sob influência de fontes que promovem a liberação do metal, como queimadas, indústrias, mineração, urbanização e culturas que utilizam defensivos e fungicidas com partículas de Hg na composição química (Phol et al. 2017; Bommuraji et al. 2019; Zhou et al. 2019). Estudos realizados com apiários em áreas rurais no Vietnã (Ngat et al. 2020), sob a influência de agroquímicos e fertilizantes, e na Itália (Bommuraji et al. 2019; Astolfi et al. 2021), em áreas industriais, áreas de cultivo e áreas de intenso tráfego de veículos, abordam que a fixação de Hg ocorre em ceras, com concentrações entre 2,8 e 11,5 ng g⁻¹, concentrações próximas às obtidas neste estudo com média <21,9 ng g⁻¹.

A menor taxa de detecção de Hg no mel pode estar relacionada ao tempo entre a produção de mel pelas abelhas e a colheita, que nessas regiões varia de 40 a 90 dias, dependendo

dos recursos florais disponíveis, bem como do ciclo de vida desses organismos, que é de aproximadamente 42 dias, causando uma alternância significativa de abelhas na fase de campo durante a floração. No entanto, a poluição ambiental, especialmente a poluição antropogênica, pode causar contaminação por Hg no mel (Akbari et al. 2012; Maggd et al. 2014; Spirić et al. 2019; Ngat et al. 2020; Fischer et al. 2022). Ao observar que 57,1% das amostras em que o Hg foi detectado estão próximas a áreas de cultivo e pastagem e que nenhuma amostra estava acima do LQ, permite inferir que os apiários implantados nesses locais não estão contaminados por Hg, no entanto, verifica-se que o metal está presente em níveis traços.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) não estabelece os Limites Máximos Tolerados (LMT) de Hg no mel, conforme consta na RDC nº 42/2013 que trata do Regulamento Técnico do MERCOSUL, e na Instrução Normativa nº 160/2022 (BRASIL 2013, 2022), bem como, a China não regulamenta níveis tolerantes de Hg para mel (GAIN 2018), e as taxas de contaminação por Hg não estão previstas no Codex Alimentarius, CXS 12-19811, que define os padrões para o mel (CODEX 2022). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceram no documento Padrão Geral para Contaminantes e Toxinas em Alimentos e Rações CXS 193-1995, o nível máximo tolerado para Hg no mel em 280 ng g⁻¹ (FAO/OMS 2010), removido pela revisão do documento, por meio da Comissão do Codex Alimentarius (CAC) (CODEX 2023).

No entanto, embora o LMT local devido à contaminação por Hg em méis não tenha sido estabelecido, sua produção e comercialização monitoradas pelas instituições competentes de controle e inspeção de alimentos (Tchounwou et al. 2012). A ingestão de alimentos contaminados por Hg pode causar graves consequências para a saúde humana, tais como: alterações no DNA e RNA, prejudicando a função de proteínas, disfunções imunológicas, deixando o organismo suscetível a doenças infecciosas, problemas renais, problemas no sistema nervoso em geral, câncer de mama, sistema reprodutivo, podendo até dar à luz crianças com alterações cromossômicas (Khodashenas et al. 2015; OMS 2024).

Dentre as propostas de monitoramento de emissões de mercúrio em áreas de mineração, o biomonitoramento é uma ferramenta eficaz (Gutiérrez et al. 2020). Considerando os resultados obtidos neste estudo, em que todos os municípios avaliados com áreas de mineração apresentaram amostras com Hg detectado, é possível afirmar que a presença desse metal no ambiente é notória, o que reforça a necessidade de implementação de projetos permanentes de monitoramento da contaminação do ar, solo, animais, plantas, água e alimentos (Silveira-Junior et al. 2022; Rosa et al. 2023). Nesse sentido, as abelhas podem contribuir para o biomonitoramento da qualidade ambiental a partir da sensibilidade desses organismos às

pressões químicas, físicas, ambientais e antropológicas (Perugini et al. 2011; Girotti et al. 2020, Farias et al. 2023). As abelhas consideraram bioindicadores com amplo espectro de avaliação, contribuindo para percepções e diagnósticos rápidos e precisos quanto às alterações causadas no ambiente (Matin et al. 2016; Pohl et al. 2017; Gutiérrez et al. 2020).

Estudos realizados com análise de concentração de Hg em abelhas na Eslováquia (Demková et al. 2024), Itália (Perugini et al. 2011; Astolfi et al. 2021), Polônia (Džugan et al. 2018; Brodziak-Dopierała et al. 2020), Eslováquia (Toth et al. 2016), Nova Zelândia (Grainger et al. 2020) e Malta (Borg e Attard 2020), obtiveram concentrações de Hg nas amostras entre 0,04 e 800 ng g⁻¹, concluindo que essas concentrações não representam risco à saúde humana quanto ao consumo dos méis analisados, corroborando os resultados obtidos em Mato Grosso com a presente pesquisa (Tabela 03).

O mel é um importante produto biológico que pode ser utilizado como ferramenta no biomonitoramento do ambiente (Bandini e Spisso 2017; Zarić et al. 2018; Gutiérrez et al. 2020; Attaullah et al. 2023). Vários estudos realizados na Eslováquia (Demková et al. 2024), Itália (Pisani et al. 2008; Meli et al. 2015; Quinto et al. 2016; Astolfi et al. 2021; Giramelotti et al. 2023), Croácia (Bilandžić et al. 2011), Turquia (Matin et al. 2016), Polônia (Džugan et al. 2018; Fischer et al. 2022); Vietnã (Ngat et al. 2020), China (Ru et al. 2013), Grécia (Maragou et al. 2016), Bangladesh (Paul et al. 2017); Nova Zelândia (Grainger et al. 2020), Tanzânia (Maggd et al. 2014), Sérvia (Spirić et al. 2019) e Brasil (Silveira-Junior et al. 2022), apresentaram baixas concentrações de Hg nas amostras, não oferecendo risco à saúde humana ao consumir o produto.

Outros estudos realizados por Waiker et al. (2022) nos Estados Unidos, Carrero et al. (2012), com mel Meliponini de regiões da Austrália, Venezuela, Argentina e Brasil, mostraram concentrações entre 12,96 e 145,21 ng g⁻¹, Campos et al. (2024) avaliaram méis de abelhas sem ferrão em três estados do Brasil, não detectaram Hg entre as amostras, e Jovetić et al. (2018) analisando méis de apiários localizados em áreas metropolitanas de Belgrado (Sérvia), encontraram a variação entre < 2 e 519 ng g⁻¹ (Tabela 03).

Áreas que sofreram alterações drásticas causadas principalmente por ações antrópicas, especialmente por MAPEOs, devem ser submetidas ao processo de recuperação ambiental ao final de sua utilização, conforme a Lei nº 9.605/98 (BRASIL 1998), prevista na Constituição Federal/98 (BRASIL 1998) Art. 225, e a Lei do Novo Código Florestal nº 12.651/12 (BRASIL 2012), sendo a degradação legalmente definida no Decreto nº 7.830/12 (BRASIL 2012), como "uma área que é alterada devido a ações antrópicas, sem capacidade de regeneração natural".

Observadas as orientações sobre a proibição do uso de Hg na extração de ouro não legalizado, Decreto nº 97.507/89 (BRASIL 1989), e somente permitido após o preenchimento do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Usuários de Recursos Ambientais (CTF/APP), dada pela Instrução Normativa IBAMA nº 8/2015 (IBAMA 2022), a necessidade de implementação de políticas públicas que promovam a recuperação dessas áreas deve proporcionar, além do retorno da vegetação, a implementação de fontes econômicas rentáveis para a população da região (Costa et al. 2017).

Considerando que a apicultura está crescendo no estado de Mato Grosso (IBGE 2024), e seu potencial apícola está abaixo de sua capacidade de produção em 0,3% (SEAF/MT 2022), é necessário que propostas alternativas de desenvolvimento sustentável voltadas para áreas degradadas sejam aplicadas a esses ambientes juntamente com o reflorestamento, somado ao desenvolvimento social e econômico da região (Borlachenco et al. 2017). Uma das propostas para a recuperação de áreas degradadas é o sistema agrossilvipastoril, que prevê a integração de árvores, culturas agrícolas e animais, incluindo abelhas (Peri et al. 2016). Nessa perspectiva, a implantação da apicultura contribui para a recuperação da área degradada e o desenvolvimento socioeconômico da região (Balbino et al. 2015).

Considerando que os diversos estudos desenvolvidos com abelhas, cera de abelha e mel, quanto à contaminação por Hg, bem como este estudo, resultaram em índices de concentração de Hg que não afetam a saúde humana com o consumo de produtos apícolas, e que a informação nutricional dos produtos está de acordo com a legislação vigente, a instalação de apiários em áreas de mineração, ou áreas que sofreram impactos antrópicos e/ou naturais diversos, que passarão pelo processo de recuperação, parece ser viável, associado ao amplo espectro de biomonitoramento além de abelhas, cera de abelha e mel, também para monitorar o ar, plantas, rios, animais e outras estruturas peculiares que envolvem a produção apícola.

5 Considerações finais

Os apiários avaliados no estado de Mato Grosso, ao sul da Amazônia Legal, que estão próximos às áreas de mineração, agropecuária e centros urbanos, apresentaram Hg com níveis de concentração que não prejudicam a saúde do ser humano ao consumir produtos apícolas. Em todas as áreas de estudo, foram detectados traços de concentração de Hg na composição das amostras, com o maior número para as amostras de abelhas, seguidas da cera de abelha e do mel.

O uso de ferramentas bioindicadoras como abelhas, cera de abelha e mel têm se mostrado eficazes no biomonitoramento de Hg em apiários. Considerando o trabalho realizado em países, incluindo regiões mineradoras, agropecuárias, urbanas e industriais, somando os resultados deste estudo, a implantação da apicultura em áreas que passarão pelo processo de recuperação ambiental é viável, em consonância com a implantação e permanência do biomonitoramento nessas regiões.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), ao Laboratório Integrado de Pesquisa Química (LIPEQ) e ao Laboratório Arachnida e Myriapoda da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil) pela bolsa de Pós-Doutorado Franciele de Freitas (Processo: 88887.001452/2024-00).

6 Lista de figura

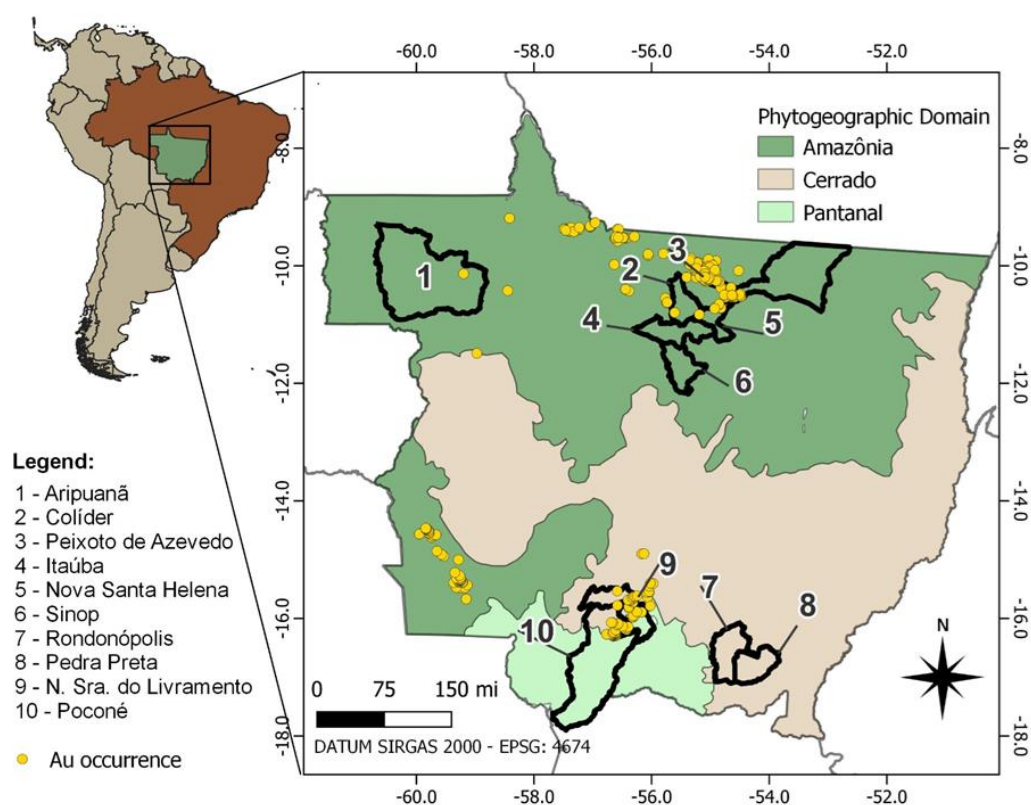


Figura 1 Localização geográfica das áreas de coleta de abelhas, cera e mel no sul da Amazônia Legal, Estado de Mato Grosso, com ênfase nos dez municípios e Domínios Fitogeográficos. Fonte: As informações referentes à ocorrência de ouro foram retiradas do Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS - 2000. (EPSG - 4674). Autores, 2024

7 Lista de tabelas

Tabela 1 Distribuição dos municípios entre os Domínios Fitogeográficos com os respectivos números de apiários monitorados com seus dados demográficos referentes à população, área utilizada pela mineração (ha) 2022, número de focos de calor em 2022 e IDH

Domínio Fitogeográfico	Município	Nº de apiários	População ^a	Area (ha) ^b	HDI ^c	Área de mineração (ha) ^d	Nº Fonte de calor ^e
Amazon	Aripuanã	3	24.499	24.678.135	0.675	1.043.35	1.400
	Colíder	3	30.768	3.112.091	0.713	388.06	25
	Peixoto de Azevedo	3	34.403	14.433.77	0.649	12.677.22	825
	Itaúba	3	5.273	4.521.790	0.69	0	111
	Nova Santa Helena	3	4.281	2.385.611	0.714	558.24	309
	Sinop	3	199.698	3.990.870	0.754	0	102
Cerrado	Rondonópolis	2	253.388	4.824.020	0.755	0	50
	Pedra Preta	1	19.559	3.841.672	0.679	0	26
Pantanal	Nossa Senhora do Livramento	3	12.455	5.537.413	0.638	6.826.00	63
	Poconé	3	30.278	17.156.759	0.652	5.025.6	227

Fonte: ^{a,b,c}IBGE <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761> (2022).

^dMapbiomas (2023); ^eICV <https://www.icv.org.br/queimadas> (2023)

Tabela 2 Concentração total média de Hg ng g⁻¹, entre as amostras de abelha, cera de abelha e mel, nos municípios monitorados, com as respectivas distâncias em metros (m) dos apiários, em relação às áreas de mineração, agropecuária e indústria

Município	Amostra	Nº amostra	[Hg] média ng g ⁻¹	Distância de mineração	Distância da fonte poluente
Aripuanã	abelha	9	< 21.9	9.000	0
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Peixoto de Azevedo	abelha	9	< 21.9	400	0
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Poconé	abelha	9	< 51,5*	350	0
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Nossa Senhora do Livramento	abelha	9	< 21.9	300	0
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Colíder	abelha	9	< 21.9	0	10
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Itaúba	abelha	9	< 21.9	0	5
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Nova Santa Helena	abelha	9	< 21.9	0	7
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		
Rondonópolis	abelha	6	< 21.9	0	10
	cera	6	< 21.9		
	mel	6	< 21.9		
Pedra Preta	abelha	3	< 21.9	0	5
	cera	3	< 21.9		
	mel	3	< 21.9		
Sinop	abelha	9	< 21.9	0	15
	cera	9	< 21.9		
	mel	9	< 21.9		

*Amostra de abelhas no município de Poconé, com uma amostra com mercúrio quantificado (68,8 ng g⁻¹)

Tabela 3 Concentração média de Hg (ng g⁻¹) encontrada entre os estudos realizados com análise de mel, abelha e favo como ferramentas para biomonitoramento

Author	Local	LD ng g ⁻¹	LQ ng g ⁻¹	Hg, ng g ⁻¹ mel	Hg, ng g ⁻¹ abelha	Hg ng g ⁻¹ favo
Present study	Brazil	21.9	51.5	< 21.9	< 21.9	< 21.9
Pisani et al. 2008	Italy	2			Hg<LQ	
Maragou et al. 2016	Greece	honey =50 bee = 800		<50	<800	
Bilandžić et al. 2011	Poland	0.1		1.35 a 6.11		
Perugini et al. 2011	Italy	Hg < LQ	10		Hg<LD	Hg<LD
Akbari. 2012	Iran	10	25		2370 a 3510	
Carrero et al. 2012	South America	1.6	1.98		12.96 a 145.21	
Ru et al. 2013	China	0.15		0.34 a 4		
Maggd et al. 2014	Tanzania	0.15		0.38 a 31.69		
Meli et al. 2015	Italy		1	1 a 34		
Matin et al. 2016	Türkiye				ND a 1636	
Quinto et al. 2016	Italy	0.01	0.03	0.04	1.46	
Toth et al. 2016	Slovakia	0.5		0.079 a 39.9		
Paul et al. 2017	Bangladesh	2		Hg<LD		
Dzuga et al. 2018	Poland	10			<1000	
Jovetic et al. 2018	Serbia		2	<2 a 519		
Bommuraj et al. 2019	Israel					Hg<LQ
Spiric et al. 2019	Serbia	0.3	0.9	<1.00		
Borg & Attard 2020	Malta	0.07	0.24		0.37 a 5.40	
Brodziak-Dopierała. 2020	Poland			0.04 a 1.02		
Ngat et al. 2020	Vietinã		17	Hg<LD		
Grainger et al. 2021	Talanta	13.3		Hg<LD	Hg<LD	Hg<LD
Astolf et al. 2021	Italy	3	5	0.91 a 6	1.76 a 17.1	2.8 a 11.5
Fischer et al. 2022	Poland	0.001	0.005	0.01 a 1.71		
Silveira-Junior et al. 2022	Brazil	0.660	2.00	ND		
Waiker et al. 2022	United States	0.05	4.4	14.2		
Bora et al. 2023	Romania		0.138	Hg<LQ		
Girolametti et al. 2023	Italy	0.03	0.11	0.002 a 0.73		
Goretti et al. 2023	Italy	0.7			6	
Demkova et al. 2024	Slovakia	1.1	3.1	0.62 a 0.73	2.13 a 3.28	

8 Referências

- Akagi H, Nishimura H (1991) Speciation of mercury in the environment. In: Suzuki T, Imura N, Clarkson TW (Eds.) *Advances in Mercury Toxicology*. Rochester Series on Environmental Toxicity Springer Boston MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9071-9_3
- Akbari B, Gharanfoli F, Khayyat MH, Khashyarmanesh Z, Rezaee R, Karimi G (2012) Determination of heavy metals in different honey brands from Iranian markets. *Food Additives & Contaminants: Part B*. 5:105-111. <https://dx.doi.org/10.1080/19393210.2012.664173>

Altun SK, Dinc H, Paksoy N, Temamoğullari FK, Savrunlu M (2017) Analyses of Mineral Content and Heavy Metal of Honey Samples from South and East Region of Turkey by Using ICP-MS. *Int J Anal Chem* 6391454. doi:10.1155/2017/6391454

Alvares CA, Stape L, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2014) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711-728. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANVISA (2022) National Health Surveillance Agency. Normative Instruction N° 160/2022. It establishes the maximum tolerated limits (MTLs) of contaminants in food. Available in: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/instrucao-normativa-anvisa-2022_160-1.pdf/view

Astolfi ML, Conti ME, Ristorini M, Frezzini MA, Papi M, Massimi L, Canepari S (2021) An analytical method for the biomonitoring of mercury in bees and beehive products by cold vapor atomic fluorescence spectrometry. *Molecules* 26:4878. <https://doi.org/10.3390/molecules26164878>

Attaullah M, Nawaz MA, Ilahi I, Ali H, Jan T, Khwaja S, Hazrat A, Ullah I, Ullah Z, Ulla S, Ahmad B, Ullah R (2023) Honey as a bioindicator of environmental organochlorine insecticides contamination. *Braz J Biol* 83:e250373. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.250373>

Balbino VA, Binotto E, Siqueira ES (2015) Beekeeping and Social Responsibility: production challenges and difficulties in adopting socially and environmentally responsible practices. *REAd Rev eletrôn adm* 21(2):348-377. <https://doi.org/10.1590/1413-2311.0442013.44185>

Bandini TB, Spisso BF (2017) Health risk of honey in Brazil in relation to new threats: residues and emerging chemical contaminants. *Vigil Sanit Debate* 5(1):116-126. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.00789>

Bilandžic N, Dokic M, Sedak M, Kolanovic BS, Varenina I, Koncurat A, Rudan N (2011) Determination of trace elements in Croatian floral honey originating from different regions. *Food Chem* 128(4):160-164. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.023>

Bishop K, Shanley JB, Riscassi A, Wit HAD, Eklöf K, Meng B, Mitchell C, Osterwalder S, Schuster PF, Webster J, Zhu W (2020) Recent advances in understanding and measurement of mercury in the environment: Terrestrial Hg cycling. *Sci Total Environ* 721:37647. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137647>

Bommuraj V, Chen Y, Klein H, Sperling R, Barel S, Shimshoni JA (2019) Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food Chem* 299(30):125123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125123>

Borg D, Attard E (2022) Honeybees and their products as bioindicators for heavy metal pollution in Malta. *Acta Brasiliensis*. 4(1):60-90. <http://dx.doi.org/10.22571/2526-4338282>

Borlachenco NGC, Cereda MP, Araújo GM, Padial NPM (2017) Legal aspects of the recovery of degraded areas in preservation areas with *Apis mellifera* beekeeping. *RG&SA* 6(2):56-78. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e2201756-78>

BRAZIL (1989) Decree N° 97.507 of 02/13/1989. Provides for the licensing of mineral activity, the use of metallic mercury and cyanide in gold extraction areas and provides for other provisions. Available in: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97507.htm

BRAZIL (1998) Law N° 9.605 of 02/12/1998. Provides for criminal and administrative sanctions derived from conducts and activities harmful to the environment, and provides for other provisions. Available in: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm

BRAZIL (1998) Constitution of the Federative Republic of Brazil, of 5/10/1988. D.O.U of 05/10/1988, page n° 1. Available in: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=CON&numero=&ano=1988&ato=b79QTWE1EeFpWTb1a>

BRAZIL (2000) Normative Instruction N° 11 of 10/20/2000. Approves the Technical Regulation of Honey Identity and Quality, according to the Annex to this Normative Instruction. Available in: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa->

agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-mel-e-produtos-apicolas

BRAZIL (2007) Complementary Law N° 124 of 01/03/2007. Establishes, in accordance with article 43 of the Federal Constitution, the Superintendence of the Development of the Amazon – SUDAM; establishes its composition, legal nature, objectives, area of competence and instruments of action; provides for the Amazon Development Fund – FDA; amends Provisional Measure N° 2.157-5, of August 24, 2001; repeals Complementary Law N° 67, of June 13, 1991; and makes other provisions. Available in: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp124.htm

BRAZIL (2012) Law N° 12.651 of 05/25/2012. Provides for the protection of native vegetation; amends Laws N° 6.938, of August 31, 1981, 9.393, of December 19, 1996, and 11.428 of December 22, 2006; repeals Laws N° 4.771, of September 15, 1965, and 7.754, of April 14, 1989, and Provisional Measure N° 2.166-67, of August 24, 2001; and makes other provisions. Available in: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm

BRAZIL (2012) Decree N° 7.830 of 10/17/2012. Provides for the Rural Environmental Registry System, the Rural Environmental Registry, establishes general rules for the Environmental Regularization Programs, which is dealt with by Law N° 12.651, of May 25, 2012, and provides for other provisions. Available in: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm

BRAZIL (2013) RDC Resolution N° 42 of 08/29/2013. Provides for the MERCOSUR Technical Regulation on Maximum Limits of Inorganic Contaminants in Food. Available in: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html

Brodziak-Dopierała B, Mendak-Oleś P, Fischer A (2020) Occurrence of mercury in various types of honey. *Med Srod* 23(4):39-43. <https://doi.org/10.26444/ms/138310>

Brown ST, Hasan KM, Moody KH, Loving DC, Howe KE, Dawson AG, Drace K, Hugdahl JD, Seney CS, Veja CM, Fernandez LE, Kiefer AM (2020) Method for mapping Hg⁰ emissions from gold shops in artisanal and small-scale gold mining communities. *Methods X* 7:101060. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.109042>

Cagni GS, Prazeres JA, Leal D, Constatntini PP, Sousa C, Silva CR, Conte H (2022) Heavy metal bioindicator organisms: a review. *Ibero-American Journal of Environmental Sciences* 13(1):179-194. *Ibero-American Journal of Environmental Science*. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.001.0015>

Campos NA, Holanda GHA, Recktenvald MCNN, Costa-Júnior WACJ, Ronqui L, Parpinelli RS, Froelich JD, Bastos WR, Oliveira DF (2024) Mercury in honey of stingless bee species from Brazil's south, southeast and north (Amazon) regions. *Journal of Food Composition and Analysis* 129:106084. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106084>

Carrero P, Rondón C, Saavedra AR, Vit P (2013) A study of Hg and Pb content in pot-honey (Apidae: Meliponini). in: Vit P, Roubik DW (ed) *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes; Mérida, Venezuela pp1-5. Available in: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35292>

Casagrande GCR, Dambros J, Andrade EA, Martello F, Sobral-Souza T, Moreno MI C, Battirola LD, Andrade RLT (2023) Atmospheric mercury in forests: accumulation analysis in a gold mining area in the Southern Amazon, Brazil. *Environ Monit Assess* 195(477):2-17. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11063-6>

Cavalcante MCT (2021) Academic production of the Laboratory of Biochemistry and Biotechnology of the State University of Ceará. Poisson 196p <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-043-9>

CODEX (2022) Codex Alimentarius: International Food Standards. Standard for Honey, CXS 12-19811, Amended in 2019-2022. Available in: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/>

CODEX (2024) Codex Alimentarius: International Food Standards. 2023 Areas Contaminants. Available in: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/contaminants/en/#c452833>

Coringa EAO, Couto EG, Perez XLO, Torrado PV (2012) Attributes of hydromorphic soils in the Pantanal North Matogrossense. Act Amaz 42(1):19-28. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100003>

Corsini E (2018) Socioeconomic Ecological Zoning of the State of Mato Grosso - ZSEE/MT - Environmental study. Mato Grosso State Secretariat of Planning, Cuiabá. Available in: <http://www.seplag.mt.gov.br/index.php?pg=ver&id=5604&c=117&sub=true>

Costa RO, Bezerra AH, Ferreira AC, Dias-Afonso JPS, Alves AS, Prado-Junior LS, Azevedo DE (2017) Analysis of the Honey Production Process of the State of Paraíba. Rev Bra Gest Amb11(2):1-4. Available in: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/5421>

Creed JH, Peeri NC, Anic GM, Thompson RC, Olson JJ, LaRocca RV, Chowdhary AS, Brockman JD, Gerke TA, Nabors LB, Egan K (2019) Methylmercury exposure, genetic variation in metabolic enzymes, and the risk of glioma. Sci Rep 9:10861. doi:10.1038/s41598-019-47284-4

Demková L, Hauptvogel M, Oboňa J, Bobuľská L, Jančo I, Harangozo L, Lakatošová J, Kowalski S, Árvay J (2024) Comprehensive assessment of mercury contamination in bees, bee products and moss and lichen bags. Ecotoxicology and Environmental Safety 285:117132. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117132>

Dżugan M, Wesołowska M, Zagula G, Kaczmarek M, Czernicka M, Puchalski C (2018) Honeybees (*Apis mellifera*) as a biological barrier for contamination of honey by environmental toxic metals. Environ Monit Assess 190(101):3-9. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6474-0>

EMBRAPA (2024) Brazilian Agricultural Research Corporation. 2018 Simplified methods of comb melts and beeswax recycling. Research and development bulletin. Pelotas-Embrapa Temperate Climate, N° 316. ISSN 1678-2518

EMBRAPA (2024) Brazilian Agricultural Research Corporation. 2023 Cerrado: climatic characteristics. Available in: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>

EPSJV (2023) Joaquim Venâncio Polytechnic School of Health. Consequences of Hg on Human Health and the Environment. Fiocruz, Rio de Janeiro

Farias, RA, Nunes CN, Quináia SP (2023) Bess reflect better on their ecosystem health their products. *Environ Sci Pollut Res* 30:79617-79626. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28141-4>

FAO/WHO (2010) Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. 2010 Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. JECFA/72/SC. Seventy-second meeting, Rome, 16-25 February 2010. Summary and Conclusions. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Fernandes RMS (2024) The pressure for the advance of mining in the border strip of the Legal Amazon (2003-2022). *New Notebooks* 27(1):15-38. <http://10.0.72.110/ncn.v27i1.15105>

Fischer A, Brodziak-Dopierała B, Bem J, Ahnert B (2022) Analysis of Mercury Concentration in Honey from the Point of View of Human Body Exposure. *Biol Trace Elem Res* 200(3):1095-1103. <https://doi.org/10.1007/s12011-021-02744-9>

Freitas F, Solera K, Santos-Lopes VJ, Córdova MA, Cavalheiro L, Moreno MIC, Battirola LD, Andrade RL Tde (2024) Native accumulator plants with a differential mercury phytoremediation potential in a region in Southern Amazon. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35407-y>

GAIN (2024) Global Agricultural Information Network. 2018 China Releases the Standard for Maximum Levels of Contaminants in Foods n° CH1802, update to the GB 2762-2017. Available in: http://www.codeofchina.com/standard/gb2762-2017.html?gad_source=1&gclid=cj0kcqjwvb-zbhcmalisaafui2vijoadwl3ewmgeg-jeg6ikc1dwauf0r4e1-tzrowh8a31572kqlx8aal17ealw_wcb

Gerson JR, Szponar N, Zambrano AA, Bergquist B, Broadbent E et al (2022) Amazon forests capture high levels of atmospheric Mercury pollution from artisanal gold mining. *Nat Commun* 13(559). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-27997-3>

Girolametti F, Illuminati S, Annibaldi A, Ajdini B, Fanelli M, Truzzi C (2023) Mercury in honey from the Marche region (central Italy). Risk assessment from human consumption and its use as bioindicator of environmental pollution. *Helyon* 9(10): e20502. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20502>

Girotti S, Ghini S, Ferri E, Bolelli L, Colombo R et al (2020) Bioindicators and biomonitoring: honeybees and hive products as pollution impact assessment tools for the mediterranean area. *Euro-Mediterr J Environ Integr* 5(62). <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00204-9>

Grainger MNC, Hewitt N, French AD (2020) Optimised approach for small mass sample preparation and elemental analysis of bees and bee products by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Talanta* 214:120858. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120858>

Gutiérrez M, Molero R, Gaju M, Steen JVD, Porrini J, Ruiz JA (2020) Assessing heavy metal pollution by biomonitoring honeybee nectar in Córdoba (Spain). *Environ Sci Pollut Res* 27(10):10436-10448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07485-w>

Gworek B, Dmuchowski W, Dąbrowska AHB (2020) Mercury in the terrestrial environment: a review. *Environ Sci Eur* 32(18):2-19. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00401-x>

IBAMA (2023) Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources. 2022 Normative Instruction Nº 8, of May 8, 2015. Establishes the Federal Technical Registry of Potentially Polluting Activities and Users of Environmental Resources (CTF/APP) and the Metallic Mercury Report forms as control instruments for the production, commercialization and import request procedure of metallic mercury by individuals or legal entities. Available in: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=135696>

IBGE (2024) Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2022 Social Statistics, Cities and populations. Available in: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/157619>

IBGE (2024) Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2022 Legal Amazon. Available in: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html?=&t=acesso-ao-produto>

IBGE (2024) Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2022 Bee honey production in MT. Available in: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/mt>

ICV (2024) Center Institute of Lives. 2023 Monitor of burns. Available in: <https://www.icv.org.br/queimadas/>

INDEA (2024) Institute for Agricultural Defense of Mato Grosso. 2022 Bee health. Available in: <https://www.indea.mt.gov.br/servicos?c=6098838&e=12130069>

Jovetić MS, Redžepović AS, Nedić NM, Vojt D, Đurđić SZ, Brčeski ID, Milojković-Opsenica DM (2018) Urban honey - The aspects of its safety. *Arh Hig Rada Toksikol* 69(3):264-274. <https://doi.org/10.2478/aiht-2018-69-3126>

Khodashenas E, Aelami M, Balali-Mood M (2015) Mercury poisoning in two 13-year-old twin sisters. *J Res Med Sci* 20(3):308-311

Longo L, Galbiati C, Souza CA (2019) Pantanal mato-grossense: Socioeconomic aspects of beekeeping and its advance in six municipalities in the Baixada Cuiabana. *Rev Ecuador* 8(3):101-118. <https://doi.org/10.26694/ecuador.v8i3.9381>

Ma M, Wang D, Du H, Sun T, Zhao Z, Wang Y, Wei S (2016) Mercury dynamics and mass balance in a subtropical forest, southwestern China. *Atmos Chem Phys* 6:4529-4537. <https://doi.org/10.5194/acp-16-4529-2016>, 2016

Maggid AD, Kimanya ME, Ndakidemi PA (2014) The contamination and exposure of mercury in honey from Singida, Central Tanzânia. *Am J Res Commun* 2(10):127-139. Available in: <https://www.semanticscholar.org/paper/the-contamination-and-exposure-of-mercury-in-honey-Maggid-kimanya/acd0e504f8e7c4b6fb515199e3439420c6548d4b>

MAPA - Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (2018) Final Report, National Inventory of Mercury Emissions and Releases in the scope of Artisanal and Small-Scale Mining in Brazil. Available in: <https://antigo.mma.gov.br/seguranca->

quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/implementa%C3%A7%C3%A3o-da-conven%C3%A7%C3%A3o.html

MAPBIOMAS (2024) Fire Monitor. Available in: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/monitor-do-fogo>.

MAPBIOMAS (2023) Mining area (ha) data (separated by industrial and mining classes) detected from 1985 to 2021 by various territorial cuts. Available in: <https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/>

MAPBIOMAS (2022) Highlights of the annual mapping of mining and prospecting in Brazil from 1985 to 2021. MINING. Available in: <https://mapbiomas.org/download-dos-atbds>

Maragou NC, Pavlidis G, Karasali H, Hatjina F (2016) Cold vapor atomic absorption and microwave digestion for the determination of mercury in honey, pollen, propolis and bees of Greek origin. *Global NEST Journal* 8(4):690-696. <https://doi.org/10.30955/gnj.001956>

Matin G, Kargar N, Buyukisik HB (2016) Biomonitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honeybees, propolis and pine tree leaves. *Ecol Eng* 90:331-335. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.035>

McLagan DS, Stupple GW, Darlington A, Hayden K, Steffen A (2021) Where there is smoke there is mercury: Assessing boreal forest fire mercury emissions using aircraft and highlighting uncertainties associated with upscaling emissions estimates. *Atmos Chem Phys* 21:5635-5653. <https://doi.org/10.5194/acp-21-5635-2021>

Meli MA, Desideri D, Roselli C, Benedetti C, Feduzi L (2015) Essential and Toxic Elements in Honeys from a Region of Central Italy. *J Toxicol Environ Health Part A: Current Issues* 78(10):617-627. <https://doi.org/10.1080/15287394.2014.1004006>

Moron D, Szentgyörgyi H, Piotr-Skorka S, Potts SG, Woyciechowski M (2014) Survival, reproduction and population growth of the bee pollinator, *Osmia rufa* (Hymenoptera: Megachilidae), along gradients of heavy metal pollution. *Insect Conservation and Diversity* 7:113-121. <https://doi.org/10.1111/icad.12040>

Neto APN, Costa LCSM, Kikuchi ANS, Furtado DMS, Araújo MQ, Melo MCC (2012) Method validation for the determination of total mercury in fish muscle by cold vapors atomic absorption spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 29(4):617-624. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.642009>

Ngat TT, Lam TX, Minh HG, Lien NTP (2020). Honeybee products as potential bioindicators for heavy metal contamination in Northern Vietnam. *Vietnam J. Biotechnol* 18(2):373-384. <https://doi.org/10.15625/1811-4989/18/2/15086>

Nunes SP, Heindrickson M (2019) The honey production chain in Brazil: analysis from the Southwest of Paraná. *Braz J Develop* 5(9):16950-16967. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-222>

Paul S, Hossen MS, Tanvir EM, Afroz R, Hossen D, Das S, Bhounik NC, Karim N, Matin FJ, Gan SH, Khalil I (2017) Minerals, Toxic Heavy, and antioxidant Properties of honeys from Bangladesh. *Journal of Chemistry* 6101793. <https://doi.org/10.1155/2017/6101793>

Pérez JJM (2013) Mercury emissions from tropical forest burning in the Rio Branco region (AC, Brazil)". Dissertation, University of Unicampi

Peri PL, Dube F, Varella AC (2016) Silvopastoral Systems in the Subtropical and Temperate Zones of South America: An Overview. In: Peri P, Dube F, Varella A, (ed) *Silvopastoral Systems in Southern South America*. *Advances in Agroforestry*, pp 1-8

Perugini M, Manera M, Grotta L, Abete MC, Tarasco R, Amorena M (2011) Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: Honeybees as bioindicators. *Biol Trace Elem Res* 140:170-176. <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8688-z>

Pettis JS, Lichtenberg EM, Andree M, Stitzinger J, Rose R, vanEngelsdorp D (2013) Crop Pollination Exposes Honeybees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema Ceranae*. *PLOS ONE* 8(7): e70182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070182>

Pignati MT, Pezzuti JCB, Souza LC, Lima MO, Pignati WA, Mendes RA (2018) Assessment of mercury concentration in turtles (*Podocnemis unifilis*) in the Xingu River Basin, Brazil. *Int J Environ Res Public Health* 5:17-21. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061185>

Pisani A, Protano G, Riccobono F (2008) Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy). *Food Chem* 107:1553-1560. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.029>

Pohl P, Bielawska-Pohl A, Dzimitrowicz A, Jamroz P, Welma M, Lesniewicz A, Szymczycha A (2017) Recent achievements in element analysis of bee honeys by atomic and mass spectrometry methods. *TrAC Trends Anal Chem* 93:67-77. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.05.009>

Quinto M, Miedico O, Spadaccino G, Paglia G, Mangiacotti M, Li D, Centonze D, Chiaravalle AE (2016) Characterization, chemometric evaluation, and human health-related aspects of essential and toxic elements in Italian honey samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Environ Sci Pollut Res* 23:25374-25384. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7662-5>

Ratiu IA, Al-Suod H, Bukowska M, Ligor M, Buszewski B (2019) Correlation study of honey regarding their physicochemical Properties and sugars and cyclitols content. *Molecules* 25(1):34. <https://doi.org/10.3390/molecules25010034>

Ryalls JMV, Langford B, Mullinger NJ, Bromfield LM, Nemitz E, Pfrang C, Girling RD (2022) Anthropogenic air pollutants reduce insect-mediated pollination services. *Environ Pol* 297:118847. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118847>

Rogers SR, Tarpy DR, Burrack HJ (2014). Bee species diversity enhances productivity and stability in a perennial crop. *PLOS ONE* 9(5). <https://doi:10.1371/journal.pone.0097307>

Rosa AA, Rosa AG, Soares JPG, Junqueira AMR, Moreira IS, Mendonça MA (2023) Analysis of bee pollen as an environmental bioindicator in the district-Brazil. *PRW* 5(5):239-251. <https://doi.org/10.53660/319.prw706>

Ru QM, Feng Q, He JZ (2013) Risk assessment of heavy metals in honey consumed in Zhejiang province, southeastern China. Food Chem Toxicol 53:256-262. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.12.015>

SEAF (2023) Secretary of State for Family Farming of the State of Mato Grosso. 2022 Mato Grosso Productive Beekeeping. Available in: <https://www.agriculturafamiliar.mt.gov.br/-apicultura>

Silveira-Júnior CEA, Lopes BA, Silva TMA. et al. 2022. Botanical sources and heavy metals contents of honey produced by *Apis mellifera* in an ecotone region of the state of Bahia, Brazil. An Acad Bras Ciênc 94(4):1-13. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211551>

Spirić D, Ćirić J, Đorđević V, Nikolić D, Janković S, Nikolić A, Petrović Z, Katanić N, Teodorović V (2019) Toxic and essential element concentrations in different honey types. Int J Environ Anal Chem 99(5):474-485. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1593972>

Stanley DA, Garratt MPD, Wickens JB, Wickens VJ, Potts SG, Raine NE (2015) Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. Nature 528:548-550. <https://doi.org/10.1038/nature16167>

Sun T, Ma M, Wang X, Wang Y, Du H, Xiang Y, Xu Q, Xie Q, Wang D (2019) Mercury transport, transformation and mass balance on a perspective of hydrological processes in a subtropical forest of China. Environ Pollut 254:113065. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113065>

Tang Z, Fan F, Deng S, Wang D (2020) Mercury in rice paddy fields and how does some agricultural activities affect the translocation and transformation of Mercury - A critical review. Ecotoxicol Environ Safety 202:10950. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110950>

Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ (2012) Heavy metal toxicity and ambient media. Supplement 101:133-164

Toth T, Kopernicka M, Sabo R, Kopernicka T (2016) The evaluation of mercury in honeybees and their products from Eastern Slovakia. Scientific Papers Animal Science and

Biotechnologies 49(1):257-260. Available in:
https://mail.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/479

UN. United Nations Environment. 2019. Global Mercury Assessment 2018. Available in:
<http://www.unenvironment.org/resources/publication/globalmercury-assessment-2018>

Vidal MF (2021) Natural honey: world scenario and production situation around operation of BNB. Technical Office of Economic Studies of the Northeast ETENE: Sectorial Notebook. Banco do Nordeste 157. Available in: <https://www.bnb.gov.br/etene/caderno-setorial>

Waiker P, Ulus Y, Tsz-Ki Tsui M, Rueppell O (2022) Mercury accumulation in honeybees' trends upward with urbanization in the USA. *Agric Environ Lett* 7: e20083.
<https://doi.org/10.1002/ael2.20083>

Wanderley LJ, Mansur M, Cardoso PV (2023) Atlas of the Brazilian Mineral Problem. National Committee in Defense of Territories Against Mining, within the Scope of the Observatory of Mining Conflicts in Brazil. Available in: <http://emdefesadosterritorios.org/>

WHO. World Health Organization. 2021. Address the topic of health by developing national action plans on artisanal and small-scale gold mining under the Minamata Convention on Mercury. Available in: <https://www.who.int/pt/publications/i/item/who-ced-phe-epe-19.9>

WHO. World Health Organization. 2024. Factsheet on Mercury and Health. Available in: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

Yuan T, Huang S, Zhang, P. Song Z, Ge J, et al (2024) Potential decoupling of CO₂ and Hg uptake process by global vegetation in the 21st century. *Nat Commun* 15: 4490.
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-48849-2>

Zarić NM, Ilijević K, Stanisavljević L, Gržetić I (2017) Use of honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for assessment and source appointment of metal pollution. *Environ Sci Pollut Res Int* 24 (33): 25828-25838.[https://doi: 10.1007/s11356-017-0196-7](https://doi.org/10.1007/s11356-017-0196-7)

Zarić NM, Deljanin I, Ilijević K, Stanisavljević L, Ristić M, Gržetić I (2018) Assessment of spatial and temporal variations in trace element concentrations using honeybees (*Apis mellifera*) as bioindicators. PeerJ 6: e5197. <https://doi.org/10.7717/peerj.5197>

Zhang L, Zhou P, Cao S, Zhao Y (2019) Atmospheric mercury deposition over the land surfaces and the associated uncertainties in observations and simulations: a critical review. Atmos Chem Physics 19:15587-15608. <https://doi.org/10.5194/acp-19-15587-2019>

Zhou J, Yin G, Gao Y, Liu D, Xie J, Ouyang L, Fan Y, Yu H, Zha Z, Wang K, Shao L, Feng C, Fan G (2019) Toxicity assessment due to prenatal a lactational exposure to lead, cadmium and mercury mixtures. Environ Int 133:105192. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105192>

Declarações

Aprovação ética

Não aplicável.

Consentimento para participar

Não aplicável.

Consentimento para publicação

Não aplicável.

Financiamento

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Interesses conflitantes

Os autores declaram não haver interesses conflitantes. Os autores não têm interesses financeiros ou não financeiros relevantes a divulgar.

Disponibilidade de dados

Todos os dados gerados ou analisados durante este estudo foram incluídos neste artigo publicado. Além disso, os conjuntos de dados brutos gerados durante e/ou analisados durante o estudo atual estão disponíveis com os autores mediante solicitação razoável.

Contribuições dos autores

Kleber Solera: Atuou em pesquisa de campo, produção de coleta de amostras, estudo de áreas de coleta, preparação de material em laboratório com digestão, diluição e leitura de mercúrio no espectrofotômetro, análise química e produção de texto científico. Organizou o texto para submissão à revista e foi responsável por quaisquer ajustes necessários no trabalho para a revista. Franciele de Freitas: Realizou importantes trabalhos no laboratório em relação à limpeza e esterilização de material, digestão, diluição e leitura de mercúrio no espectrofotômetro, análise química, revisão bibliográfica e formatação de manuscritos. Vinicius José Santos Lopes: Desenvolveu trabalhos na preparação de vidraria, análises químicas, produção de mapas, análises de descrição, revisão e formatação do manuscrito, leitura de mercúrio no espectrofotômetro. Gleyce Alves Machado: Contribuiu com a revisão do texto do manuscrito, apontando ajustes necessários e relevantes quanto à formatação do trabalho, orientação e coerência dos resultados e discussão, contribuindo também com apontamentos referentes às bibliografias pertinentes ao trabalho. Ricardo Lopes Tortorela de Andrade: Pesquisador em poluição ambiental e análises químicas, químico responsável pelo trabalho desenvolvido no laboratório de química, revisor do manuscrito com notas relevantes quanto à metodologia desenvolvida, também contribuiu para os ajustes técnicos necessários no espectrofotômetro e desenvolvimento de diluições e preparo de amostras para leitura Hg. Leandro Dênis Battirola: Contribuiu com as propostas iniciais do trabalho, fazendo todo o desenho amostral, e organizando o desenvolvimento geral da pesquisa. Mentor e orientador dos procedimentos gerais de pesquisa científica. Revisou o manuscrito quanto à estrutura geral e coerência do trabalho com as propostas metodológicas e coerência dos resultados com as análises químicas realizadas.

CAPÍTULO IV

PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE MEL EM MATO-GROSSO: UMA AVALIAÇÃO SOB A VISÃO DOS APICULTORES

Aceito para publicação na Revista Ambiente e Sociedade

PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE MEL EM MATO-GROSSO: UMA AVALIAÇÃO SOB A VISÃO DOS APICULTORES

Resumo

Apicultura é caracterizada pela exploração racional das abelhas *Apis*, com base no tripé da sustentabilidade, integrando o social, econômico e ambiental. O objetivo deste estudo foi avaliar as perspectivas da produção de mel em Mato Grosso, tendo como base a visão dos apicultores. Foram entrevistados 15 apicultores, representando 27 apiários, distribuídos em 10 municípios. A pesquisa ocorreu por meio de questionário estruturado, contendo 23 questões objetivas de múltipla escolha. Os resultados evidenciam que 73,3% dos apicultores tiveram ganho de produção nos últimos cinco anos. O aumento de produção faz com que 77,0% dos apicultores se sintam estimulados em continuar no setor. Entretanto, 73,3% afirmaram que não recebem assistência técnica do poder público, e 62,9% dos apiários estão instalados em áreas de terceiros. Considera-se, a necessidade de maior estímulo pelo poder público junto aos apicultores, incluindo assistência técnica, formalização dos apiários, registros de perdas de apiários, e ampliação de pasto apícola.

Palavras-chave: Abelhas; Economia; Produção; Sustentabilidade; Agricultura familiar.

PERSPECTIVES ON HONEY PRODUCTION IN MATO GROSSO: AN EVALUATION FROM THE BEEKEEPERS' POINT OF VIEW

Abstract

Beekeeping is characterized by the rational exploitation of *Apis bees*, based on the tripod of sustainability, integrating the social, economic and environmental. The objective of this study was to evaluate the perspectives of honey production in Mato Grosso, based on the view of beekeepers. 15 beekeepers were interviewed, representing 27 apiaries, distributed in 10 municipalities. The research was carried out through a structured questionnaire, containing 23 objective multiple-choice questions. The results show that 73.3% of beekeepers had a gain in production in the last five years. The increase in production makes 77.0% of beekeepers feel encouraged to

continue in the sector. However, 73.3% stated that they do not receive technical assistance from the government, and 62.9% of the apiaries are installed in third-party areas. It is considered the need for greater encouragement by the government with beekeepers, including technical assistance, formalization of apiaries, records of apiary losses, and expansion of beekeeping pasture.

Keywords: Bees; Economy; Production; Sustainability; Family farming.

PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN MATO GROSSO: UNA EVALUACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LOS APICULTORES

Resumen

La apicultura se caracteriza por la explotación racional de las abejas *Apis*, basada en el trípode de la sostenibilidad, integrando aspectos sociales, económicos y ambientales. El objetivo de este estudio fue evaluar las perspectivas de la producción de miel en Mato Grosso, desde la perspectiva de los apicultores. Se entrevistaron a quince apicultores que representan veintisiete colmenares en diez municipios. La investigación se llevó a cabo a través de un cuestionario estructurado que contenía veintitrés preguntas de opción múltiple. Los resultados muestran que el 73,3% de los apicultores experimentaron un aumento en la producción en los últimos cinco años. El aumento en la producción motiva al 77,0% de los apicultores a seguir en el sector. Sin embargo, el 73,3% afirmó que no reciben asistencia técnica por parte del gobierno, y el 62,9% de los colmenares están ubicados en propiedades de terceros. Se considera necesario que el gobierno brinde un mayor apoyo a los apicultores, que incluya asistencia técnica, formalización de los colmenares, registros de pérdidas de colmenas y la expansión de los pastizales apícolas.

Palabras clave: Abejas; Economía; Producción; Sostenibilidad; Agricultura familiar.

1 Introdução

A apicultura é uma prática milenar que envolve o manejo adequado das abelhas (PEGORARO *et al.*, 2017), a preservação das colônias e a utilização sustentável dos recursos oferecidos por esses insetos (COSTA *et al.*, 2017). O mel, principal produto, é derivado do néctar das flores ou das secreções procedentes das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas (MAPA, 2000). Atualmente, existem mais de 700 gêneros e 20 mil espécies de abelhas descritos no mundo, com perspectivas de ampliação para mais de 40 mil espécies (ZATTARA e AIZEN, 2021; CPT, 2023).

A importância da apicultura é multifacetada. Para a pequena propriedade, a atividade pode representar uma fonte de renda complementar, especialmente, para agricultores familiares que buscam diversificar suas atividades produtivas (EMBRAPA, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020). A criação de abelhas não requer grandes extensões de terra e pode ser realizada de forma sustentável, utilizando-se dos recursos naturais disponíveis na propriedade (COSTA *et al.*, 2017; LONGO *et al.*, 2019).

Do ponto de vista do consumo humano, os produtos apícolas têm grande valor nutricional e terapêutico (GHRAMH *et al.*, 2019). O mel é considerado um alimento saudável, rico em vitaminas, minerais e antioxidantes (NASCIMENTO *et al.*, 2018). Além disso, os produtos apícolas são utilizados na indústria alimentícia e farmacêutica, ampliando suas possibilidades de aplicação (KERCKES *et al.*, 2013).

A apicultura pode ser considerada fator chave dentre os serviços ecossistêmicos em relação a polinização, que é fundamental para a manutenção dos ecossistemas e produção de alimentos para os seres humanos (GIANNINI *et al.*, 2015). Estudos apontam que as abelhas polinizam 90% das plantas com flores, sendo somente para a agricultura 35% (KLEIN *et al.*, 2020).

Em Mato Grosso, a apicultura tem ganhado destaque como uma atividade econômica promissora (LONGO *et al.*, 2019), representando uma importante atividade agrícola, caracterizada pela criação de abelhas em larga escala e pela produção de mel e outros subprodutos (FERREIRA *et al.*, 2016). A região apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento das colônias, com clima tropical e vegetação diversificada, o que proporciona uma abundância de flores e recursos alimentares para as abelhas (FERREIRA *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2020).

Contudo, o desenvolvimento socioeconômico do estado tem forte relação com o agronegócio (BAMPI *et al.*, 2017). A pecuária e agricultura somaram 10,19% do PIB de todo o estado, equivalente a R\$ 238 bilhões em 2021 (CEPEA, 2022). Entretanto, o setor apícola vem ampliando sua participação na economia de Mato Grosso, inclusive com aumento de produtores. O Censo Agropecuário de 2017, registrou 502 apicultores, que movimentaram mais de R\$ 5.500,000,00 naquele ano (IBGE, 2017). Em 2022 foram registrados 565 estabelecimentos rurais com trabalho apícola, somando 17.818 colônias (INDEA, 2022). Em 2021 o valor de produção de mel foi de R\$ 14.055,000,00 (IBGE, 2021), chegando a exportar 436 toneladas em 2022 (ABEMEL, 2022)

Entretanto alguns desafios contemporâneos são postos ao setor apícola: a falta de assistência técnica e administrativo, que visam aumentar a produtividade do mel; a falta de assistência de marketing; o estímulo de tornar a atividade principal dos produtores; a não formalização da produção junto ao estado e as secretarias responsáveis, que quantificam e qualificam a produção para o mercado interno e externo; a falta de incentivo do consumo de mel, que no Brasil é em média 60 g per capita/ano, e no mundo esse número chega a 206 g per capita ano; e as relações harmônicas entre apicultores e donos de propriedades, que devem ser exploradas de maneira que a produção de mel e o cultivo das áreas sejam benéficos para ambos (ABELHA, 2024), dificuldades estas que necessitam ser trabalhadas no setor através de formação continua entre e para os apicultores.

Entre outros desafios está o uso e ocupação do solo em larga escala provocado pelo setor agropecuário, principalmente, no plantio de *commodities* (soja, milho e algodão), está associado ao uso em maior quantidade de defensivos agrícolas aplicados nas lavouras, bem como, a ampliação de toda a cadeia produtiva ligada ao setor, com o aumento do número de usinas, aumento dos limites urbanos e de áreas de cultivo sobre os remanescentes florestais, além da ampliação do setor de mineração, aumento de queimadas, fatores estes que intensificam a diminuição e contaminação das colônias de abelhas (POTTS *et al.*, 2016).

Estes fatores, além de trazer prejuízos ao ambiente, impactam diretamente sobre a apicultura, sobretudo, devido à mudança do estado natural do ambiente, que pode contribuir com a síndrome “Colony Collapse Disorder” CCD (VANENGELSDORP *et al.*, 2009), que é o distúrbio do colapso das colônias ou declínio das populações de abelhas, problema acentuado mundialmente, que tem efeitos negativos diretos sobre

as taxas de polinização, diversidade dos ecossistemas e produção de alimentos e, consequentemente, na expansão do mercado apícola (ROSSI *et al.*, 2013; PIRES *et al.*, 2016; GIROTTI *et al.*, 2020).

A produção de mel e dos produtos apícolas, pode ser potencializada em Mato Grosso mediante ampliação de caixas nos apiários existentes, e instalação de novos apiários em Unidades de Conservação (BORLACHENCO 2017; PEREIRA *et al.*, 2020), ampliando os valores ecológicos e gerando rentabilidade financeira sobre estas áreas de maneira sustentável, que do ponto de vista do potencial econômico deixam de ser exploradas, a utilização destas áreas está disciplinado na Lei do Novo Código Florestal nº 12651/2012 (BRASIL, 2012). Outro aspecto relevante é a ampliação de estudos técnicos e científicos que busquem associar as dificuldades encontradas pelos produtores, com mecanismos de gestão pública, comercial e melhoramento genético e de manejo, de maneira a suprir as carências existentes no meio de produção.

Um dos primeiros passos para se alcançarem esses objetivos é conhecer a base do setor no estado, considerando a relevância socioeconômica e ambiental da apicultura, não se observa base de dados oficiais e contundentes dos órgãos competentes do estado quanto ao censo atual, para a partir destes dados concretos ser possível formular propostas que possam contribuir com a expansão da atividade (BALBINO *et al.*, 2015). Neste contexto, as pesquisas acadêmicas através de dados científicos, contribuem com informações e suporte junto as associações e cooperativas, frente a grande demanda existente.

Estudos realizados sobre este aspecto foram desenvolvidos por, Ferreira *et al.* (2016), que analisaram a produção de mel nos biomas mato-grossenses Amazônia, Cerrado e Pantanal, no período 2002 a 2011, nesta década os autores perceberam a diminuição da produção de do número de apicultores ocasionado pela expansão agrícola e agropecuária da região, entretanto, observaram que entre os municípios monitorados aqueles localizados no Pantanal obtiveram maior produção de mel, e na Amazônia houve menor índice de produção.

Longo *et al.* (2019) realizaram o diagnóstico sócio econômico em seis municípios da baixada Cuiabana, bem como o uso da terra com destaque para atividade apícola da região, caracterizando a apicultura como atividade complementar entre os entrevistados, porém, observa que esta atividade pode ser uma das fontes de renda nos municípios com nível de extrema pobreza, observando ainda que a

dificuldade de comercialização da produção pode ser atribuída a falta de associações e ou cooperativas do setor.

Pereira *et al.* (2020) avaliaram a atividade apícola do mel em Territórios da Cidadania do Baixo Araguaia e o Portal da Amazônia, foi identificado fatores econômicos importantes no Baixo Araguaia, região que possui baixo desenvolvimento socioeconômico entre os municípios pesquisados, com renda per capita inferior a R\$70,00 considerou que o aumento da atividade apícola na região favorece o aumento do emprego e renda ao mesmo tempo da expansão da comercialização do produto, melhorando as condições socioeconômica dos produtores.

Dessa maneira, considerando a importância da apicultura como atividade potencialmente promotora do aumento da economia de Mato Grosso, principalmente dos municípios com menor renda per capita e IDH, aliado ao promissor mercado interno e exportador, bem como a manutenção das pequenas propriedades e da agricultura familiar, frente a expansão do uso e ocupação do solo, ocasionado principalmente pelos latifúndios, este estudo avaliou as perspectivas da produção de mel no estado, a partir da visão dos próprios apicultores, objetivando, fornecer informações científicas que possam ser incluídos no banco de dados oficial do Estado de maneira a subsidiar tomadas de decisões e investimentos em políticas públicas que possam contribuir com a sustentabilidade, e ampliação da produção da apicultura e de produtores, inclusive em áreas próximas ao garimpo, lavoura e em meio as Unidades de Conservação.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em diferentes municípios de Mato Grosso. O estado possui área territorial de 903.207 km², abrangendo três grandes domínios fitogeográficos, Amazônia, Cerrado e Pantanal (IBGE, 2022). No presente estudo, buscou-se contemplar apiários presentes nesses três domínios fitogeográficos, totalizando 27 apiários em 10 localidades, sendo 15 apicultores entrevistados (Figura 1)

Seis municípios localizam-se na região norte, especificamente, na Amazônia mato-grossense. Essa região, de acordo com a classificação de Köppen, possui clima tropical de monção (Am) (ALVARES *et al.*, 2014), altitude entre 300-400 m, com temperatura média entre 24,3 e 24,8 °C, e a pluviosidade anual varia de 2.000 a 2.300 mm (CORSINI, 2018). Dois municípios estão localizados no domínio do Cerrado, caracterizado pelo clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias anuais nesse bioma variam de 18 a 27 °C, sendo que a temperatura mínima pode chegar a 8 °C e a máxima, a 34 °C (EMBRAPA, 2023). Outras duas localidades estão inseridas no domínio do Pantanal, com clima Aw - tropical úmido, precipitação média anual de 1.200 mm, com temperatura média de 22 a 32 °C, e 100 a 150 metros de altitude (HASENACK *et al.*, 2003).

Essas localidades foram definidas para o estudo, considerando a distribuição dos municípios entre as macrorregiões econômicas, e o contraste da matriz circundante entre os apiários, lavoura, centros urbanos e mineração, bem como, o domínio fitogeográfico da região (Tabela 1).

2.2 Metodologia

A metodologia aplicada tem a característica diagnóstica exploratória. Para a coleta de dados aplicou-se questionário impresso contendo 23 questões objetivas, formuladas com base na Ficha de Cadastro de Apicultura / Meliponicultura, e na Ficha de Cadastro de Propriedade com Apicultura / Meliponicultura (INDEA/MT), aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT/Sinop – através do Parecer Consubstanciado nº 5.484.928 de 23 de junho de 2022 (Apêndice). A coleta de dados ocorreu entre os meses de julho e novembro de 2022, de forma presencial. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em duas vias de igual teor, foi lido pelos apicultores, assinado e datado pelas partes, ficando cada um com posse de uma via. O questionário foi respondido de próprio punho, dado o tempo necessário para o preenchimento, posteriormente, ele foi recolhido permanecendo sobre guarda do pesquisador.

Para a seleção de apiários e produtores em uma mesma região utilizou-se a metodologia Bola de Neve (BIERNARCK e WALDORF, 1981). Nesta metodologia, o primeiro apicultor conhecido, chamado de “semente” não participou da pesquisa. Entretanto, a partir da indicação de outro apicultor na região efetuada pela “semente”

a este foi oferecido o Termo de Consentimento para participação na coleta de dados. Dessa maneira, um total de 15 apicultores participaram integralmente do processo.

Dentre os critérios de elegibilidade utilizados para a execução da pesquisa destacam-se: o (i) distanciamento de, no mínimo, três quilômetros entre os apiários selecionados para o estudo; (ii) o período de funcionamento do apiário ser superior há três meses; (iii) que o apiário possuísse no mínimo cinco colmeias de abelhas *Apis*; e, (iv) que não tenham sofrido danos severos, ocasionado por queimadas, defensivos agrícolas, fatores climáticos ou ataques de pragas em período inferior a três meses. Todos os participantes possuíam idade mínima de 18 anos e eram alfabetizados. Esses critérios visaram a isonomia quanto a elegibilidade dos participantes, mantendo a imparcialidade das análises da pesquisa sobre as características socioeconômicas e culturais do apicultor. Devido as amostragens não serem padronizadas entre os domínios fitogeográficos e entre os municípios sobre a questão de número de caixas e apiários, os dados obtidos são apresentados e analisados de maneira descritiva.

3 Resultados

Dentre os 15 apicultores entrevistados, observou-se que a maioria atua há menos de 10 anos nessa atividade econômica (66,7%; 10 apicultores), enquanto 33,3% deles já atuam a mais de 16 anos no setor. É possível identificar que a apicultura em Mato Grosso é uma atividade vinculada às propriedades pequenas, já que 40,7% dos apiários estão inseridos em propriedades com menos de 20 hectares. Somente sete apiários encontram-se em propriedades com mais de 101 hectares.

Em relação à área, observou-se que a maioria se localiza em propriedades particulares (37,0%), entretanto, outras formas de viabilização da atividade econômica foram registradas como o uso de áreas emprestadas (33,3%) ou arrendadas (14,8%). Observou-se, também, que somente nove apiários encontram-se em propriedades em que essa é a única fonte de produção e geração de renda (33,3%), portanto, evidenciou-se que a apicultura é desenvolvida concomitantemente com outras atividades econômicas, incluindo a pecuária (44,5%), lavoura (18,5%) e a mineração (3,7%). Dentre os 15 apicultores, 73,3% declararam que a apicultura não gera empregos diretos em seus apiários, entretanto, observou-se que ocorre o emprego da mão de obra familiar (13,3%) e a contratação de diárias ou divisão da produção (6,7% cada).

Com relação às informações técnicas sobre os apiários mantidos pelos 15 apicultores entrevistados foi possível registrar que todos produzem mel a partir de *A. mellifera* (100,0%). Nenhum apicultor indicou o uso de abelhas sem ferrão (*Meliponini*). As colmeias são mantidas em caixas modelo Langstroth e são fixas em local especificamente destinado à apicultura, sendo a maior parte em área de bosque florestal (51,9%) e borda de mata (37,0%). Considerando, que a maioria das propriedades é de tamanho reduzido, observa-se que o número de colmeias também é pequeno. A maior parte dos apiários possui entre 11 e 30 colmeias (51,9%), seguidos por aqueles que possuem entre 5 e 10 colmeias (33,3%). Nenhum dos apiários avaliados apresenta mais de 50 colmeias (Tabela 2).

Sobre o processamento do mel, a maior parte dos apicultores efetua a extração dos favos utilizando a centrifugação (81,5%), enquanto (14,8%), utiliza a técnica de decantação, e a menor parte (3,1%), utilizam o processo de escorrimento para separar o mel das partículas mais densas. A formação e ampliação do número de colmeias é efetuada utilizando-se tanto a captura de enxames, quanto a divisão das colmeias existentes, em todas as propriedades (100,0%). Somente quatro apicultores afirmaram receber algum tipo de assistência técnica especializada (26,7%), citando duas entidades, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR e a Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural - EMPAER. Outros 11 apicultores afirmaram não receber nenhuma assistência (Tabela 2).

Os apicultores entrevistados mostraram-se estimulados com a produção do mel. Observou-se que 46,7% afirmam estar muito estimulados com a área, acompanhados por outros 20,0% que dizem estarem extremamente estimulados, perfazendo um total de 66,7% dos apicultores entrevistados. Somente 13,3% mostraram-se indiferentes quando questionados se estavam estimulados com o setor, assim como 20,0% que demonstraram estar pouco estimulados.

Dentre os fatores considerados fundamentais para que ocorra o aumento da produção de mel pelos apicultores, destacaram-se a necessidade de existência de assistência técnica de produção e administração (citado por 53,3% dos entrevistados), seguida pela necessidade de melhoramento genético de rainhas e colmeias (46,7%), disponibilidade de espaço físico (33,3%), condições de logística de marketing, transporte e venda (26,7%) e maior incentivo público para o consumo do produto

(26,7%). A existência de financiamento e a criação de cooperativas foram os itens menos apontados pelos apicultores (Tabela 3).

Também em linhas gerais os principais pontos que reduzem a produção de mel conforme a opinião dos apicultores são a redução da floração (citada por 80,0% dos entrevistados), seguida por fatores climáticos (60,0%), como, prolongamentos de períodos de seca e antecipação dos períodos de chuva (40,0%). Desmatamento, queimadas, doenças das abelhas, ataques de pragas, existência de mineração e lixões foram quesitos poucos citados pelos entrevistados.

A maior parte do mel produzido pelos entrevistados tem sua comercialização local (66,7%), seguido por apiários que mantém, atualmente, a comercialização em escala regional e estadual (26,7%). O comércio do mel em nível nacional é mantido por apenas um apicultor (6,6%), enquanto nenhum deles utiliza a exportação do produto. Mesmo com a comercialização local, a maioria dos entrevistados registrou aumento na produção entre os últimos cinco anos (73,3%). O aumento em 36,4% dos apiários foi superior a 150 kg de mel por ano (Tabela 3).

Os apicultores que obtiveram aumento na produção indicaram que os principais fatores que colaboraram com esse crescimento foram o aumento da floração (72,7%), fatores climáticos favoráveis (54,5%), bem como redução das taxas de desmatamento (36,4%) e redução de uso de agrotóxicos em áreas próximas aos apiários (36,4%) (Tabela 4).

Especificamente, em relação à qualidade do mel, a maioria dos apicultores não observou mudanças na cor, cheiro, textura, sabor e densidade (80,0%). Relatos sobre alterações na cor foram efetuados por 20,0% dos entrevistados. Sobre o comportamento das abelhas nas colmeias, alterações não foram registradas na maioria dos apiários (77,8%). Entretanto, situações pontuais foram evidenciadas em dois apiários merecem a devida atenção como a ocorrência de abelhas mortas em excesso perto da colmeia, abelhas mortas em excesso longe das colmeias, diminuição da taxa de reprodução, mortalidade e má formação da prole, bem como desorganização da colmeia, ambos apiários localizados em Reserva Legal.

Observa-se que uma parcela considerável dos apiários se encontra próxima às áreas de exploração garimpeira (37,0%), a maioria a menos de 5 km de distância (91,7%). Isso é observado em relação à proximidade dos apiários e áreas de lavoura

que utilizam agrotóxicos, já que 66,7% encontram-se em áreas de produção agrícola, sendo que 88,9% deste total localizam-se a menos de 5 km dos cultivos (Tabela 4).

4 Discussão

A apicultura em Mato Grosso mostra-se como uma atividade em plena expansão que necessita de apoio técnico especializado e estímulo por meio de políticas públicas, aspectos também observados por (FERREIRA *et al.*, 2016; LONGO *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2020). Observa-se, com base nas informações levantadas, que a produção do mel ocorre em pequenas propriedades particulares ou espaços arrendados, em parte associada à agricultura familiar, com números de colmeias variando entre 10 e 50, com apicultores estimulados a se manter na área, entretanto, enfrentando problemas comuns, como períodos longos de estiagem, semelhante ao nordeste brasileiro (VIDAL, 2021), sudeste paranaense (NUNES e HEINDRICKSON, 2019), e baixada cuiabana (LONGO *et al.*, 2019). Sabe-se que a base da apicultura brasileira é constituída por pequenos produtores com até 50 colmeias, o que resulta em 60% da produção nacional de mel (CBA, 2019).

Com relação ao local de desenvolvimento dessa atividade econômica, observou-se a problemática do uso de áreas não particulares, já que a maioria se encontra instalados em propriedades de terceiros (62,9%). Fato que gera preocupação em relação à regularização, registro e assistência técnica necessária. Basso (2022) caracteriza a importância da formalização dos apiários para que se tenha segurança no empreendimento, visto aos prejuízos ambientais, econômicos e sociais que possam ocorrer, temas estes previstos no Estatuto da Terra, Lei nº 4.504/64 (BRASIL, 1964), e Lei nº 4.497/66 (BRASIL, 1966), que estabelece as regras para os contratos agrários. Sobre este ponto avaliamos que o a formalização dos apiários combate o comércio clandestino do produto, uma vez que, ao ser formalizado é acompanhado o selo de garantia da produção e qualidade, ofertando ao consumidor a garantia de consumir produtos orgânicos com fiscalização sanitária, o que não ocorre com produtos sem classificação de origem. Porém, é necessário que sejam estabelecidas normas viáveis ao produtor, de maneira a estimular o registro do apiário. Associado ao não registro do apiário, outro ponto extremamente relevante observado é a não comunicação de perda dos apiários aos órgãos responsáveis, devido ao receio

dos apicultores em perderem o espaço de produção, cedido ou alugado por proprietários da área e que desenvolvem outra atividade econômica.

A falta de registro dessas ocorrências dificulta as ações de controle e mitigação dos impactos sobre a produção, além de dificultar o poder público na definição e implantação de políticas voltadas ao setor, devido à falta de dados oficiais (PIRES *et al.*, 2016). Neste sentido, é necessário ampliar o trabalho de campo junto aos apicultores para que a produção total possa ser mensurada, e potencializar inclusive o desenvolvimento sustentável, fixação do homem no campo, aumento da renda familiar e empregos formais (BALBINO *et al.*, 2015; EMBRAPA, 2018).

A formalização dos apiários em Mato Grosso é estabelecida pela Lei nº 12.387/2024 que disciplina sobre as normas gerais relativas ao registro de estabelecimentos e produtos comestíveis de origem animal provenientes da agroindústria familiar ou de pequeno porte, entretanto, conforme Balbino *et al.* (2015) e Basso (2022), é necessário que ocorra maior incentivo a esta prática para além da legislação, e se avance para o alcance dos apicultores através das cooperativas e associações.

Quanto ao tamanho das áreas utilizadas para instalação dos apiários observou-se que 40,7% dos apiários estão em áreas menores de 20 hectares. Neste ponto cabe destacar que 53,3% dos apicultores vivem somente da apicultura, e 73,3% afirmam não gerar empregos diretos, dados que se apresentam peculiares com a agricultura familiar (COSTA *et al.*, 2017). A apicultura é um importante meio de sustento para muitas famílias no estado, e considerando que a maioria dos municípios possui economias em consolidação, a ampliação do mercado apícola contribuirá para geração de emprego e renda (BALBINO *et al.*, 2015), aliado ao estímulo do poder público no intuito de ampliar o número de caixas nos apiários existentes através de fomentos acessíveis, e estímulo de consumo do mel para toda população, podendo iniciar como itens da merenda escolar.

Para além de aumentar o número de caixas em apiários existentes, outra proposta viável é implantar programas de instalação de apiários em Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCs/US), potencializando o aumento da produção de mel em Mato Grosso (BORLACHENCO, 2017; PEREIRA *et al.*, 2020). As condições e formas de uso destas áreas está prevista na Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000), Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), e Novo Código Florestal, Lei nº 12651/2012 (BRASIL, 2012).

As áreas de conservação caracterizam-se pelo grande potencial apícola, e estão protegidas das ameaçadas de degradação por ação antrópica. Sobre este viés, ao analisar as áreas protegidas de Mato Grosso, constata-se a existência de sete UCs/US federais e 12 áreas de UCs/US estaduais (SEMA, 2023), que juntas somam mais de 2 milhões de ha, um amplo pasto apícola distribuído entre todas as regiões do estado. Segundo a Secretaria de Estado de Agricultura Familiar, o estado ocupa 0,3% da capacidade apícola (SEAF/MT, 2022). Neste sentido, é necessário que seja realizado o levantamento das áreas em específico com utilização de Sistemas de Informação Geográficos, observando as normas de instalação de apiários, e a partir daí mensurar a capacidade total de produção de média/Kg de mel e valor médio/kg de mel, bem como, o custo de produção, para que de fato possa se tornar na prática uma proposta dentro do campo econômico do agronegócio.

Em relação ao pasto apícola e estrutura do apiário, 59,3% dos apicultores entrevistados mantêm os apiários no interior das áreas de florestas, e 37% em borda de mata. Este resultado evidencia a importância das florestas e das reservas legais na sustentabilidade da apicultura (CAMPOS, 2018). Segundo os entrevistados, esta prática possibilita mais safras de méis em menos tempo, chegando a obterem três safras consideradas “boas” em ano de não estiagem prolongada, atrelado a variedade de recursos florais e água disponíveis para as abelhas.

Esta relação de aumento de florada e aumento da produção pode estar relacionado a diversidade dos prestadores de serviço ecossistêmico, especificamente a polinização (BARBOSA *et al.*, 2021), incluindo espécies perenes (ROGERS *et al.*, 2014). Estudos relacionados ao aumento da produção de culturas como abacate, cacau, castanha de caju, girassol, goiaba, guaraná, maçã, manga, maracujá, marmelo, melancia, melão, pera e pêssego apontam da necessidade dos polinizadores entre eles as abelhas como principal agente, no aumento da produção e qualidade dos produtos (KLEIN *et al.*, 2007; GIANNINI *et al.*, 2015).

Considerando que a monocultura do agronegócio na região é predominantemente soja, utilizando 10.598.769,6 ha em área plantada em todo estado, e aproximadamente 529.500 ha somente nos municípios pesquisados na safra 2022/2023 (INDEA/MT, 2023), e que 66,7% dos apiários monitorados estão localizados em meio a estas lavouras, chamamos a atenção quanto a possibilidade da ampliação de produtividade da soja e do mel de forma concomitante. Estudos em desenvolvimento pela EMBRAPA/soja e BASF, resultam para o ganho da

produtividade de soja e mel devido a interação de soja abelha, embasado no protocolo de Boas Práticas Agrícolas, Apícolas e de Comunicação, com aumento médio entre 13 e 25% da produtividade da soja (EMBRAPA, 2024).

Nesta perspectiva, para além do ganho do serviço ecossistêmico prestado pelas abelhas, o apicultor amplia sua produção devido ao aumento do campo apícola disponível e da floração. Segundo os estudos da EMBRAPA/soja e BASF, a média de produção de mel por kg/caixa/ano com o método adotado chega a 50 kg/caixa/ano, acima da média nacional que é de 18 a 20 kg/caixa/ano (VIDAL, 2021; EMBRAPA, 2024). Com base nestes dados podemos inferir que os produtores de mel que possuem seus apiários em áreas próximas as lavouras da soja, ampliem sua produção de 18,5 kg/caixa/ano para aproximadamente 40 kg/caixa/ano, seguindo o acompanhamento técnico e protocolos pré-estabelecidos.

No entanto, conforme os dados levantados, 73,3% dos apicultores reportaram a ausência de apoio técnico governamental e ou particular. A percepção é de que uma maior aproximação do estado poderia influenciar no aumento da produção, situação também apontado por Pires *et al.* (2016). Sobre este ponto, a discussão dos representantes do setor com o poder público sobre quais demandas seriam necessárias para assistir ao produtor são essenciais, neste sentido observamos que o aumento de profissionais qualificados nas instituições do estado como EMPAER/EMATER/INDEA e demais secretarias de desenvolvimento agrário e socioeconômico dos municípios são fundamentais para apicultura.

Aveni *et al.* (2018), descreveram que uma das formas de superar estes desafios perpassa pela formação de associações. Mesmo sobre a alegação de não assistência aos apicultores, é evidente que o setor não deixa de produzir. Esta carência, na prática é suprida pela interlocução entre os produtores. Isso ocorre com base na formação e informação obtida por meio de conversas e trocas de experiências com os produtores mais experientes.

Em dados gerais é notório o crescimento do setor e da produção de mel em Mato Grosso. Em 2021 foram 440.216 kg de mel produzido, com aumento de valor de produção de 29% em relação a 2019 (IBGE, 2021). Esses dados são compatíveis aos observados neste estudo, em que 73,3% dos apicultores declararam obter aumento na produção nos últimos cinco anos, uma média de 18,5 kg por apiário. A produção em Mato Grosso o posiciona como 14º maior produtor de mel no país, uma posição bem abaixo das potencialidades do Estado, levando em consideração as áreas

disponíveis com potencial pasto apícola, entre elas como mencionado anteriormente as UCs.

Na mesma proporção da possibilidade de ampliação da apicultura no estado, os desafios a serem enfrentados também são acentuados. De acordo com os apicultores a diminuição da floração e os fatores climáticos são as condições que mais influenciam negativamente o setor, com 80 e 60%, respectivamente. Ambas as situações têm relação com as ações antrópicas, principal fonte de alterações no ecossistema (GIROTTI *et al.*, 2020).

Essas informações podem ser constatadas por meio dos índices de monitoramento ambiental, incluindo os focos de queimadas em Mato Grosso, que no ano de 2022 culminaram em mais de 10 mil registros (INPE, 2023). As queimadas além de destruir os habitats, emitem gases poluentes e metais pesados para o meio, como o mercúrio (Hg), que uma vez volatilizado sofre diferentes alterações químicas podendo sedimentar sobre as florestas, água, solo e fauna (NATASHA *et al.*, 2020), entre elas, as abelhas que podem inclusive chegar à morte (ORSI *et al.*, 2017).

Outro índice que evidencia as condições apontadas pelos apicultores é a ocupação e uso do solo em Mato Grosso para o plantio de *commodities*. O aumento da área de plantio faz com que também ocorra o aumento da demanda de defensivos agrícolas. Dados do IBAMA indicaram a comercialização de mais de 133.290 toneladas de ingredientes ativos de agrotóxicos em Mato Grosso, entre eles mais de 2.800 toneladas de Fipronil, Imidacloprido e Tiametoxam (IBAMA, 2020).

Essas substâncias são extremamente tóxicas para as abelhas, podendo causar alterações na reprodução com nascimento de larvas com má formação e alterações nas estruturas fisiológicas glandulares, que prejudicam a produção de enzimas e proteínas necessárias à produção de mel e cera (YANG *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2014; ORSI *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2020). Entretanto, apesar da maioria dos apiários participantes desse estudo encontrarem-se próximos às áreas de lavoura e garimpo, foram relatadas poucas alterações sobre o processo de manejo ou sobre características físicas do mel ou comportamentais das abelhas, consideradas dentro da normalidade pelos apicultores.

Apesar dos relatos apresentados pelos entrevistados não vislumbrarem alterações químicas, físicas ou biológicas nas abelhas, inclusive havendo aumento da produção de mel, é necessário ampliar e aprofundar os níveis das pesquisas sobre as contaminações ambientais, incluindo metais pesados como Pb, Hg, Cr, entre outros,

a fim de diagnosticar se estes fatores contribuem com o “Colony Collapse Disorder” CCD (VAN ENGELSDORP *et al.*, 2009; ROSA *et al.*, 2019).

Casos de declínio de abelhas ocorrentes no Brasil foram registrados na região sudeste em 2007 e 2010, em ambos os casos, não se evidenciou relação ao CCD (PIRES *et al.*, 2016). Recentemente na cidade de Sorriso/MT, e região, lavouras de algodão foram pulverizadas com Fipronil, resultando na morte de milhares de abelhas *Apis* (INDEA, 2023), abelhas nativas e solitárias, gerando prejuízos de ordem econômica, social e ambiental, também sem caracterização definida ao CCD. Entretanto, mediante ameaças, a apicultura pode ocorrer de maneira harmônica com outras atividades econômicas como o garimpo e a agricultura, desde que sejam respeitadas a legislação e o uso de insumos seja efetuado de maneira correta (EMBRAPA, 2015).

Aliado a economia socioambiental sustentável, o investimento de políticas públicas no setor apícola pode gerar receitas para o estado, desenvolvimento econômico, e sustentabilidade dos polinizadores, dos recursos naturais, da fauna e da flora (QUEIROZ ROLIM *et al.*, 2018), e consequentemente maior produção e variedade de alimentos (GIANNINI *et al.*, 2015), considerando que 77% dos apicultores continuam estimulados a permanecerem no setor, movidos pelo entusiasmo que desenvolveram pela atividade.

5 Considerações finais e perspectivas futuras

O baixo índice de assistência do poder público é notório para a maioria dos apicultores. Cabe ao agente público viabilizar as discussões e formações que promovam a política de expansão da apicultura na região. É importante também que os apicultores se organizem e busquem o apoio necessário frente as demandas e dificuldades do dia a dia, sejam técnicas e ou administrativas.

Considerando que muitos apiários se encontram em áreas cedidas, emprestadas ou arrendados, e considerando os prejuízos das mais diversas ordens que podem sofrer, é fundamental que este ponto seja esclarecido para o apicultor e para o proprietário da terra, resguardado os direitos de ambos, sobre forma de registro e ou contratos, promovendo a integração de áreas utilizadas para lavoura, pecuária, extrativismo, e a mineração, junto ao setor de produção apícola.

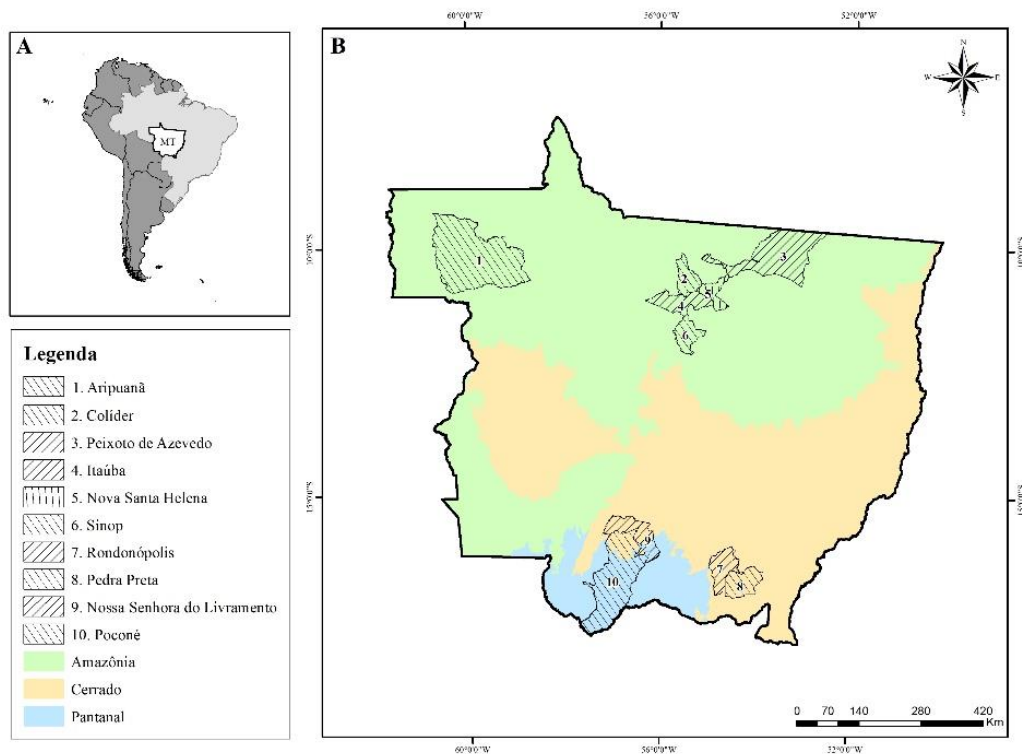
Devido as ameaças antrópicas constantes sobre os apiários, como utilização de agrotóxicos de forma irregular, queimadas criminosas, e desmatamento, a criação de um canal de denúncias de forma acessível e objetivo é fundamental, para que os danos causados sejam registrados, e que as medidas cabíveis pelos órgãos responsáveis sejam aplicadas ao causador do dano.

O fomento da apicultura como base da economia local é um fator relevante, que amplia a renda das famílias que sobrevivem apenas desta atividade econômica. Destaca-se a importância de o poder público incentivar o aumento do consumo de produtos apícolas na mesa da população, por meio de inserção do alimento em cardápios escolares, eventos públicos, materiais publicitários e no próprio atendimento do setor social.

Avançar em políticas sobre utilização de UCs/Us (APP e RL), ampliam as possibilidades de aumento da produção de mel, e incentiva os proprietários de áreas de floresta a mantê-las em pé, para além de uma obrigação legal, passa a ser uma ação de responsabilidade social, agregando os valores da floresta, polinização e produção de mel. Em atenção aos apicultores que contribuíram com esta pesquisa, esperamos que nosso trabalho contribua de maneira significativa na economia do setor apícola, expondo as necessidades e ao mesmo tempo a determinação do setor que tanto contribui para a manutenção e sustentabilidade do meio ambiente, e estimular o aumento de apicultores no estado, considerando as extensas áreas de pasto apícola potencialmente disponíveis para melhorar o desenvolvimento socioeconômico.

6 Lista de figura

Figura 1 - Localização geográfica das áreas de coleta. A – América do Sul com destaque para o Brasil e Mato Grosso; B – Estado de Mato Grosso com destaque para os 10 municípios e os domínios fitogeográficos presentes no estado



Fonte: Autores, 2023

7 Lista de tabelas

Tabela 1 - Dados demográficos dos 10 municípios de Mato Grosso amostrados para a avaliação da perspectiva de produção de mel (*IDH – Índice de Desenvolvimento Humano)

Domínio fitogeográfico	Município	Nº de apiários	Área (km²)	População (hab.)	IDH
Amazônia	Aripuanã	3	24.678.135	24.499	0,675
	Colíder	3	3.112.091	30.768	0,713
	Peixoto de Azevedo	3	14.433.77	34.403	0,649
	Itaúba	3	4.521.790	5.273	0,690
	Nova Santa Helena	3	2.385.611	4.281	0,714
	Sinop	3	3.990.870	199.698	0,754
	Rondonópolis	2	4.824.020	253.388	0,755
Cerrado	Pedra Preta	1	3.841.672	19.559	0,679
Pantanal	Nossa Senhora do Livramento	3	5.537.413	12.455	0,638
	Poconé	3	17.156.759	30.278	0,652

Fonte: IBGE (2020-2022).

Tabela 2 - Informações sobre as características dos apiários avaliados no estudo sobre suas perspectivas em relação à produção de mel em Mato Grosso

Características	N	%
Tipo de abelha no apiário		
<i>Apis mellifera</i> (africanizada)	27	100,0
Meliponíneos (abelhas sem ferrão)	-	-
Tipo de caixa utilizada no apiário		
Langstroth (original)	17	63
Langstroth (artesanal)	10	37
Quênia	-	-
Outro	-	-
Tipo do apiário (localização)		
Fixo	27	100
Migratório (móvel)	-	-
Misto (parte fixa, parte móvel)	-	-
Posicionamento das colmeias na propriedade		
Área de bosque florestal	14	51,9
Área de borda da mata	10	37,0
Área de campo aberto	-	-
Área de pomar	02	7,4
Outras	01	3,7
Número de colmeias no apiário		
Entre 5 e 10 colmeias	09	33,3
Entre 11 e 30 colmeias	14	51,9
Entre 31 e 50 colmeias	04	14,8
Acima de 51 colmeias	-	-
Método de extração do mel do favo		
Escorrido	01	3,7
Prensado	-	-
Centrifugado	22	81,5
Decantado	04	14,8
Existência de assistência técnica		
Sim, recebo assistência técnica	04	26,7
Não recebo assistência técnica	11	73,3
Instituição que ofertam a assistência técnica		
SENAR	2	13,5
EMPAER	2	13,5
Método de formação da colmeia no apiário		
Captura de enxames	27	100
Divisão de caixas	27	100
Outro	-	-

Fonte: Autores (Pesquisa de campo 2022).

Tabela 3 - Informações relacionadas ao perfil da produção de mel em apiários avaliados no estudo sobre as perspectivas dos apicultores em relação à produção em Mato Grosso

Informações	N	%
Fatores que aumentam a produção de mel (múltipla escolha)		
Assistência técnica de produção e administração	08	53,3
Melhoramento genético de rainhas e das colmeias	07	46,7
Disponibilidade de espaço físico	05	33,3
Logística de marketing, transporte e venda	04	26,7
Maior incentivo público como cardápio da população	04	26,7
Existência de financiamento	03	20,0
Criação de cooperativas	03	20,0
Fatores que diminuem a produção de mel (múltipla escolha)		
Diminuição da floração	12	80,0
Fatores climáticos	09	60,0
Prolongamento do período de seca ou antecipação das chuvas	06	40,0
Desmatamento da Floresta	05	33,3
Ataque de pragas	04	26,7
Queimadas	04	26,7
Uso de agrotóxicos nas lavouras próximas às colmeias	03	20,0
Existência de mineração próximo as colmeias	01	6,6
Amplitude da comercialização do mel		
Comercialização local	10	66,7
Comercialização regional/estadual	04	26,7
Comercialização nacional	01	6,6
Sobre aumento da produção nos últimos anos		
Sim houve aumento de produção	11	73,3
Não houve aumento de produção	04	26,7
Qual o aumento registrado?		
Entre 10 e 50 kg	03	27,3
Entre 51 e 100 kg	02	18,2
Entre 101 e 150 kg	02	18,2
Acima de 151 kg	04	36,4

Fonte: Autores (Pesquisa de campo 2022).

Tabela 4- Informações relacionadas ao perfil da produção de mel em apiários avaliados no estudo sobre as perspectivas dos apicultores em relação à produção em Mato Grosso

Fatores que influenciaram o aumento da produção no apiário	N	%
Aumento da floração	08	72,7
Fatores climáticos	06	54,5
Diminuição do desmatamento da floresta	04	36,4
Ausência do uso de agrotóxicos em lavouras próximas	04	36,4
Ausência de ataque de pragas	02	18,2
Ausência de doença nas abelhas	02	18,2
Prolongamento do período de seca ou antecipação das chuvas	01	9,1
Lixão distante do apiário	01	9,1
Diminuição ou ausência de queimadas	01	9,1
Observação de alterações físicas do mel		
Alteração de cor	03	20,0
Não foram observadas alterações	12	80,0
Observação sobre o comportamento das abelhas		
Abelhas mortas em excesso perto da colmeia	02	7,41
Abelhas mortas em excesso longe da colmeia	01	3,7
Diminuição da taxa de reprodução	01	3,7
Mortalidade da prole ou má formação larval	01	3,7
Desorganização da colmeia	01	3,7
Nenhuma alteração observada	21	77,8
Existência de garimpos de ouro próximos ao apiário		
Sim existem garimpos próximos	12	37,0
Não existem garimpos próximos	15	63,0
Distância dos garimpos		
Menos de 5 km	11	91,7
Entre 6 e 10 km	01	8,3
Existência de lavoura com uso de agrotóxicos próximo ao apiário		
Sim existem lavouras	18	66,7
Não existem lavouras	09	33,3
Distância das lavouras		
Menos de 5 km	16	88,9
Entre 11 e 15 km	02	11,1
Quanto ao estímulo de continuar atuando na apicultura		
Pouco estimulado	03	20,0
Indiferente	02	13,3
Muito estimulado	07	46,7
Extremamente estimulado	03	20,0

Fonte: Autores (Pesquisa de campo 2022).

8 Referências

ABEMEL. Associação Brasileira dos Exportadores de Mel. 2022. Dados estatísticos do mercado de mel 2017 a 2022. Disponível em: <<https://www.brazilletsbee.com.br/dados-setoriais.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

ABELHA. Associação Brasileira de Estudo das Abelhas. 2024. Disponível em: <<https://abelha.org.br/dia-do-mel-desafios-e-perspectivas-para-o-futuro-da-apicultura-no-brasil/>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

ALVARES, C. A.; STAPE, L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AVENI, A.; MARQUES, R. C. A.; XIMENES, C.; OLIVEIRA, C. R. Potencial de Indicação Geográfica do Mel na Ride. **Revista Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, 2018. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v11i5.27064>

BARBOSA, F. R. G. M.; NORONHA, M. O.; PIACENTI, C. A. Valoração econômica do serviço de polinização na agricultura no centro-oeste brasileiro (2010-2018). **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 310-325. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73373>

BALBINO, V. A.; BINOTTO, E.; SIQUEIRA, E. S. Apicultura e responsabilidade social: Desafios da produção e dificuldades em adotar prática social e ambientalmente responsáveis. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 81, n. 2, p. 348-377, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-2311.0442013.44185>

BAMPI, A. C *et al.* Expansão da fronteira agrícola capitalista no Baixo Araguaia Brasileiro (MT): alterações ambientais e conflitos socio-territoriais. Estudios Socioterritoriales. **Revista de Geografia**, n. 21, p. 29-45, 2017.

BASSO, L. A. Associação Paulista de Apicultores Criadores de Abelhas Melíferas Europeias. APACAME. A importância dos contratos agrários na apicultura. **Revista Mensagem**. Disponível em: <<https://apacame.org.br/site/revista/mensagem-doce-n-168-setembro-de-2022/artigo-3/>>. Acesso em: 30 maio 2023.

BIERNARCKI, P.; WALDORF, D. Snowball sampling problems and techniques of chain referral sampling. **Sociological Methods and Research**, n. 10, p. 141-163, 1981.

BORLACHENCO, N. G. C.; CEREDA, M. P.; ARAÚJO, G. M.; PADIAL, N. P. M. Aspectos legais da recuperação de áreas degradadas em áreas de preservação com apicultura de *Apis mellifera*. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 56-78, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e2201756-78>

BRASIL. Lei nº 12651/2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

_____. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 set. 2000.

_____. Lei nº 4.497/66. Fixa Normas de Direito Agrário. Dispõe sobre o Sistema de Organização e Funcionamento do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária, e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 1966.

_____. Lei nº 4.504/64. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 1964.

CAMPOS, M. Greenpeace.org. S.O.S., **as abelhas pedem socorro**. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/blog/s-o-s-as-abelhas-pedem-socorro/2018>>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CBA - Confederação Brasileira de Apicultura. **Apicultura no Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.cbraca.com.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2023.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Relatório PIB do agronegócio/2022**. Disponível em: <dtec.pib_mar_2021.10jun2021vf (usp.br)>. Acesso em: 10 fev. 2023.

CORSINI, E. Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso - ZSEE/MT/2018 - **Estudo ambiental**. Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso, Cuiabá. Disponível em: <<http://www.seplag.mt.gov.br/index.php?pg=ver&id=5604&c=117&sub=true>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

COSTA, E. M.; ARAÚJO, E. L.; MAIA, A. V. P.; SILVA, F. E. L.; BEZERRA, C. E. S.; SILVA, J. G. Toxicity of insecticides used in the brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 45, n. 1, p. 34-44, 2014. DOI: 10.1007/s13592-013-0226-5

COSTA, R. O. *et al.* Análise do processo produtivo de mel do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 2. P. 1-4, 2017.

CPT - Centro de Produções Técnicas. **Abelhas com ferrão: gênero *Apis*, e sua distribuição pelo mundo/2023**. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/artigos/abelhas-com-ferrao-genero-apis-e-sua-distribuicao-pelo-mundo>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soja e abelhas um processo de ganha-ganha/2024. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164976/soja-e-abelhas-um-processo-de-ganha-ganha>>. Acesso em: 22 ago. 2024

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cerrado: **características climáticas**/2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Boas Práticas Apícolas para a Produção de Mel na Região Sul do Brasil**. Documentos 468. Embrapa Clima Temperado. 1. ed. Pelotas, 2018. 48 p.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agrotóxicos**: Documentos/Embrapa Milho e Sorgo. 1. ed. Sete Lagoas, 2015. 28 p.

GHRAMH, H. A.; KHAN, K. A.; ALSHEHRI, A. M. A. Antibacterial potential of some saudi honeys from Asir region against selected pathogenic bacteria. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1278-1284, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.05.011>

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, n.108, p.1-9, 2015. DOI: 10.1093/jee/tov093

GIROTTI, S. *et al.* Bioindicators and biomonitoring: honey bees and hive products as pollution impact assessment tools for the mediterranean area. **Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration**, v. 5, n. 62, 2020. DOI: 10.1007/s41207-020-00204-9

GOMES, I. N.; VIEIRA, K. I. C.; GONTIJO, L. M.; RESENDE, H. C. Honey bee survival and flight capacity are compromised by insecticides used for controlling melon pests in Brazil. **Ecotoxicology**, v. 29, n.1, p. 97-107, 2020. DOI: 10.1007/s10646-019-02145-8

Hasenack, H.; Cordeiro, J. L. P.; Hofmann, G. S. **The climate of the Pantanal RPPN**. Relatório Técnico. Porto Alegre, 2003. 31p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Comercialização de agrotóxicos. 2020. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística Social, Cidades e populações**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa - mel de abelha**. Valor da Produção em Mato Grosso, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/mt>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de mel no estado de Mato Grosso**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/mt>>. Acesso em: 28 jan. 2023.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PIB da pecuária municipal**, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

INDEA. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. **Sanidade Animal e Vegetal**. Uso indevido de agrotóxico causou mortalidade de abelhas em Sorriso/2023. Disponível em: <<https://www.indea.mt.gov.br/-/uso-indevido-de-agrot%C3%B3xico-causou-mortalidade-de-abelhas-em-sorriso>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

_____. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. **Sanidade Animal: saúde das abelhas**, 2022. Disponível em: <<https://www.indea.mt.gov.br/servicos?c=6098838&e=12130069>>. Acesso em: 23 maio 2023.

_____. Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso. **Área plantada soja e algodão em Mato Grosso**, safra 2022/2023. Disponível em: <<https://www.indea.mt.gov.br/-/23027234-area-plantada>>. Acesso em: 08 maio 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Terra Brasilis: queimadas x desmatamento x CAR**. 2019-2023/4. Disponível em: <<http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/fires/biomes/aggregated/>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

KERCKES, S.; GASIC, U.; VELICKOVIC, T. C.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; NATIC, M.; TESIC, Z. The determination of phenolic profiles of serbian unifloral honeys using ultra-high-performance liquid chromatography/high resolution accurate mass spectrometry. **Food Chemistry**, v.138, n.1, p.32-40, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.025>

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, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KLEIN, A. M.; FREITAS, B. M.; BOMFIM, I. G. A.; BOREUX, V.; FORNOFF, F.; OLIVEIRA, M. O. 2020. Insect pollination of crops in Brazil: a guide for farmers, gardeners, politicians and conservationists. **Nature Conservation and Landscape Ecology**, 162 p. DOI: 10.6094/UNIFR/151200

LONGO, L.; GALBIATI, C.; SOUZA, C. A. Pantanal mato-grossense: Aspectos socioeconômicos da apicultura e seu avanço em seis municípios na baixada cuiabana. **Revista Equador**, v. 8, n. 3, p. 101-118, 2019. DOI: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº11, de 20 de outubro de 2000. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/copy_of_suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-mel-e-produtos-apicolas>. Acesso em: 27 maio 2023.

NASCIMENTO *et al.* Phenolic compounds, antioxidante capacity and physicochemical Properties of Brazilian *Apis mellifera* honeys. LWT. **Food Science and Technology**, n. 91, p. 85-94, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.016

NATASHA, S. M.; KHALID, S.; BIBI, I.; BUNDSCHUH, J.; KHAN, N. N.; DUMAT, C. A critical review of mercury speciation, bioavailability, toxicity and detoxification in soil-plant environment: Ecotoxicology and health risk assessment. **Science Total Environment**, v. 711, n. 1, p. 134749, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134749>

NUNES, S. P.; HEINDRICKSON, M. A cadeia produtiva de mel no Brasil: análise a partir do sudoeste Paranaense. **Brazilian Journal Development**, v. 5, n. 9, p. 16950-16967, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n9-222

ORSI, R. O.; LUNARDINI, J.S.; ZALUSKI, R. Evaluation of motor changes and toxicity of insecticides Fipronil and Imidacloprid in africanized honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 64, n. 1, p. 50-56, 2017. DOI: 10.13102/sociobiology.v64il.1190

PEGORARO, A. *et al.* **Aspectos práticos e técnicos da apicultura no sul do Brasil**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017, 282 p.

PEREIRA, K. C.; PIERANGELI, M. A. P.; GALBIATI, C. Potencial do mel orgânico como alternativa de desenvolvimento rural sustentável em Mato Grosso. **Revista Equador**, v. 9, n. 4, p. 40-55, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v9i4.11464>

PIRES, C. S. S. *et al.* Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000500003

POTTS, S. G. *et al.* Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 8, n. 540, p. 220-229, 2016. DOI: 10.1038/nature20588

QUEIROZ-ROLIM, M. B. *et al.* Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil: revisão. **Medicina Veterinária**, v. 12, n. 1, p. 73-81, 2018. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v12n1-2154>

ROGERS, S. R.; TARPY, D. R.; BURRACK, H. J. A diversidade de espécies de abelhas aumenta a produtividade e a estabilidade em uma cultura perene. **PLOS ONE**, v, 9, n 5, e97307, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097307>

ROSA, J. M.; ARIOLI, C. J.; NUNES-SILVA, P.; GRACIA, F. R. M. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019. DOI: 10.5969/223811711812019154

ROSSI, C. A.; ROAT, T. C.; TAVARES, D. A.; CINTRA-SOCCOLOWSKI P.; MALASPINA, O. Effects of sublethal doses of Imidacloprid in malpighian tubules of africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Microscopy Research and Technique**, v. 76, n. 5, p. 552- 558, 2013. DOI: 10.1002/jemt.22199

SEAF/MT. Secretaria de Estado de Agricultura Familiar do Estado de Mato Grosso. **Mato Grosso Produtivo Apicultura/2022**. Disponível em: <<https://www.agriculturafamiliar.mt.gov.br/-apicultura>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SEMA/MT. Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso. **Unidades de Conservação Estaduais/2023**. Disponível em: <<https://www.unidadesdeconservacao.mt.gov.br>>. Acesso em: 24 maio 2023.

SILVA, H. B.; SOUSA, S. S.; DAMIÃO, G. Apicultura em Campo Maior, Piauí: Perfil do apicultor, potencialidades e dificuldades da atividade. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.17, n. 1, p. 35-43, 2022. DOI:10.18378/rvads.v17i1.8716

VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K. Colony Collapse Disorder: A descriptive study. **PLOS ONE**, v. 4, n. 8, e6481, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>

VIDAL, M. F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste ETENE: Caderno Setorial. **Banco do Nordeste**, n. 157, 2021. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/etene/caderno-setorial>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

YANG, E. C.; CHUANG, Y. C.; CHEN, Y. L.; CHANG, L. H. Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of Imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae).

Journal of Economic Entomology, v. 101, n. 6, p. 1743-1748, 2008. DOI: 10.1603/0022-0493-101.6.1743

ZATTARA, E. E.; AIZEN, M. A. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. **One Earth**, n. 4, p. 114-123, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de abelhas (sociais e solitárias) como potencial ferramenta de biomonitoramento ambiental, apresentou-se eficaz quanto aos resultados das análises químicas realizadas a fim de constatar a presença de mercúrio em sua biomassa. No Capítulo I os resultados evidenciaram que *Eulaema cingulata*, *Euglossa amazonica*, *Euglossa augaspis*, *Euglossa bidentata*, *Euglossa crassipunctata*, *Eulaema pseudocingulata* e *Exaerete smaragdina* foram recorrentes nas três áreas de estudo, caracterizando-as como espécies generalistas e resistentes a ambientes antropizados, bem como, avaliamos que os diferentes estados de conservação da matriz, interferem na abundância da assembleia de Euglossini. No Capítulo II ampliamos os registros de ocorrência de *Aglae caerulea* em áreas de conservação na Amazônia mato-grossense no médio norte de Mato Grosso. Neste trabalho enfatizamos a importância das Áreas de Conservação mantendo-se como ambientes de refúgio e preservação de espécies raras. No Capítulo III desenvolvido especificamente para apicultores de Mato Grosso, alguns resultados como necessidade de maior estímulo pelo poder público junto aos apicultores, incluindo assistência técnica, formalização dos apiários, registros de perdas de apiários, e ampliação de pasto apícola, registra-se no trabalho a possibilidade de desenvolvimento da apicultura em áreas próximas ao garimpo e as lavouras, com possibilidades de crescimento e desenvolvimento socioeconômico principalmente em municípios com menor taxa de emprego e renda, ampliando principalmente a economia da agricultura familiar, foram evidenciados. No Capítulo IV entre os principais resultados constatamos que as abelhas, méis e cera de abelha não estão contaminados por mercúrio, incluindo apiários próximos as áreas de garimpo, assim, consideramos que a apicultura pode ser implantada em áreas que passarão pelo processo de recuperação ambiental, entretanto ressaltamos que o desenvolvimento desta prática deve estar associado ao monitoramento ambiental permanente, incluindo análises químicas de solos, plantas, água, ar e demais substratos relevantes a prática apícola no Estado de Mato Grosso.

As elucidações desta pesquisa indicam para utilização de abelhas e derivados como potenciais bioindicadores da contaminação ambiental por mercúrio, bem como, apresentamos o diagnóstico atual das atividades apícolas do estado, incluindo os desafios a serem superados, e ao mesmo tempo, destacamos os principais pontos e propostas que possam ser utilizadas como instrumento norteador de políticas públicas junto ao setor produtivo, de maneira que possa contribuir no aumento de fonte de renda aos pequenos produtores rurais e impulsionar e explorar de forma sustentável a capacidade produtiva de mel por todo estado de Mato Grosso.

Anexo 1. Submission Guidelines Water, Air, & Soil Pollution

Water, Air, & Soil Pollution is an international, interdisciplinary journal on all aspects of pollution and solutions to pollution in the biosphere. This includes chemical, physical and biological processes affecting flora, fauna, water, air and soil in relation to environmental pollution. Because of its scope, the subject areas are diverse and include all aspects of pollution sources, transport, deposition, accumulation, acid precipitation, atmospheric pollution, metals, aquatic pollution including marine pollution, Arctic /Antarctic pollution, water, ground water, waste water, micro-plastics, nanoparticles, pesticides, environmental sustainability, soil pollution, industrial pollutants, sewage, sediment pollution, forestry pollution, effects of pollutants on humans, vegetation, fish, aquatic species, micro-organisms, and animals. Submissions are welcome in environmental and molecular toxicology applied to pollution research, biosensors, global and climate change, ecological implications of pollution and pollution models. *Water, Air, & Soil Pollution* also publishes manuscripts on methods used in the study of environmental pollutants, environmental toxicology, environmental biology and chemistry, bioassays, novel environmental engineering and bioreactors related to pollution, remote sensing, biochar in pollution control, environmental genomics applied to pollution research, biodiversity as influenced by pollution, environmental biotechnology as applied to pollution (e.g., bioremediation, phytoremediation, biofuels), environmental modelling and bioremediation of polluted environments.

Articles should not be submitted that are of local interest only and do not advance international knowledge in environmental pollution and solutions to pollution. Articles that simply replicate known knowledge or techniques while researching a local pollution problem will normally be rejected without review. Submitted articles must have up-to-date references, employ the correct experimental replication and statistical analysis, where need and contain a significant contribution to new knowledge. The publishing and editorial team sincerely appreciate your cooperation. *Water, Air, & Soil Pollution* publishes **research papers; review articles; mini-reviews; and book reviews**. Note that special and topical issues published from 2001-2009 were published in the companion journal *Water, Air, & Soil Pollution: Focus* (see ISSN 1567-7230). Special issues from 2010 forward are published in the mother journal, *Water, Air, & Soil Pollution*.

Instructions for Authors**Descriptions of article types**

The journal welcomes a variety of article types:

Research Manuscripts

Regular research manuscripts contain new research findings in their respective fields. These include presentation of new hypotheses and experiments, concepts or theories, development of innovative experimental or numerical methods, novel applications of existing methods and models, or presentation of new, significant case studies.

The journal will not consider submissions of limited international interest or lacking a substantial impact on environmental pollution research. In addition, papers that merely comprise data collections, based on the use of routine analytical or bioanalytical methods, are not acceptable. Repetition of already published knowledge, simply applied to the local level, will not be considered, nor will papers that do not highlight and explain clearly the new science versus the current knowledge.

Research manuscripts may comprise a maximum of 20 journal pages, including figures, tables and references. One journal page corresponds to about 800 words. In exceptional cases, authors

are advised to contact the Editor-in-Chief prior to submission of the script. All submitted papers will undergo a rigorous peer-review.

Short Communications

Research that does not meet the criteria for full research papers may be submitted as Short Communications. Short Communications are restricted to reports of unusual urgency, timeliness, and significance. A brief statement explaining how the manuscript meets the criteria of urgency and significance should be included in the author's remarks at submission. They should contain about 1000 words of text, a maximum of two tables and/or figures and no more than 20 references.

Letters to the Editor, Comments and Replies

Within this section, brief communications to the Editor-in-Chief and to the scientific community will be published. Additionally, any short scientific comment on a previously published research article may be submitted. Prior to publication of such comments, the Editor-in-Chief may seek a reply from the author(s) of the original research article. The aim of this section is to enhance the written scientific debate. At the Editor-in-Chief's discretion there may or may not be peer-review of the content.

Review Articles

In this section, contributions will be published that contain no original new data but summarize existing information and synthesize recent findings. These manuscripts contain critical, state-of-the-art reviews with the objectives of critically evaluating existing knowledge and providing background information for future significant research.

Authors who wish to review a particular topic should consult the Editor-in-Chief prior to submission of the manuscript. It should be noted that review scripts will undergo a similar peer review procedure as regular research paper. Length is generally not to exceed 35 journal pages.

Mini-Reviews

These papers follow the same conditions as review articles but may be shorter in length (up to 8000 words maximum).

Perspectives

Perspective articles are a blend between a commentary and a mini-review, providing an opinion-driven perspective on a significant research topic. Authors can present a provocative perspective supported by data and published literature that stimulates future research. Perspectives are about 3,000 words and contain no more than a total of 1-3 figures and/or tables. The authors are generally recognized as experts in their respective disciplines.

Topical Collections

The journal encourages the publication of Topical Collections in emerging and hot topics, relevant to the aims and scope of the journal. Please send a proposal or email the publishing editor Sherestha Saini (Sherestha.saini@springernature.com) for more information.

Manuscript Submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Source Files

Please ensure you provide all relevant editable source files at every submission and revision. Failing to submit a complete set of editable source files will result in your article not being considered for review. For your manuscript please always submit in common word processing formats such as .docx or LaTeX.

Additional remark

Authors are **strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors** at submission. Changes of authorship or in the order of authors are **not** accepted **after** submission of a manuscript.

Title Page

Please make sure your title page contains the following information.

Title

The title should be concise and informative.

Author information

- The name(s) of the author(s)
- The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country
- ☐ A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author
- ☐ If available, the 16-digit [ORCID](#) of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Large Language Models (LLMs), such as ChatGPT, do not currently satisfy our authorship criteria. Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript. The use of an LLM (or other AI-tool) for "AI assisted copy editing" purposes does not need to be declared. In this context, we define the term "AI assisted copy editing" as AI-assisted improvements to human-generated texts for readability and style, and to ensure that the texts are free of errors in grammar, spelling, punctuation and tone. These AI-assisted improvements may include wording and formatting changes to the texts, but do not include generative editorial work and autonomous content creation. In all cases, there must be human accountability for the final version of the text and agreement from the authors that the edits reflect their original work.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

- Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials
- Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively registered”, for retrospectively registered trials

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

- **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on how to complete this section.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using Springer Nature’s LaTeX template.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Additional remark to 'formatting'

- lines should be double-spaced
- continuous line numbering should be used.

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson, 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott, 1991; Barakat et al., 1995; Kelso & Smith, 1998; Medvec et al., 1999).

Authors are encouraged to follow official APA version 7 guidelines on the number of authors included in reference list entries (i.e., include all authors up to 20; for larger groups, give the

first 19 names followed by an ellipsis and the final author's name). However, if authors shorten the author group by using et al., this will be retained.

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Journal names and book titles should be italicized.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. "https://doi.org/abc").

Journal article Grady, J. S., Her, M., Moreno, G., Perez, C., & Yelinek, J. (2019). Emotions in storybooks: A comparison of storybooks that represent ethnic and racial groups in the United States. *Psychology of Popular Media Culture*, 8(3), 207–217. <https://doi.org/10.1037/ppm0000185>

Article by DOI Hong, I., Knox, S., Pryor, L., Mroz, T. M., Graham, J., Shields, M. F., & Reistetter, T. A. (2020). Is referral to home health rehabilitation following inpatient rehabilitation facility associated with 90-day hospital readmission for adult patients with stroke? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001435>

Book Sapolsky, R. M. (2017). *Behave: The biology of humans is at our best and worst*. Penguin Books.

Book chapter Dillard, J. P. (2020). Currents in the study of persuasion. In M. B. Oliver, A. A. Raney, & J. Bryant (Eds.), *Media effects: Advances in theory and research* (4th ed., pp. 115–129). Routledge.

Online document Fagan, J. (2019, March 25). Nursing clinical brain. OER Commons. Retrieved January 7, 2020, from <https://www.oercommons.org/authoring/53029-nursing-clinical-brain/view>

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.
- When preparing your figures, size figures fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Ethical Responsibilities of Authors

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE), the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation is helped by following the rules of good scientific practice, which include*:

The manuscript should not be submitted to more than one journal for simultaneous consideration.

The submitted work should be original and should not have been published elsewhere in any form or language (partially or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work. (Please provide transparency on the re-use of material to avoid the concerns about text-recycling (self-plagiarism').

A single study should not be split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (i.e. salami-slicing/publishing').

Concurrent or secondary publication is sometimes justifiable, provided certain conditions are met. Examples include translations or a manuscript that is intended for a different group of readers.

Results should be presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification or inappropriate data manipulation (including image-based manipulation). Authors should adhere to discipline-specific rules for acquiring, selecting and processing data.

No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own (plagiarism'). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks (to indicate words taken from another source) are used for verbatim copying of material, and permissions secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

Authors should make sure they have permission for the use of software, questionnaires/(web) surveys and scales in their studies (if appropriate).

Research articles and non-research articles (e.g. Opinion, Review, and Commentary articles) must cite appropriate and relevant literature in support of the claims made. Excessive and inappropriate self-citation or coordinated efforts among several authors to collectively self-cite is strongly discouraged.

Authors should avoid untrue statements about an entity (who can be an individual person or a company) or descriptions of their behavior or actions that could potentially be seen as personal attacks or allegations about that person.

Research that may be misapplied to pose a threat to public health or national security should be clearly identified in the manuscript (e.g. dual use of research). Examples include creation of harmful consequences of biological agents or toxins, disruption of immunity of vaccines, unusual hazards in the use of chemicals, weaponization of research/technology (amongst others).

Authors are strongly advised to ensure the author group, the Corresponding Author, and the order of authors are all correct at submission. Adding and/or deleting authors during the revision stages is generally not permitted, but in some cases may be warranted. Reasons for changes in authorship should be explained in detail. Please note that changes to authorship cannot be made after acceptance of a manuscript.

*All the above are guidelines and authors need to make sure to respect third party's rights such as copyright and/or moral rights.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results presented. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential or proprietary data is excluded.

Anexo 2. Author Guidelines – Biota Neotropica

Author Guidelines

Introduction

Manuscripts for publication in Biota Neotropica are to be submitted EXCLUSIVELY through the ScholarOne. After you have prepared your manuscript according to the instructions below, please visit the online submission web site: <http://mc04.manuscriptcentral.com/bn-scielo> and must be prepared following the instructions below. After successful submission, you will receive a confirmation email along with an ID number for your paper.

All subsequent correspondence should be sent to the Managing Editor at ea@biotaneotropica.org.br.

Current publication fee is R\$ 1200.00 (One Thousand Two Hundred Reais) for Brazilian authors or US\$ 450.00 (Four Hundred and Fifty Dollars) for foreign authors, irrespective of the number of pages published. Payment details will be sent to authors in the final editorial stage of articles accepted for publication. There are no submission fees for the articles.

Biota Neotropica publishes eight types of manuscript: editorial, point of view, articles, thematic reviews, short communications, identification key, inventory, and taxonomic reviews. Only the Editorial is written by the Editorial Board or by an invited researcher and is therefore subject to different submission rules.

Manuscripts submitted under any category should be written entirely in English.

The submitting authors and co-authors must provide a confirmed ORCID ID (Open Researcher and Contributor ID, <http://orcid.org/>) at the time of submission by entering it in the user profile in the submission system.

Authors are responsible for presenting the article in clear and concise scientific English. To ensure the highest quality of language and grammar, it is strongly recommended that manuscripts undergo a final revision by a specialized proofreading company such as American Journal Experts/AJE, Nature Publishing Group Language Editing, Edanz and/or other SciELO-approved services. If the Editorial Board considers that the level of English in a submitted manuscript is below the journal's standards, they reserve the right to refuse the paper, even if it has been approved by the Area Editor. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Authors are reminded that submission of their manuscript indicates that the content has not been published or submitted for publication elsewhere in English or any other language, except for a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium. While Biota Neotropica considers submissions that include material from a previously published PhD or academic thesis, it must adhere to the requirements of the institution that awarded the qualification. It is important to note that posting preprints on preprint servers is not considered prior publication and will not jeopardize consideration by Biota Neotropica. Authors are entitled to share their preprints (Author's Original Version) through various channels without impeding the submission process.

Aims and scope

Biota Neotropica is an electronic, peer-reviewed journal which aims to disseminate the results of original research work, concerned with characterization, conservation, restoration and sustainable use of biodiversity in the Neotropical region.

Biota Neotropica does not publish papers that include descriptions of new species of taxonomic groups for which the Nomenclatural Code requires printed copies. Authors are responsible to check if the specific requirements of the Nomenclatural Code of the organism they are working

with. If your taxonomic group requires printed copies of your publications, it is advisable to seek you for another journal for submitting your paper.

Papers that only report the occurrence of species in a region where their presence would be expected, but have yet to be recorded, are not published by *Biota Neotropica*.

The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Manuscript Category

Editorial

For each issue of *Biota Neotropica*, the Editor-in-Chief may invite a researcher to write an Editorial on relevant topics, from a scientific standpoint and in terms of creating policies for the conservation and sustainable use of biodiversity in the Neotropical region. Editorials should contain a maximum of 3000 words.

Points of View

This section acts as a forum for academic discussion on relevant issues within the scope of the journal. Researchers will write a short, thought-provoking article expressing their viewpoints on the specific issue in question. At the discretion of the Editorial Board, the journal may publish responses or considerations from other researchers to stimulate discussion on the given issue.

Articles

Must be the result of research in characterization, conservation, restoration, and sustainable use of biodiversity in the Neotropical region. The manuscript is expected to address a scientific issue of interest within the journal's scope and include a review of relevant and specialized literature, as well as a discussion of recently published articles in international literature. It is important to note that posting preprints on preprint servers is not considered prior publication and will not jeopardize consideration by *Biota Neotropica*.

Thematic Reviews

The manuscript is expected to develop a scientific concept or theme related to the scope of the journal, based on references that are essential for understanding the subject of the reviews, and including the most recent published articles on the specific issue.

Short Communications

These are short articles submitted spontaneously by their authors. The manuscript must contain new data that has not been previously published or submitted for publication, either in part or in its entirety, in any other periodical or book. The research presented must focus on the characterization, conservation, restoration, or sustainable use of Neotropical biodiversity. The manuscript is expected to briefly discuss a new component among the issues of scientific interest related to the scope of *Biota Neotropica*, based on recently published articles.

Identification Keys

The manuscript is expected to describe, to the fullest extent possible, the taxonomic group characterized by the identification key. It is essential to base this description on the existing taxonomic literature regarding the group in question.

Inventories

The research presented must focus on the characterization, conservation, restoration, or sustainable use of Neotropical biodiversity. In addition to the list of inventoried species, the manuscript should clearly describe the authors' selection criteria (e.g. assemblage, guild, locality) along with the methodology employed. The geographic coordinates of the study area, as well as an evaluation of the significance of the results in comparison to data from similar areas, using similarity indexes or other appropriate methods. The manuscript must be firmly grounded in the best available taxonomic literature relevant to the studied taxonomic group. It is crucial to inform the institution where testimony specimens are deposited.

Taxonomic Reviews

The research presented must focus on the characterization, conservation, restoration, or sustainable use of Neotropical biodiversity. The manuscript is expected to provide comprehensive information on the taxon under review, an elucidation of the main taxonomic issues and a justification for the necessity of its revision. The review should be based on the current and historical scientific literature regarding the taxon in question. It is crucial to inform the institution where testimony specimens are deposited.

Quick checklist for submissions

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines:

- Make sure your submission is complete - Preparing for submission;

- Make sure your submission follow the formatting instructions - Manuscript specifications;

- Make sure to adhere to the authorship and ethics requirements - Authorship and Ethics;

- Make sure your manuscript is accurate and readable;

- Make sure that raw data related to your manuscript is available;

- Data Availability

Submission and Publishing

Preparing for submission

The submission must include: the manuscript file (main document, figures, tables), a cover letter, the URL for the raw data used in the manuscript and supplementary material (if applicable).

Editorial process

The manuscripts and associated materials are checked for quality, completeness, and the adherence to the journal's guidelines by the Editorial Assistant. If the submission meets the necessary criteria, it will be forwarded to the Editor-in-Chief, who will then pass it to the Area Editors. The Area Editors will select at least two "ad hoc" reviewers to evaluate the manuscript. Authors are asked to suggest at least three potential reviewers, being at least one from abroad. Additionally, authors must disclose any researchers with whom they may have conflicts of interest, and these individuals will be excluded from the review process.

Review process

Area Editors are responsible for the entire publishing phase of the manuscript. This includes providing feedback to the authors and sharing reformulated versions of the work with the reviewers. Once all requirements and recommendations from the reviewers and Area Editors are addressed and fulfilled, the manuscript is considered preliminarily accepted and forwarded to the Editor-in-Chief. The final decision to accept the paper rests with the Editor-in-Chief, in common agreement with the Editorial Board.

Revision and Publication of accepted manuscripts

Authors must submit the definitive version of their work, including text, tables, and figures, through the Submission System. This version should incorporate all the necessary alterations or corrections requested by the reviewers and/or Area Editor, since this is the version that will be sent to the Editor-in-Chief for publication. Care taken at this stage significantly reduces the need for corrections or alterations to the article proofs.

Importance of Keywords for Discoverability and Indexing

Search tools and indexing services rely on the title and the keywords of an article to locate and classify it. Therefore, the selection of appropriate keywords is crucial to enhance the discoverability of the author's manuscript by other authors interested in the same topic. By choosing relevant keywords, authors increase the likelihood of their work being found and utilized by others, leading to potential citations. The information available at <http://www.editage.com/insights/why-do-journals-ask-for-keywords> is a good source for selecting keywords. Biota Neotropica requires a minimum of 5 and a maximum of 10 keywords.

Copyright Transfer and Citation Requirements

Upon submission of a manuscript to Biota Neotropica, the author(s) transfer(s) the copyright of the manuscripts to the journal. Any subsequent use of parts of the text, figures, and tables must acknowledge Biota Neotropica as the original source and include proper citation.

Autorship

All authors are expected to have made substantial contributions to the work, taking responsibility for both the content and the published form of the manuscript. This includes substantial contributions to the: conception, design, acquisition, analysis, or interpretation of data, as well as the creation of new software used in the work. Authors are also expected to have participated in drafting the manuscript, providing significant revisions or adding intellectual content. Furthermore, authors should have given their approval for the submitted version and any subsequent modifications that involve their contributions. The final manuscript should undergo thorough review and approval by all authors prior to submission.

The corresponding author (CA) is considered the author who submits the manuscript on behalf of all co-authors. The CA takes responsibility for ensuring that all listed authors have approved the manuscript before submission and that all authors receive the submission and all substantive correspondence with editors, as well as the full reviews, verifying that all data, materials, and code, even those developed or provided by other authors, comply with the transparency and reproducibility standards of Biota Neotropica. This responsibility includes but is not limited to:

- ensuring that original data/materials/code upon which the submission is based are preserved following best practices in the field so that they are retrievable for reanalysis;

- confirming that data/materials/code presentation accurately reflects the original;

- foreseeing and minimizing obstacles to the sharing of data/materials/code described in the work. The CA should be responsible for managing these requirements across the author group and ensuring that the entire author group is fully aware of and in compliance with best practices in the discipline of publication;

- confirming that all who deserve authorship are listed as authors and have received the appropriated credits in the “Authors’ Contributions”.

During the submission process, all authors will receive an email notifying them of their co-authorship in the manuscript. No confirmation is required.

The specific contributions of each author must be clearly stated in the “Authors’ Contributions” section of the manuscript. It is recommended to utilize CRediT (Contribution Roles Taxonomy) for specifying the roles and contributions of each author to the manuscript.

Individuals who have made specific contributions to the study but do not meet the authorship criteria outlined above (non-authors) should be acknowledged in the "Acknowledgements" section of the manuscript.

Large Language Models (LLMs), such as ChatGPT, do not currently satisfy our authorship criteria. Use of an LLM should be properly documented in the Ethics section of the manuscript (see 12. Ethics).

Copyright and Licensing

Upon submitting a manuscript to Biota Neotropica, the author(s) transfer(s) copyright to the journal. Any subsequent use of parts of the text, figures, and tables must include proper citation, acknowledging Biota Neotropica as the source. In case of using the entire article or parts of it in any medium, appropriate attribution should be provided. Links to the final article on Biota Neotropica’s website are encouraged where applicable.

Any accompanying data submitted to repositories with stated licensing policies should adhere to a licensing policy that is not more restrictive than CC BY 4.0.

During the publication process the corresponding author will be required to complete a copyright license agreement on behalf of all authors of the paper.

Data Availability

Data are important products of the scientific enterprise, and they should be preserved and accessible for long-term use in the future. Following the standard of international publications in the area of biodiversity, all data supporting the results in papers published in the journal must be archived in an appropriate public archive offering open access and guaranteed preservation. Submissions will not be accepted without a link to the repository where the data has been deposited.

Preferably data should be deposited in the journal's Dataverse repository (<https://data.scielo.org/dataverse/brbn>), but authors are free to select other repositories such as the Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp/SinBiota, Dryad Digital Repository - Dryad, TreeBASE Web, GenBank, Figshare, Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira/SiBBR or another repository that provides comparable access and guaranteed preservation. When submitting the paper to Biota Neotropica the provisional URL of the dataset must be included in the Data Availability section. The provisional URL shows that the data deposited is in a Draft Format and can be deleted if the paper is not accepted. For accepted papers the final URL of the data deposited must be included in the Data Availability section.

In the case of theoretical papers, the underlying model code must be archived. Authors are encouraged to prioritize the accessibility and reusability of their data by selecting file formats that allow for efficient extraction of the data. Instead of providing tabulated data in PDF format, authors should consider using file formats such as spreadsheets or flat files.

The data underlying all the results presented in the paper must be archived in a format that allows a third party to interpret the data. It is important to include appropriate metadata that describes the contents of the data, providing essential information about its structure, variables, units, and any other relevant details. The archived data must allow each result in the published paper to be recreated and the analyses reported in the paper to be replicated in full to support the conclusions made. Authors are welcome to archive more than this, but not less.

This policy applies to the research data that would be required to verify the results of research reported in articles published in the journal. Research data include data produced by the authors ("primary data") and data from other sources that are analyzed by authors in their study ("secondary data"). Research data includes any recorded factual material that is used to produce the results in digital and non-digital form. This includes tabular data, code, images, audio, documents, video, maps, raw and/or processed data

For sensitive data relating to endangered species or protected locations, authors should transform locality details or provide an anonymized version of the dataset whenever possible. In situations when endangered species or protected locations cannot be transformed, when data access is politically or culturally-sensitive, or when datasets include sensitive social data/information, editors may waive the archiving requirement. Authors must provide a short explanation in the Data Availability Statement when the archiving requirement has been waived.

General Guidelines for data publishing:

Large primary biodiversity data sets (e.g., institutional collections of species-occurrence records) should be published with the Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp/SinBiota, Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira/SiBBR or GBIF Integrated Publishing Toolkit (IPT);

Gene sequence and genomic data should be deposited with INSDC (GenBank/EMBL/DDBJ), either directly or via a partnering repository, e.g. Barcode of Life Data Systems (BOLD).

Transcriptomics data should be deposited in Gene Expression Omnibus (GEO) or ArrayExpress.

Phylogenetic data should be deposited at TreeBASE.

Biodiversity-related geoscience and environmental data should be deposited in PANGAEA.

Morphological images other than those presented in the article should be deposited at Morphbank. Images of a specific kind should be deposited in appropriate repositories if these exist (e.g. Morphosource for MicroCT data).

Videos should be uploaded to video sharing sites like YouTube, Vimeo or SciVee and linked back to the article text. Similarly, audio files should go to platforms like FreeSound or SoundCloud, and presentations to Slideshare. In addition, multimedia files can also be uploaded as on the journal's Dataverse (<https://data.scielo.org/dataverse/brbn>).

Other large data sets for which there is no existing thematic or domain-specific repository, could be deposited in the Biota Neotropica Dataverse, Dryad Data Repository, Zenodo, prior to the acceptance of the manuscript. Detailed instructions to deposit data in the Biota Neotropica SciELO Dataverse are available at <https://scielo.org/pt/sobre-o-scielo/scielo-data-pt/termos-data/> and https://wp.scielo.org/wp-content/uploads/Guia-deposito_pt.pdf

All external data used in a paper must be cited in the reference list, and links to these data (as deposited in external repositories) must be included in the Data Availability Section of the manuscript.

Manuscript specifications

Document type

The manuscripts should be sent in Microsoft Word format. PDFs or any other file format are not accepted for initial submissions.

Word

Font type: Times New Roman

Font size: 10pt

Section titles font size: 12pt

Boldface, italics, underlines, subscripts, and superscripts can be used when pertinent, but excessive use of these resources should be avoided.

In special cases (see Formulas), the following fonts can be used: Courier New, Symbol, and Wingdings.

Manuscripts can contain electronic links that the author judges appropriate. These must be included using the resources available in MS-Word.

A Word template is available at: www.biotaneotropica.org.br/public/templates/bn-word.docx

Formatting and manuscript sections

Main document

The main document of the manuscript must contain:

authors' name and affiliation;

titles in English and in another language (Portuguese or Spanish), using a capital letter in the first word and in accordance with pre-established grammar or scientific rules,

abstracts in English and in another language (Portuguese or Spanish);

5-10 keywords in English and in another language (Portuguese or Spanish);

the full text of the manuscript in English;

References.

figure legends (figures must NOT be included in this file. They must be entered separately in the system, as described in d. Figures).

Manuscript structure

The manuscript must be divided in the follow sections (sections must not be numbered):

Introduction

Material and Methods

Results

Discussion

Conclusion (optional)
Acknowledgments (optional)
Authors' Contribution
Conflicts of Interest
Ethics
Data availability
References
Figure legends (see Figures)
Table legends (if applicable, see Tables)

The decision to include optional sections rests with the authors. However, it is important to note that all other sections, apart from the optional ones, are mandatory and required for all article categories.

The “Results” and “Discussion” sections can be combined into the section “Results and Discussion”, at the authors’ discretion, specifically for manuscripts in the Short Communications and Inventories categories.

Format and style

File format

Submit the manuscript file in DOC or DOCX

Headings

Section headings must be written without numbering, in boldface, with only the first letter capitalized. The use of subheadings is allowed, but limited to two levels below the main section headings. Subheadings must be numbered in Arabic numerals followed by a period to indicate their order in the final manuscript format. For instance: “Material and Methods”, “1. Subheading”, “1.1. Sub-subheading”.

Layout and spacing

Single-column, double-spaced, font Times New Roman 10pt and 12pt for section headings.

Boldface, italics, underlines, subscripts, and superscripts can be used when pertinent, but excessive use of these resources should be avoided.

Page/line number

Do not include page numbers and line numbers in the manuscript.

Footnotes

Footnotes are not permitted. If your manuscript contains footnotes, move the information into the main text or the reference list, depending on the content.

Language

Manuscripts should be in English. Title, abstract and keywords must be provided in English and in another language (Portuguese or Spanish)

Nomenclature

Use the correct and established nomenclature

Species names: species citations must comply with the respective Nomenclature Codes. Write out in full the genus and species at the first mention of an organism in a paper. In the field of Zoology, all the species cited in the paper must be accompanied by the author and date of the original publication of the species description. For Botany, the author and/or revisor of the species must be provided. In the field of Microbiology, it is essential to consult specific sources, such as the International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.

Numbers

Numbers up to nine should be spelled out unless they are followed by units. use a period for the decimal number (10.5 m).

Units

Use SI units, separating the value units by space (except for percentages, degrees, minutes, and seconds)

Special cases:

for manuscripts submitted under the Inventories category, authors are required to submit the list of species, environments, descriptions, photos and other related documents separately. The Editorial Board will provide authors with specific instructions on how to format the list of species cited in the manuscript to facilitate the use of search engines.

for manuscripts submitted under the Identification Keys category, authors are required to submit the key itself separately to ensure proper formatting. When referring to collected material, the geographical coordinates of the collection area must be included. Whenever possible, the coordinates should be in degrees, minutes, and seconds (for example, 24°32'75" S and 53°06'31" W). In the case of references to endangered species, specify only degrees and minutes.

Abstract

Abstract must be provided in English and in another language (Portuguese or Spanish) and must not exceed 400 words. The abstract should succinctly summarize the purpose of the paper, main results, conclusions and recommendations.

Keywords

Keywords must be provided in English and in another language (Portuguese or Spanish).

Keywords should be given in alphabetical order and consist of a minimum of 5 and a maximum of 10 words or short phrases. For advice on selecting suitable keywords for your manuscript, you can refer to the following resources:

“Why do journals ask for keywords?”

“Maximising the Exposure of Your Research: Search Engine Optimisation and why it matters”

Data Availability

The permanent URL identifier of the dataset must be provided by the authors in the “Data Availability” section of the manuscript. Data should normally be made publicly available at the time of publication but may be postponed for up to one year if the technology of the archive allows for it.

Example: The data collected and generated during this study are available in the [repository name] at [URL or DOI]. The dataset includes [specify the nature of the data] used in the analysis and can be accessed at [provide the direct URL or DOI of the dataset]. The authors confirm that all data necessary for reproducing the study findings are available in the designated dataset.

Tables

Tables must be numbered sequentially with Arabic numerals.

Table legends are contained in a single paragraph, and identified by starting the paragraph with Table N, where N is the number of the table.

Tables should be directly inserted into the body of the manuscript, accompanied by their respective legends. Alternatively, for larger tables, it is recommended to submit them as separate files in Excel (XLS, XLSX) or Text Delimited Values (e.g. CSV, TSV) format. In such cases, the legends for these tables should be included after the “References” section of the manuscript.

Figures

Figures, including maps, photos and graphs, must not be included in the manuscript body. Instead, they should be submitted as separate files in any bitmapped file format (e.g. JPG, PNG, TIFF, GIF, BMP). To maintain high-quality images, ensure that the resolution is at least 300 dpi (dots per inch) or at the best available resolution when the source is at a lower resolution (e.g. camera trap photography).

Figures should be numbered sequentially using Arabic numerals.

In the case of drawings, the texts contained in the figures should use sans-serif fonts, such as Arial or Helvetica, for better legibility. Figures composed of several others should be identified by letters (ex. Figure 1a, Figure 1b). Use a scale bar to indicate size. Figures should not contain legends.

Figure legends should be included in the Figure legends section of the manuscript text.

Each legend should be contained in a single paragraph and be identified, starting the paragraph with Figure N, where N is the number of the figure.

Compound figures can have either independent legends for each subfigure or a single legend that encompasses the entire compound figure. The choice between these options should be made based on the clarity and readability of the figure.

Images downloaded from the internet cannot be published unless they are released under the correct Public Domain license. Clarify the source of any images that you do not own. Third-party images cannot be published without securing the appropriate rights.

Formulas

Formulas that can be written on a single line, even if they require the use of special fonts like Symbol, Courier New, and Wingdings, can be included in the text. For example: “ $a = p.r^2$ ” or “ Na_2HPO_4 ”.

Any formula or equation that cannot be accommodated within a single line should be sequentially numbered using Arabic numerals, and the equation’s label should be positioned at the right side of the equation. Ex:

$\frac{dx}{dt} = x - xy$ Equation 1

Citations

Figures, tables and equations must be cited using their full labels (Ex. Figure 1, Table 1, Equation 1).

Insert references in accordance with APA7 “AUTHOR-DATE” citation style, as in the following examples. Please note that final styling is applied by the publisher, and that the final style used in the publication deviates slightly from what many citation services will output as APA7. The Deakin guide to APA7 is a good reference to see more details. General guidance is given in the following example:

One author: Silva (2020) or (Silva 2020),

Multiple citations with same author(s): Silva (2020, 2021),

Multiple citations with same author(s) and same publication year: Silva (2020a, b),

Use “and” to separate authors’ names for publications with a maximum of three authors: Silva and Pereira (2019) or (Silva and Pereira 2019),

For citation with more than three authors use “et al.”: Silva et al. (2020) or (Silva et al. 2020),

Citations should be ordered by publication year: (Silva 2020, Pereira & Carvalho 2021, Araújo et al. 2022, Lima 2023).

Biota Neotropica does not accept references to unpublished data that are inaccessible to the reviewers or readers. In taxonomic studies, include citations of the material examined in accordance with the specific rules of the type of organism under study.

References

Adopt the format APA7 “AUTHOR-DATE” bibliography style, as in the following examples. Please note that final styling is applied by the publisher, and that the final style used in the publication deviates slightly from what many citation services will output as APA7. The Deakin guide to APA7 is a good reference to see more details. General guidance is given in the following example:

Crooks, K. R. (2002). Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology* 16, 488–502. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00386.x>

Sapolsky, R. M. (2017). *Behave: The biology of humans at our best and worst*. Penguin Books.

Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1980). Statistical methods (7th ed). Iowa State University Press.

Aron, L., Botella, M., & Lubart, T. (2019). Culinary arts: Talent and their development. In R. F. Subotnik, P. Olszewski-Kubilius, & F. C. Worrell (Eds.), *The psychology of high performance: Developing human potential into domain-specific talent* (pp. 345–359). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000120-016>

Reeve, W., Ardley, J., Tian, R., De Meyer, S., Terpolilli, J., Melino, V., Tiwari, R., Yates, R., O'Hara, G., Howieson, ... Kyrpides, N. (2014). Genome sequence of the *Listia angolensis* microsymbiont *Microvirga lotononidis* strain WSM3557 (T). *Standards in Genomic Sciences* 9(3), 540–550.

Bentham, G. (1862). Leguminosae. Dalbergiae. In C.F.P. Martius & A.G. Eichler, (Eds.) *Flora Brasiliensis* (v.15, pars 1, pp.1-349). F. Fleischer Lipsiae,

Ferreira, A. S., Peres, C. A., Bogoni, J. A. & Cassano, C. G. (2018) Use of agroecosystem matrix habitats by mammalian carnivores (Carnivora): a global-scale analysis. *Mammal Review* 48, 312-327. <https://doi.org/10.1111/mam.12137>

Padgurschi, M.C.G. (2014). Padrão espacial de Taquaras (Poaceae: Bambusoideae) em uma Floresta Neotropical do Sudeste do Brasil. [Doctoral thesis, Universidade Estadual de Campinas]. <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>

Fishbase (2023) <http://www.fishbase.org/home.htm> Retrieved August 25, 2022

All papers published in Biota Neotropica have an individual electronic address, which appears on the top-left area of the PDF, as well as a DOI identification number. Therefore, to reference papers published in Biota Neotropica follow the example below:

Santos, R.M., Schlindwein, M. N. & Viviani, V.R. (2016). Survey of Bioluminescent Coleoptera in the Atlantic Rain Forest of Serra da Paranapiacaba in São Paulo State (Brazil). *Biota Neotropica* 16(1), e0045. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0045>

Supplementary material

Any information (including display items) not directly related to the description of the main findings, but needed to properly understand the study, should be included in supplementary information files.

Only Supplementary Information that is relevant to the conclusions of the paper should be included.

The Supplementary Information document will be sent to peer reviewers alongside the manuscript file.

Acknowledgements (optional)

Contributors who have made significant contributions to the work but do not meet the authorship criteria may be listed in the Acknowledgements section. This section also provides an opportunity to recognize funding sources, provide relevant award/grant numbers, and express gratitude to nature reserves or other organizations that have supported the research. Authors bear the responsibility of ensuring that individuals and organizations named in the acknowledgements have given their consent to be acknowledged. The Acknowledgements section should be concise and avoid thanking anonymous referees and editors.

Authors' Contributions

All individuals who meet the authorship criteria, as described in the Authorship section, must be listed in the manuscript's "Authors' Contributions" section along with their respective contribution. It is recommended to use CRediT (Contribution Roles Taxonomy) for specifying the roles and contributions of each author to the manuscript. When using CRediT, it is preferable to present the authors' contributions in a table format, as exemplified below.

Example of an "Authors' Contributions" utilizing CRediT. Authors' names are abbreviated to their initials, and roles are limited to those relevant to the manuscript.

Author

Conceptualization

Methodology

Writing - Original Draft

Reviewing & Editing

Conflict of Interest

Biota Neotropica requires all authors to disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise, that could potentially influence the author's objectivity, is considered a potential source of conflict of interest. These must be revealed when they are either directly or indirectly related to the manuscript submitted to the journal. Conflicts of interest can arise when authors, reviewers, and editors have personal or financial interests that may potentially influence the preparation or evaluation of manuscripts. The existence of a conflict of interest does not impede publication in this journal, provided that it is clearly explained by the authors in the Conflicts of Interest section. Examples can be found in What is a conflict of interest?

The corresponding author is responsible for informing all the authors regarding this policy and ensuring that they comply with this guideline.

If the authors have no conflict of interest to declare, they must state the following:

“The author(s) declare(s) that they have no conflict of interest related to the publication of this manuscript”.

Ethics

Authors are expected to exhibit awareness and adherence to best practices in publication ethics, which include upholding authorship integrity by avoiding "ghost" or "guest" authorship, refraining from dual submission, maintaining academic integrity by avoiding plagiarism and manipulation of results, disclosing any competing interests, and complying with research ethics policies.

Publication Ethics

Biota Neotropica uses Crossref Similarity Check (powered by iThenticate) to identify any sort of plagiarism, double submissions, already published articles, and possible frauds in research.

Research involving animals or humans

If concerns are discovered after publication, the journal staff will conduct an investigation and may take appropriate actions, such as correction or retraction, if significant issues regarding the treatment of animals or research oversight are found. The editorial team also reserves the right to contact the authors' institution, ethics committee, or other relevant body regarding these concerns.

Animal research

Biota Neotropica is confident that the authors who submit manuscripts have adhered to the guidelines and obtained prior approval from the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) or equivalent ethics committee(s) at their respective research institutions. At the time of submission, authors must provide the name of the IACUC or equivalent ethics committee and relevant permit numbers, along with any other pertinent experimental details, in the Ethics section of their manuscripts.

Biota Neotropica encourages authors to follow Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments (ARRIVE) guidelines for the design, analysis, and reporting of scientific research.

Human participants and clinical trials

Studies involving human subjects and/or clinical trials must receive approval from the Institutional Committee responsible for evaluating this type of research, in accordance with the principles outlined in the Declaration of Helsinki. Authors are required to include information about this Committee and its approval in the Ethics section of the manuscript. It is essential to include a declaration confirming that prior informed consent was obtained from all participants. Alternatively, if obtaining informed consent was not necessary for specific reasons, a

declaration explaining the rationale should be included in the Ethics sections. If the study did not involve human subjects and/or clinical trials requiring committee approval, a statement should be included: “This study did not involve human beings and/or clinical trials that should be approved by an Institutional Committee.”

Declaration of generative AI in scientific writing

The following guidance only applies to the writing process, and does not to the use of AI tools for data analysis or drawing insights as part of the research process.

Authors are advised to use generative artificial intelligence (AI) and AI-assisted technologies (e.g. ChatGPT-3, ChatGPT-4), exclusively for the purpose of enhancing readability and language quality during the writing process. The usage of these technologies should be done with human oversight and control, and authors should carefully review and edit the generated output as AI has the potential to produce content that may sound authoritative but could be incorrect, incomplete or biased.

AI and AI-assisted technologies should not be listed as an author or co-author or be cited as an author. Authorship implies responsibilities and tasks that can only be attributed to and performed by humans, as outlined in policy for authors.

When the use of AI or AI-assisted technologies in the writing process, authors must include a statement about it in the ethics section with the following content:

Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process: during the preparation of this work the author(s) used [NAME TOOL / SERVICE] to [REASON]. After using this tool/service, the author(s) reviewed and edited the content as needed and take (s) full responsibility for the content of the publication.

This declaration does not apply to the use of basic tools for checking grammar, spelling, references etc. If there is nothing to disclose, there is no need to add a statement.

Cover letter

The cover letter should provide a concise explanation of the importance and relevance of the work, highlighting why it is considered appropriate for publication in *Biota Neotropica*.

The cover letter is not seen by peer reviewers.

Publication Frequency

Biota Neotropica is a quarterly journal that publishes 4 issues a year. The online publication is continuous, and the paper is published as soon as the authors approve the final document. An issue is finalized every three months. The Editorial Board may decide to publish special editions of the journal.

This journal is financed by the BIOTA/FAPESP Program of the São Paulo Research Foundation (FAPESP).

Short Communications

These are short articles submitted spontaneously by their authors. The manuscript must contain new data, not previously published and/or submitted for publication in part or in whole, in any other periodical or book, and be the result of research on the characterization, conservation, restoration or sustainable use of Neotropical biodiversity. The manuscript is expected to briefly discuss a new component among the issues of scientific interest related to the scope of BIOTA NEOTROPICA, based on recently published articles. The content of manuscripts accepted for publication, regardless of category, is the sole responsibility of the author(s).

Papers that only report the occurrence of species in a region where their presence would be expected, but have yet to be recorded, are not published by BIOTA NEOTROPICA.

Anexo 3. Instruções para autores – Ambiente e Sociedade

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A Ambiente & Sociedade utiliza a plataforma de submissão ScholarOne. Para submeter artigos acesse: <https://mc04.manuscriptcentral.com/asoc-scielo>

Pedimos aos autores que leiam com atenção todos os requisitos do processo de submissão abaixo.

O Sistema ScholarOne exige que os(as) autores(as), no momento da submissão, indiquem o seu código ORCID. O preenchimento deste código no sistema só pode ser feito pelo próprio autor ou co-autor do manuscrito.

O contato com a revista é feito único e exclusivamente via email: revistaambienteesociedade@gmail.com

Tipos de documentos aceitos

Os seguintes documentos são aceitos para submissão, assim como a categoria a ser escolhida na etapa de submissão "Type, Title & Abstract":

Artigo Original - Original Article

Resenha de livro - Book Review

Artigo de revisão de literatura - Literature Review

A Ambiente & Sociedade aceita submissões nos idiomas: Português, Inglês, e Espanhol.

A Ambiente & Sociedade aceita a submissão de preprints (leia a seção "Preprints").

Contribuição dos Autores

Os(as) autores(as) devem informar o papel desenvolvido de cada co-autor e co-autora, seguindo a taxonomia da CRediT (Contributor Roles Taxonomy).

No "Formulário sobre conformidade com a Ciência Aberta e Ética na Pesquisa", existe uma seção dedicada à esta questão.

Preparação do Manuscrito

A Ambiente & Sociedade recomenda aos autores que, antes da submissão, verifiquem com cuidado se o manuscrito está de acordo com todas as normas apresentadas nesta página.

Formato de Envio dos Artigos

Na submissão de Artigos Originais, os autores deverão observar as seguintes orientações:

O número máximo de autores e co-autores, por manuscrito submetido, deverá ser de 7 pessoas.

O manuscrito deve ser estruturado da seguinte forma: Título em português, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key-words, Título em espanhol, Resumen, Palabras-clave, introdução, desenvolvimento do texto, referências. Notas de rodapé são opcionais.

O documento deve ser submetido em formato doc. ou docx.

Fonte Arial 12 e espaçamento 1,5 (um e meio) entre linhas.

Todas as folhas do manuscrito devem trazer o seu número sequencial de página.

O arquivo todo do manuscrito deverá ter o mínimo de 35.000 e máximo de 50.000 caracteres, considerados os espaços e incluídas as referências. A publicação de artigos não contempla anexos nem apêndices. Caso os autores queiram que estas informações apareçam no artigo, deverão incluí-las no texto ou poderão ser citadas caso estejam armazenadas em repositórios digitais.

Título do artigo deve ter, no máximo, 15 palavras.

O Resumo, abstract e resumen, devem conter cada, de 100 a 150 palavras. Não deve ser redigido em primeira pessoa e deve incluir tema geral, problema de pesquisa, objetivos, métodos e principais conclusões. Os resumos devem ser claros, facilmente legíveis e fornecer um resumo abrangente do artigo.

As Palavras-chave, keyword e palabra clave devem ser no mínimo 5 e no máximo 8, nas três línguas.

Agradecimentos (opcionais) devem ser citados em nota de rodapé junto ao título. Eles não podem conter referências, diretas ou indiretas, à autoria.

As notas rodapé são de caráter explicativo e devem ser evitadas. Utilizadas apenas como exceção, quando estritamente necessárias para a compreensão do texto e com, no máximo, três linhas. As notas terão numeração consecutiva, em arábicos, na ordem em que aparecem no texto.

Avaliação cega: Ao submeter o artigo pelo sistema eletrônico, o(a) autor(a) deve suprimir todas as identificações de autoria (diretas e indiretas) do texto que seguirá para as avaliações cegas de avaliadores externos. As informações autorais ficarão registradas no sistema. Ao salvar o documento, retire os metadados do Word (autor; última modificação por), de modo que não conste a identificação do autor(a)/autores(as). Manuscritos com informações autorais de qualquer tipo não serão aceitos e retornarão ao autor(a) para adequações necessárias.

Na submissão de Artigos de Revisão de Literatura, os autores deverão observar as seguintes orientações:

Seguir todas as orientações presentes para submissão de Artigos Originais (apresentado acima).

A revisão deverá conter o diagrama PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) de etapas preenchido e inserido como figura dentro do texto: <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/FlowDiagram>

Recomendamos o uso do PRISMA 2020 checklist para guiamento da escrita do artigo: <http://prisma-statement.org/prismastatement/checklist.aspx>

Na submissão de Resenhas de livros, os autores deverão observar as seguintes orientações:

Poderão ser submetidas resenhas em português, espanhol e inglês.

O documento deve ser submetido em formato .doc ou docx.

A fonte deve ser Arial 12 e espaçamento 1,5 (um e meio) entre linhas.

Todas as folhas do original devem trazer o seu número sequencial de página.

As resenhas devem ter entre 10 a 15 mil caracteres com espaços e conter a referência completa do livro, além de título e de identificação do(a) autor(a) do livro resenhado no final do texto (nome completo e filiação institucional).

Serão aceitas resenhas que versem sobre livros publicados nos últimos cinco anos.

Solicita-se rever o livro como um todo, evitando-se uma revisão de cada capítulo, se possível.

As resenhas de livro devem ser classificadas como "Book Review" na etapa de submissão "Type, Title & Abstract".

As pessoas autoras devem suprimir todas as identificações de autoria.

Para a submissão da resenha será exigido o pagamento de uma taxa de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais).

O pagamento seguirá as mesmas regras previstas na seção "Cobrança de taxas".

Ativos Digitais

Elementos gráficos (Tabelas, quadros e figuras):

São permitidos apenas o total de cinco elementos, numerados em algarismos arábicos na sequência em que aparecerem no texto.

Devem estar em formato original que permita sua edição e devem ser incluídos no corpo do texto.

Todo os elementos gráficos devem possuir fonte, incluídos aqueles elaborados pelos autores.

Quadros e tabelas não podem ultrapassar de uma página.

Observar as normas da ABNT para referências e inserção de legendas e fontes em cada elemento.

Imagens coloridas e em preto e branco, digitalizadas eletronicamente em .png com resolução a partir de 300 dpi, apresentadas em dimensões que permitam a sua ampliação ou redução mantendo a legibilidade.

Recomendações relacionadas à acessibilidade

Não serão aceitas tabelas adicionadas como imagens, pois isso prejudica a acessibilidade, inviabilizando o acesso ao conteúdo utilizando leitores de tela.

Para a elaboração de visualizações (gráficos, figuras, mapas, etc), recomendamos que sigam boas-práticas de acessibilidade em visualização. Sugerimos a leitura do seguinte texto: "Accessibility in scientific visualizations", e que os(as) autores(as) busquem adequar as visualizações (exceto sobre interatividade, consideramos que os artigos também são publicados em PDF).

Após cada visualização e sua fonte, deverá ser adicionado um texto alternativo (Alt text) com uma breve descrição da imagem. Isso é importante para o acesso ao conteúdo utilizando leitores de tela. Sugerimos a leitura do seguinte texto: "Image Alt Text: How to Make Your Scientific Publication More Accessible".

Citações e Referências

As citações no corpo do texto e as referências deverão obedecer às normas da ABNT e, opcionalmente, Vancouver para autores filiados a universidades estrangeiras.

Recomendações gerais

Encorajamos os autores a explorar e integrar em suas submissões os artigos já publicados na Ambiente & Sociedade, sempre que relevante. Isso não apenas enriquece a discussão, como também fortalece as conexões dentro da comunidade acadêmica da área.

Incentivamos o uso do Digital Object Identifier (DOI), pois garante um link permanente de acesso para o artigo eletrônico.

Para artigos ou textos publicados na internet que não contenham o DOI, indicar o endereço da URL completa, bem como a data de acesso em que foram consultados.

ABNT

Citações

As citações devem seguir o sistema autor-data das normas da ABNT NBR 10520:2023. Recomendamos consultar o Guia para Elaboração de Citações, elaborado pelo Serviço de Biblioteca e Documentação da Universidade de São Paulo (Campus Bauru): <https://usp.br/sddarquivos/arquivos/citacoes10520.pdf>.

Referências

As referências devem seguir a norma ABNT NBR 6023:2018.

Recomendamos consultar o Guia para Elaboração de Referências, elaborado pelo Serviço de Biblioteca e Documentação da Universidade de São Paulo (Campus Bauru): <https://usp.br/sddarquivos/arquivos/abnt6023.pdf>.

Seguem alguns exemplos abaixo:

- Livro:

KRENAK, A. A vida não é útil. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2020. 128 p.

- Capítulo de Livro:

CONWAY, D. Water Security in a Changing Climate. In: Lankford, B. et al. (Coord.). Water Security: Principles, Perspectives and Practices. London, Routledge, 2013. p. 80-100.

- Artigo de periódico:

FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; BRITTO, A. L. Water security, metropolitan supply and climate change: some considerations concerning the Rio de Janeiro case. Ambiente & Sociedade, v. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190207r1vu2020L6TD> . Acesso em 15 mai. 2024.

Vancouver

Para autores que optem por utilizar o estilo Vancouver, recomendamos consultar o guia elaborado pelo International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) (exemplos de referências disponíveis em: https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

As referências devem ser identificadas no corpo do texto, com algarismos arábicos, sobrescritas, entre colchetes, obedecendo à ordem de citação no texto. A acurácia das referências é de responsabilidade do autor.

Se forem citadas mais de duas referências em sequência, apenas a primeira e a última devem ser digitadas, sendo separadas por um traço (Exemplo: [6-9]). Em caso de citação alternada, todas as referências devem ser digitadas, separadas por vírgula (Exemplo: [6,7,9]).

Seguem alguns exemplos abaixo:

- Livro:

Ailton Krenak. *Life Is Not Useful*. Polity; 2023.

- Capítulo de Livro:

Conway D. Water Security in a Changing Climate. In: *Water Security: Principles, Perspectives and Practices*. London: Routledge; 2013 [cited 2024 May 15]. p. 80–100. Available from: <https://doi.org/10.4324/9780203113202>

- Artigo de periódico:

Formiga-Johnsson RM, Britto AL. Water security, metropolitan supply and climate change: some considerations concerning the Rio de Janeiro case. *Ambiente & Sociedade*. 2020 [cited 2024 May 15];23. Available from: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190207r1vu2020L6TD>

Documentos Suplementares

Os documentos suplementares deverão ser anexados durante a submissão, na seção “Step 2: File upload”. Os documentos devem ser anexados como “Supplemental File NOT for Review”. O descumprimento desta exigência implicará a devolução do manuscrito.

Os seguintes documentos suplementares são necessários:

Comprovante de pagamento de taxa de submissão (leia mais na seção “Cobrança de Taxas”).

Lista de indicação de potenciais pareceristas: A fim de agilizar o processo de revisão de pares, os autores, no momento da submissão, deverão indicar o nome completo e o email de, ao menos, cinco potenciais pareceristas.

"Formulário sobre Conformidade com a Ciência Aberta e Ética na Pesquisa" (leia mais na seção "Conformidade com a Ciência Aberta").

Documento que comprove que a pesquisa foi aprovada por um comitê de ética institucional (quando aplicável) (leia mais na seção "Comitê de ética").

Declaração de Financiamento

Os(as) autores(as) devem informar fontes de apoio para o trabalho, incluindo nomes de patrocinadores, número de contrato (se houver), juntamente com explicações sobre o papel dessas fontes.

No "Formulário sobre conformidade com a Ciência Aberta e Ética na Pesquisa", existe uma seção dedicada à esta questão.

Anexo 4. Submission Guidelines Environmental Science and Pollution Research

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Source Files

Please ensure you provide all relevant editable source files at every submission and revision. Failing to submit a complete set of editable source files will result in your article not being considered for review. For your manuscript text please always submit in common word processing formats such as .docx or LaTeX.

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title

- Please avoid acronyms in the title of your article
- For local studies, please indicate the name of the region and country in the title.

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of about 10 to 15 lines.

Keywords

Please provide 6 to 8 keywords which can be used for indexing purposes.

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Please alphabetize according to the following rules: 1) For one author, by name of author, then chronologically; 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically; 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

Book

South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California
Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

If you are unsure, please use the full journal title.

Specific Remarks

Online documents :wikipedia documents are not acceptable as references.

LanguageReferences should be in English with an appropriate title in English. If it's in a different language the language should be indicatedZhu J, Wu F-C, Deng Q-J, Shao S-X, Mo C-L, Pan X-L, Li W, Zhang R-Y (2009) Environmental characteristics of water near the Xikuangshan antimony mine. Acta Scientiae Circumstantiae 29:655-661 (in Chinese)

Statements & Declarations

The following statements must be included in your submitted manuscript under the heading 'Statements and Declarations'. This should be placed after the References section. Please note that submissions that do not include required statements will be returned as incomplete.

Funding

Please describe any sources of funding that have supported the work. The statement should include details of any grants received (please give the name of the funding agency and grant number).

Example statements:

"This work was supported by [...] (Grant numbers [...] and [...]). Author A.B. has

Competing Interests

Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Interests within the last 3 years of beginning the work (conducting the research and preparing the work for submission) should be reported. Interests outside the 3-year time frame must be disclosed if they could reasonably be perceived as influencing the submitted work.

Example statements:

"Financial interests: Author A and B declare they have no financial interests. Author C has received speaker and consultant honoraria from Company M. Dr. C has received speaker honorarium and research funding from Company M and Company N. Author D has received travel support from Company O. Non-financial interests: Author D has served on advisory boards for Company M and Company N."

"The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose."

Please refer to the “Competing Interests” section below for more information on how to complete these sections.

Author Contributions

Authors are encouraged to include a statement that specifies the contribution of every author to the research and preparation of the manuscript.

Example statement:

“All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by [full name], [full name] and [full name]. The first draft of the manuscript was written by [full name] and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript”.

Please refer to the “Authorship Principles ” section below for more information on how to complete this section.

Tables

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.

If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.

Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Color Art

Color art is free of charge for print and online publication.

Color illustrations should be submitted as RGB.

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text. When preparing your figures, size figures to fit in the column width.

For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.

For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)

Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

Supply all supplementary material in standard file formats.

Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading. High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

Audio, Video, and Animations

Aspect ratio: 16:9 or 4:3

Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files

Minimum video duration: 1 sec

Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.

A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

Refer to the supplementary files as "Online Resource", e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".

Name the files consecutively, e.g. "ESM_3.mpg", "ESM_4.pdf".

Captions

For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

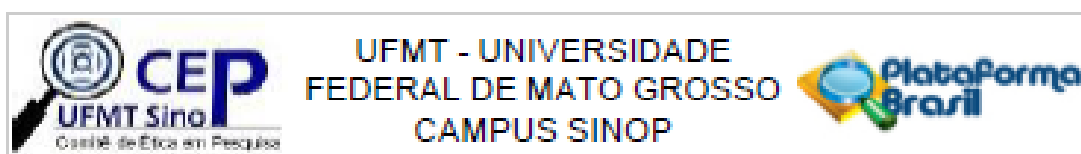
Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material

Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk).

Please note that using these tools, or any other service, is not a requirement for publication, nor does it imply or guarantee that editors will accept the article, or even select it for peer review.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A CADEIA PRODUTIVA DE MEL EM MATO GROSSO

Pesquisador: KLEBER SOLERA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57136822.1.0000.8097

Instituição Proponente: ICNHS/SINOP - INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS HUMANAS E SOCIAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.484.928

Apresentação do Projeto:

A apresentação do projeto, Hipótese, Critério de Inclusão, Critério de exclusão e Número de participantes foram retirados do arquivo Informações Básicas do Projeto (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1910084.pdf, postado em: 04/05/2022).

A fauna brasileira é composta por espécies que se originaram no país e, também por espécies que durante eras geológicas como o Cretáceo se dispersaram por todo o mundo, entre elas, as abelhas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 importadas de Portugal em 1839 e *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 originária da Alemanha. A cadeia de produção de mel em maior escala no Brasil, teve início em meados do século XIX influenciada potencialmente por meio da agricultura familiar, pautadas na economia de subsistência. A produção de mel no Brasil em 2020 foi de 51.507,82 mil toneladas, sendo a região nordeste com maior produção (18,32 mil toneladas). A China é o maior produtor com 446.900 mil toneladas, seguida pela Turquia com 114.113 mil toneladas. Vários países se assemelharam na produção, Argentina, Índia, Irã, Estados Unidos, México, Ucrânia, Etiópia e Rússia produzindo entre 50 e 80 mil toneladas, o Brasil ocupa a 8ª posição. A produção de mel em Mato Grosso em 2020 foi de 536.552 mil quilos, correspondendo a R\$ 12.973.000,00. Números esses que demonstram o contraste entre a produção e comercialização dos produtos do setor do agronegócio voltados ao mercado de commodities com a apicultura de forma geral. No entanto, mesmo as abelhas exercendo papel fundamental na

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco Acre, sala 18

Bairro: Residencial Cidade Jardim

CEP: 78.550-728

UF: MT

Município: SINOP

Telefone: (68)3533-3199

E-mail: cephumanos.cua@ufmt.br

Continuação do Parecer: 5.404.928

manutenção e sustentabilidade da biodiversidade no mundo, a perda destes organismos vem se intensificando a cada dia, seja pelas mudanças climáticas ou principalmente pelas ações antrópicas, como desmatamento, queimadas, uso de agrotóxicos, urbanização e mineração, provocando sérios danos para o meio ambiente, para a produção de alimentos e para a apicultura de todo o planeta, fenômeno este denominado de "Colony Collapse Disorder", Distúrbio de Colapso de Colônia (CCD). Mediante relevante fato, se faz necessário diagnosticar os fatores que impedem o avanço da apicultura no estado de Mato Grosso seja ele pelo baixo grau de envolvimento das políticas públicas, seja pela diminuição de habitat das abelhas dado o grande potencial de mercado apícola existente no estado.

Hipótese:

Não existe diferença entre as áreas de apicultura no Estado de Mato Grosso.

Critério de Inclusão:

Os apiários devem estar no mínimo a 5 km de distância um do outro;- Cada apiário deve ter no mínimo cinco colmeias de abelhas *Apis mellifera*;- Os apicultores devem ter 18 anos de idade ou mais;- Os apicultores devem ser alfabetizados;

Critério de Exclusão:

- Apiários montados e menos de 3 meses quando da realização da entrevista;- Apiários que tenham passado recentemente por danos severos ocasionado por queimadas, agrotóxicos, ou por fatores climáticos e ataques de pragas.

Número de participantes: 45.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da Pesquisa foram retrados do arquivo Informações Básicas do Projeto (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1910084.pdf, postado em 04/05/2022:

De acordo com o pesquisador:

Objetivo Primário:

Avaliar os principais fatores que influenciam a produção de mel, na apicultura de Mato Grosso.

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco Acre, sala 18

Bairro: Residencial Cidade Jardim

CEP: 78.550-728

UF: MT

Município: SINOP

Telefone: (66)3533-3199

E-mail: cephumanos.cua@ufmt.br

Continuação do Parecer: 5.404.928

Objetivo Secundário:

1. Diagnosticar e avaliar os principais problemas enfrentados na apicultura de Mato Grosso;
2. Avaliar se as perdas de produção de mel possam estar relacionadas ao Distúrbio de Colapso de Colônia;
3. Contribuir para o aprimoramento de protocolos que minimizem o Distúrbio de Colapso de Colônia;
4. Fornecer subsídios às políticas públicas para a gestão e manejo de apicultura;
5. Contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da região centro-oeste, subsidiando o biomonitoramento, gestão e conservação ambiental em regiões com produção de mel, bem como a formação de recursos humanos em nível de graduação e pós-graduação capacitados a atuar na área da apicultura e conservação do meio ambiente.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios da Pesquisa foram retirados do arquivo Informações Básicas do Projeto (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1910084.pdf, postado em: 05/05/2022).

De acordo com o pesquisador:

Riscos:

Possíveis riscos: Divulgação do município em que o apiário está localizado; divulgação das taxas de produção de mel e por consequência estimativa de valores do produto, considerando que são informações importantes às análises referentes à cadeia produtiva. A pesquisa é de risco mínimo, se por algum motivo o participante se sentir constrangido/a por alguma pergunta ou por estar na frente do pesquisador ao responder o questionário, o entrevistado poderá: solicitar a ausência do pesquisador na hora de responder, solicitar algum esclarecimento de dúvidas, ou até mesmo, desistir a qualquer momento da pesquisa, sem causar-lhe qualquer prejuízo.

Medidas de prevenção aos riscos: O pesquisador acompanhará durante o tempo necessário o participante responder o questionário, de forma a evitar constrangimentos por não saber responder o questionário, e ou não entender a pergunta, podendo o apicultor deixar de responder alguma pergunta, ou mesmo, deixar de participar da pesquisa a qualquer momento.

Benefícios:

Entre os benefícios da pesquisa aos apicultores podemos citar: Aumentar os conhecimentos na

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco Acre, sala 18
Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.560-728
UF: MT Município: SINOP
Telefone: (68)3533-3199 E-mail: cephumanos.cua@ufmt.br

área da apicultura; atualizar sobre a maneira de como se desenvolve a apicultura no estado de Mato Grosso; compartilhar e aplicar informações deste trabalho em apiários; estabelecer novas propostas de manejo de apiários.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa realizada por um doutorando, com a finalidade de produzir uma tese. O pesquisador pretende avaliar os principais fatores que influenciam a produção de mel, na apicultura de Mato Grosso, a partir da aplicação de questionários para apicultores de nove municípios do Estado de Mato Grosso: Peixoto de Azevedo, Aripuanã, Poconé, Santa Helena, Colider, Itaúba, Cuiabá, Sinop e Rondonópolis.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- 1- Folha de rosto: Adequado
- 2- Informações básicas na Plataforma Brasil: Adequado
- 3- Projeto de pesquisa: Adequado.
- 4- TCLE: Adequado.
- 5- TALE: Não se aplica.
- 6- Orçamento: Adequado.
- 7- Cronograma: Adequado.
- 8- Instrumento de coleta de dados: Adequado.
- 9- Declaração do local da pesquisa: Adequado.
- 10- Protocolo CIES: não se aplica.
- 11- Declaração de Infraestrutura: Adequado.
- 12- Declaração de recursos próprios: Adequado.
- 13- Declaração de que não iniciou a coleta de dados: Adequado
- 14- Declaração do patrocinador: Não se aplica.
- 15- Currículo do pesquisador: Atualizado.

Recomendações:

Recomenda-se:

- 1) corrigir a palavra "memento" pela "momento" no 3. parágrafo, 4a. linha, no Item Riscos e

Benefícios, tanto no projeto quanto no TCLE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O CEP/CUS de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 510 de 2016 e Norma Operacional n.º 001 de 2013 manifesta-se pela **APROVAÇÃO** após atendidas as pendências no protocolo de pesquisa.

Ressalta-se que deverá encaminhar relatório semestral e final (modelo no site: <https://www.ufmt.br/site/cepsinop>).

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressaltam-se as seguintes atribuições do pesquisador:

1. Desenvolver o projeto conforme delineado;
2. Elaborar relatórios semestrais e final (na forma de notificação na PB), sendo o relatório final submetido até 90 dias após a conclusão da pesquisa;
3. Apresentar dados solicitados ao CEP ou CONEP a qualquer momento, se solicitado;
4. Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua responsabilidade, pelo período de cinco anos após o término da pesquisa;
5. Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico do projeto;
6. Justificar, quando for o caso, a interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1910084.pdf	04/05/2022 23:21:11		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPesquisador.pdf	04/05/2022 23:17:36	KLEBER SOLERA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeConsentimentoLivreeEsclarecidocorrigido.pdf	04/05/2022 23:11:57	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	CurriculoLattesatualizado.pdf	04/05/2022 23:04:00	KLEBER SOLERA	Aceito

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco Acre, sala 16
 Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
 UF: MT Município: SINOP
 Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br

Continuação do Parecer: 5.464.928

Outros	Cartarespostadoparecer.pdf	04/05/2022 23:00:54	KLEBER SOLERA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracaodeusodainfraestrutura.pdf	04/05/2022 22:57:30	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Curiculodopesquisador.pdf	15/03/2022 14:49:30	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Termodecompromissodopesquisador.pdf	15/03/2022 14:47:47	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Declaracaocoletadados.pdf	15/03/2022 14:46:32	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Declaracaoderecursospropios.pdf	15/03/2022 14:45:24	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Declaracaodeinfraestrutura.pdf	15/03/2022 14:43:19	KLEBER SOLERA	Aceito
Outros	Autorizacaolocalpesquisa.pdf	15/03/2022 14:40:25	KLEBER SOLERA	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	15/03/2022 14:30:04	KLEBER SOLERA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SINOP, 23 de Junho de 2022

Assinado por:
LARISSA BORGES DE LIMA
(Coordenador(a))

Endereço: Alexandre Ferronato, 1200, Bloco Acre, sala 16
Bairro: Residencial Cidade Jardim CEP: 78.550-728
UF: MT Município: SINOP
Telefone: (66)3533-3199 E-mail: cephumanos.cus@ufmt.br