



**ANNA MARA FERREIRA MACIEL**

**DIVERSIDADE DE ESPÉCIES DE SYRPHIDAE (DIPTERA)  
EM DUAS FITOFISIONOMIAS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO  
CERRADO-MATA ATLÂNTICA NO SUL DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS-MG**

**2021**

**ANNA MARA FERREIRA MACIEL**

**DIVERSIDADE DE ESPÉCIES DE SYRPHIDAE (DIPTERA) EM DUAS  
FITOFISIONOMIAS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO-MATA ATLÂNTICA  
NO SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Dr. Marcel Gustavo Hermes  
Orientador

Dra. Mírian Nunes Morales  
Coorientadora

**LAVRAS-MG**

**2021**

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

Maciel, Anna Mara Ferreira.

Diversidade de espécies de Syrphidae (Diptera) em duas  
fitofisionomias em área de transição Cerrado-Mata Atlântica no sul  
de Minas Gerais / Anna Mara Ferreira Maciel. - 2021.

55 p. : il.

Orientador(a): Marcel Gustavo Hermes.

Coorientador(a): Mírian Nunes Morales.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Mosca-das-flores. 2. Composição de espécies. 3. Variação  
sazonal. I. Hermes, Marcel Gustavo. II. Morales, Mírian Nunes. III.  
Título.

**ANNA MARA FERREIRA MACIEL**

**DIVERSIDADE DE ESPÉCIES DE SYRPHIDAE (DIPTERA) EM DUAS  
FITOFISIONOMIAS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO CERRADO-MATA ATLÂNTICA  
NO SUL DE MINAS GERAIS**

**SYRPHIDAE (DIPTERA) SPECIES DIVERSITY IN TWO VEGETATION TYPE IN  
THE TRANSITION AREA IN SOUTHERN MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Biologia e Ecologia de Insetos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2021.

Dr. Marcel Gustavo Hermes (UFLA)

Dra. Maria Celeste Pérez-Bañón (Universidad de Alicante, Espanha)

Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi (UFLA)



**Dr. Marcel Gustavo Hermes**  
**Orientador**

**Dra. Mírian Nunes Morales**

**Coorientadora**

**LAVRAS –MG**

**2021**

*À minha família.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À UFLA, DEN-UFLA e CAPES, pela oportunidade de aprendizado, apoio financeiro e infraestrutura.

Ao meu orientador Marcel Gustavo Hermes e minha coorientadora Mírian Nunes Morales pelo convívio, apoio, paciência, orientação e ensinamentos para a minha formação profissional e também para minha evolução pessoal.

Ao professor Lucas del Bianco Faria por toda ajuda e paciência durante o desenvolvimento desse trabalho.

A todos aqueles que passaram em minha vida durante essa trajetória que de alguma forma doaram um pouco de si para minha formação pessoal e profissional.

Aos meus colegas de laboratório pela grande caminhada, parceria e momentos de descontração.

Às amigas que fiz durante o Mestrado, pelo incentivo constante, companheirismo e momentos de felicidade em meio ao caos.

Aos meus amigos de longa data, por sempre estarem comigo, me dando força, amor, alegria e motivos para continuar.

Agradeço à minha família pelo amor, alegria e força nos momentos de desânimo e por sempre me fazerem acreditar que posso mais, me incentivando e comemorando cada conquista juntos.

A Deus pela oportunidade e experiência de viver e ser feliz.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO GERAL

Um dos assuntos relevantes em estudos de ecologia é a perda da diversidade biológica, no qual visando encontrar soluções que diminuam esse impacto, uma das propostas é a elaboração de levantamentos biológicos em áreas de preservação e conservação para o gerenciamento das mesmas. Dentre os passos para manejar estudos de preservação, é primordial a realização de inventários biológicos antes de qualquer tomada de decisão. Os representantes da família Syrphidae são considerados bons indicadores da integridade do meio ambiente por apresentarem diversos serviços ecológicos como: polinização, controle biológico e decomposição. Contudo, Syrphidae ainda está entre as famílias de Diptera menos estudadas na Região Neotropical, fato que se deve pelos poucos especialistas na família, somado à grande diversidade e ao número de espécies. O presente estudo foi realizado no intuito de investigar e comparar a abundância e diversidade de sirfídeos adultos em duas áreas de preservação ambiental ao longo de dois anos e verificar a influência da precipitação e temperatura sobre a abundância, riqueza e composição das espécies de Syrphidae em estágio adulto. As amostragens foram realizadas entre outubro de 2018 e agosto de 2020, com dois tipos de técnicas de amostragem: armadilha de interceptação de voo e busca ativa em área de Cerrado e Mata Atlântica da Reserva Biológica Unilavras - Boqueirão – RBUB, no município de Ingaí – Minas Gerais, Brasil. No total, 442 espécimes de 66 espécies de Syrphidae foram coletados. O gênero mais abundante foi *Toxomerus* contendo as 2 espécies mais abundantes, *Toxomerus lacrymosus* (Bigot, 1884) e *Toxomerus laenas* (Walker, 1852). A área de Cerrado apresentou o maior número de espécimes, enquanto que a área de Mata a maior riqueza. As curvas de rarefação, interpolação e extrapolação revelam que o número de espécies cresce exponencialmente de acordo com o aumento no número de amostras. Para a composição da comunidade, a análise mostrou que *T. lacrymosus* (Bigot, 1884) e *Salpingogaster nigra* Schiner, 1868 são espécies relevantes na comunidade, estando presente em ambos os locais, entretanto a primeira foi mais abundante para a área de Cerrado enquanto a segunda para a área de Mata. Dentre os fatores externos, o local de coleta e a temperatura tiveram efeitos significativos. A riqueza não foi afetada significativamente por nenhuma variável, enquanto que para a abundância, o local de coleta e a temperatura influenciaram negativamente e o tipo de armadilha apresentou influência positiva. Para a diversidade, somente o local teve efeito significativo. Portanto, conclui-se que a temperatura influencia a abundância de Syrphidae, demonstrando que temperaturas muito altas afetam negativamente a quantidade de espécimes a serem coletados; a área de mata apresenta índice de diversidade maior do que a área de cerrado, o que valida a importância da conservação do ambiente para a preservação de todas as espécies ali presentes.

**Palavras-Chave:** Mosca-das-flores. Riqueza e abundância. Sazonalidade. Armadilha Malaise. Busca Ativa.

## GENERAL ABSTRACT

One of the relevant issues in studies of ecology is the loss of biological diversity, in which aiming to find solutions that reduce this impact, one of the proposals is the elaboration of biological surveys in areas of preservation and conservation for their management. Among the steps to manage preservation studies, it is essential to carry out biological inventories before any decision is taken. Syrphid flies are considered good indicators of the integrity of the environment, as they perform various ecological services such as pollination, biological control and decomposition. However, Syrphidae is still among the least studied Diptera families in the Neotropical Region, a fact that is due to the few specialists in the family, added to the great diversity and the number of species. The present study was carried out in order to investigate and compare the abundance and diversity of adult hoverflies in two areas of environmental preservation over two years and verify the influence of precipitation and temperature on the abundance, richness and composition of Syrphidae species in stage adult. Sampling was carried out between October 2018 and August 2020, using two types of sampling techniques: flight interception trap and active search in the Brazilian Cerrado and Atlantic Forest areas in the Biological Reserve Unilavras - Boqueirão – RBUB, Ingaí, Minas Gerais State, Brazil. A total of 442 individuals from 66 species of Syrphidae were collected. The most abundant genus was *Toxomerus* containing the 2 most abundant species, *Toxomerus lacrymosus* (Bigot, 1884) and *Toxomerus laenas* (Walker, 1852). The Brazilian Cerrado area showed the highest number of individuals, while the Atlantic Forest area showed the highest richness. The rarefaction, interpolation and extrapolation curves revealed that the number of species grows exponentially according to the increase in the number of samples. For the composition of the community, the analysis showed that *T. lacrymosus* (Bigot, 1884) and *Salpingogaster nigra* Schiner, 1868 are relevant species in the community, being present in both localities; however the first was more abundant for the Cerrado area while the second for the Forest area. The collection site and temperature had significant effects on the community. Richness was not significantly affected by any variable, while abundance, collection site, temperature and type of trap were significant. For diversity, only the collection site had a significant effect. Therefore, it is concluded that the temperature influences the abundance of Syrphidae, demonstrating that high temperatures negatively affect the quantity of specimens to be collected; the Forest area has a higher diversity index than the Cerrado area, which validates the importance of conserving the environment for the preservation of all species present there.

**Keywords:** Hoverfly. Richness and abundance. Seasonality. Malaise trap. Active search.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>9</b>
<b>SEGUNDA PARTE .....</b>	<b>19</b>
<b>2 ARTIGO .....</b>	<b>19</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>20</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>21</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Área experimental.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Coleta e identificação de adultos de Syrphidae.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 Coleta dos dados meteorológicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4 Análises Estatísticas.....</b>	<b>27</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os Diptera, a família Syrphidae possui o quinto maior número de espécies válidas, contendo mais de 6.000 espécies distribuídas em todas as partes do mundo (THOMPSON, 2013) sendo dividida em quatro subfamílias: Syrphinae, Eristalinae, Microdontinae e Pipizinae (VOCKEROTH; THOMPSON, 1987; MENGUAL; STÅHLS; ROJO, 2015).

A família é bastante diversa e contém variados hábitos de vida, inclusive entre os estágios de desenvolvimento. São moscas com características que se destacam e, em sua maioria, reconhecidas pela capacidade de pairar durante o voo (THOMPSON; VOCKEROTH; SEDMAN, 1976; MARINONI; MORALES; SPALER, 2007). O comprimento do corpo varia entre 4 e 25 mm e sua coloração usualmente é negra, amarela, verde metálica ou azul, eventualmente podendo apresentar manchas que variam entre essas cores (VOCKEROTH; THOMPSON, 1987).

Os adultos são popularmente conhecidos como moscas-das-flores por se alimentarem de néctar como fonte de energia, e pólen como fonte de proteína, com a finalidade de produção de gametas (GILBERT, 1981; 1985; CHAMBERS, 1988). Consequentemente, ao visitarem as flores, carregam o pólen em suas cerdas, ocasionando a polinização (THOMPSON, 1981). Entretanto, vale salientar que há registros de sirfídeos se alimentando do honeydew proveniente de afídeos (Ordem Hemiptera) (OWEN, 1991).

Em contrapartida, os imaturos podem ser encontrados tanto no ambiente terrestre como no aquático (THOMPSON, 1977). Além de possuírem uma notável variedade morfológica, também apresentam uma grande variedade de nichos que são agrupados em três tipos principais: predadoras (DUFFIELD, 1981; GILBERT et al., 1994; SCHÖNROGGE et al., 2002; REEMER, 2013; MENGUAL; STÅHLS; ROJO, 2015; FLEISCHMANN et al., 2016), saprófagas (LARDÉ, 1990; PÉREZ-BAÑÓN et al., 2003; MORALES; WOLFF, 2010); e fitófagas (NISHIDA; ROTHERAY; THOMPSON, 2003; WENG; ROTHERAY, 2008; WANG; TONG, 2012).

Dentre as quatro subfamílias de Syrphidae, Eristalinae é a mais diversa tanto na morfologia quanto no comportamento de suas larvas. Os adultos são visitantes florais de uma gama de plantas, além de serem polinizadores importantes. Todavia, os imaturos, em sua maioria, são saprófagos, embora a fitofagia ocorra em algumas linhagens (REEMER, 2016).

As espécies da subfamília Microdontinae possuem hábitos um pouco diferentes das demais. Os adultos são raramente vistos visitando flores, pois ficam nas proximidades de formigueiros, tendo em vista que os imaturos dessa subfamília desenvolvem-se neles pois se alimentam dos estágios iniciais das formigas; por esse motivo eles são usualmente raros em coletas com armadilhas Malaise (DUFFIELD, 1981; SCHÖNROGGE et al., 2002; REEMER, 2013, 2014).

As subfamílias Pipizinae e Syrphinae incluem as espécies com imaturos predadores e que podem ter um importante papel no controle biológico de pragas. Os imaturos de Syrphinae, são comumente predadores de espécies de Hemiptera, ocasionalmente se alimentando também de espécies de Thysanoptera, larvas de Coleoptera e Lepidoptera, além de moscas adultas (ROJO et al., 2003; MENGUAL; STÅHLS; ROJO, 2012; ROTHERAY; GILBERT, 2011). As larvas de Pipizinae apresentam preferência por afídeos lanosos ou radiculares e por hemípteros que formam galhas (ROJO et al., 2003; MENGUAL; STÅHLS; ROJO, 2015).

A Região Neotropical constitui um dos centros de diversidade e de abundância de Syrphidae, contendo cerca de um terço das espécies descritas. Contudo, o estado de conhecimento dos sirfídeos nessa região ainda é pequeno quando comparado às demais regiões do mundo, estimando-se, inclusive, que o número de espécies para esta região seja ainda maior (MARINONI; MORALES; SPALER, 2007; AMORIM, 2009; THOMPSON; ROTHERAY; ZUMBADO, 2010).

Dentre os países da América do Sul, o Brasil apresenta-se com o maior número de espécies de sirfídeos: 75 gêneros registrados e 591 espécies válidas, incluindo várias endêmicas (MARINONI, L.; THOMPSON, 2004; MONTOYA; PÉREZ; WOLFF, 2012; MORALES; MARINONI, 2020).

Levantamentos sobre a fauna de sirfídeos no Brasil raramente são realizados (MARINONI; BONATTO, 2002; MORALES; KÖHLER, 2008; DE SOUZA; MARINONI; MARINONI, 2014; KIRST; MARINONI; KRÜGER, 2017; MEDEIROS et al., 2018). Para a região de Minas Gerais, especialmente, há apenas um trabalho na literatura, muito recente (VERÍSSIMO et al., 2020), validando a escassez de estudos voltados a ambientes naturais.

Ressalta-se a relevância desses estudos, pois os sirfídeos apresentam importante papel ecológico, incluindo a polinização, impactando diretamente a biodiversidade de plantas (JAUKER et al., 2009; LUCAS et al., 2017). Além disso, à grande variedade no comportamento de seus imaturos, sendo algumas espécies potenciais inimigos naturais de pragas e também algumas que são decompositoras de resíduos biológicos (SOMMAGGIO, 1999; BURGIO;

SOMMAGGIO, 2007) podem auxiliar na manutenção da dinâmica dos ambientes que estão inseridos. Portanto, sua conservação é fundamental para sustentar a produtividade de ambientes naturais e agrícolas (TERRY; NELSON, 2017).

Estudos ecológicos relevantes em comunidades de insetos requerem protocolos de amostragem que levam em consideração a influência de fatores temporais e espaciais na abundância e na composição das espécies para evitar resultados enganosos (BASHIR; SAEED; SAJJAD, 2015), visto que as condições ambientais são fatores determinantes para a ocorrência de espécies. Dentre os fatores temporais pode-se citar as variações climáticas, e dentre os espaciais a heterogeneidade da região (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010).

Os Syrphidae são especialmente adequados para indicar a qualidade ambiental (SOMMAGGIO, 1999). Logo, é evidente que os poucos estudos em ambientes naturais e sua relação com a variação sazonal, principalmente como esta afeta a abundância e riqueza dos sirfídeos, torna incógnito o rastreamento das mudanças comportamentais dessas moscas diante de estresses ecológicos e conseqüentemente faz com que o conhecimento das espécies seja vago (SSYMANK et al., 2008; TERRY; NELSON, 2017).

Para realização de levantamentos são utilizadas armadilhas que dispõem de dispositivos que impedem a saída dos insetos para que permaneçam até o dia da remoção da mesma (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011) ou o método de busca ativa. Sabe-se que devido a algumas espécies de Syrphidae exibirem uma curta temporada de voo, há dificuldade na captura e posterior reconhecimento da diversidade populacional dos mesmos (SPEIGHT, 1986; SPEIGHT; CASTELLA., 1993). Entretanto, a utilização de armadilhas passivas, como Malaise (que baseia-se na interceptação de voo), auxiliam na captura (TERRY; NELSON, 2017), além disso, correlacionar mais de um método de coleta (e.g busca ativa), possibilita o registro de um maior número de espécies (JACQUES et al., 2015).

Segundo MacArthur (1972), para estudar a influência da sazonalidade nos trópicos úmidos analisa-se as a precipitação. A dinâmica populacional de muitos insetos normalmente exhibe variação sazonal em abundância e riqueza influenciada pela precipitação, a qual promove mudanças fisiológicas nas plantas e nos recursos alimentares (HAMER et al., 2005; LEITE et al., 2006; SILVA et al., 2015), visto que estes reagem positivamente às estações chuvosas. Conseqüentemente nota-se que a abundância da maioria dos insetos diminui em estações mais secas e aumenta em estações mais chuvosas (WOLDA, 1978; KLINGBEIL; WILLIG, 2010).

O Brasil exhibe diversas características climáticas e vegetacionais. Com isso, entender os fatores que influenciam a abundância e diversidade das espécies é importante para compreender

a biodiversidade e posterior utilização em políticas públicas que sejam voltadas para a conservação (ROESCH et al., 2009; GONÇALVES et al., 2020). Os biomas Cerrado e Mata Atlântica são considerados os dois hotspots de biodiversidade entre os biomas existentes no país (MYERS et al., 2000), o que consolida ainda mais a importância de levantamento nessas áreas.

Estudar o número de espécimes amostrados em uma determinada área sob as variações que esse ambiente enfrenta pode nos revelar quais grupos são mais susceptíveis a distúrbios ou mais resistentes (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Além do mais, ao realizar a análise quantitativa da diversidade, podemos compreender e descrever a estrutura de uma comunidade, incluindo comparações básicas entre a composição dos locais pertencentes à área de interesse (GOTELLI; COLWELL, 2001).

Inventários biológicos constituem o primeiro passo em estudos de preservação, pois conhecer os padrões que monitoram a diversidade torna possível o gerenciamento da exploração, conservação e recuperação dos ecossistemas (ELPINO-CAMPOS; DEL-CLARO; PREZOTO, 2007; MELO, 2008). Não obstante a isso, é necessário destacar que os levantamentos de diversidade biológica também são importantes para futuras pesquisas nas áreas de sistemática, ecologia e biogeografia.

No entanto, contabilizar todos os espécimes de uma comunidade é inviável, tanto pelo tamanho da área quanto por não ser uma unidade fechada, o que gera um fluxo constante de entrada e saída de organismos (NOVOTNÝ; BASSET, 2000; LONGINO; CODDINGTON; COLWELL, 2002); nesse sentido, a solução é estimar esses valores (MELO, 2008). Contudo, deve ser salientado que o esforço amostral é um quesito importante devido à dependência de quantidade de espécies e o tamanho da área (GOTELLI; COLWELL, 2001; MELO, 2008).

Para determinar se o esforço amostral foi suficiente na estimativa correta do índice de diversidade pode-se usar rarefação e extrapolação para padronizar a riqueza de espécies (GOTELLI; COLWELL, 2001; COLWELL, 2013). Essas curvas possibilitam, obter uma estimativa da riqueza cumulativa de espécies em função do esforço amostral realizado, além de permitir a comparação de diferentes conjuntos de dados observados com diferentes esforços de amostragem (CHENCHOUNI, 2017); para tanto, já existem diversos estimadores de riqueza na literatura, por exemplo, os estimadores de riqueza não-paramétricos: CHAO, JACKKNIFE e BOOTSTRAP (COLWELL; CODDINGTON, 1994).

Há também os índices de diversidade que geralmente são denominados não-paramétricos, os quais avaliam a riqueza das espécies e sua equabilidade, o que leva em

consideração a abundância relativa de cada espécie coletada (MELO, 2008). Na literatura existem diversos índices de diversidade e sua escolha deve se basear nas características dos mesmos e os objetivos do trabalho em questão; os mais utilizados são o de Shannon-Wiener (H) e o de Simpson (D) (MEDEIROS et al., 2018, 2019; SOUZA et al., 2019; GONÇALVES et al., 2020; RUIZ-TOLEDO et al., 2020).

Dado o exposto, a presente dissertação é estruturada em formato de artigo, no qual aborda as considerações supracitadas dentro do objetivo de analisar dados sobre a riqueza, abundância e variação sazonal da família Syrphidae em duas áreas de preservação ambiental. As questões específicas abordadas nesse estudo são: (i) qual é a composição e diversidade das espécies de sirfídeos em ecossistemas de Cerrado e Mata Atlântica através de diferentes parâmetros (composição, riqueza, abundância e diversidade, similaridade das áreas, estimativa de riqueza e curvas de rarefação)? (ii) há diferenças significativas entre esses dois locais? (iii) existe uma variação sazonal nos parâmetros e composição das espécies? (iv) há diferenças em composição de espécies quando são comparados os métodos de coleta ativa e coleta passiva (armadilha)?

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, D. S. de. Neotropical Diptera diversity: richness, patterns, and perspectives. In: **Diptera diversity: status, challenges and tools**. [s.l.: s.n.] p. 71–97.
- BASHIR, M. A.; SAEED, S.; SAJJAD, A. Seasonal variations in abundance and diversity of insect pollinator in forest ecosystems of Southern Punjab Pakistan. **Pure and Applied Biology**, v. 4, n. 3, p. 441–452, 2015.
- BURGIO, G.; SOMMAGGIO, D. Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2–4, p. 416–422, 2007. doi: 10.1016/j.agee.2006.10.021.
- CHAMBERS, R. **Syrphidae**. [s.l.] Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 1988.
- CHENCHOUNI, H. Variation in White Stork (*Ciconia ciconia*) diet along a climatic gradient and across rural-to-urban landscapes in North Africa. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 549–564, 31 mar. 2017. doi: 10.1007/s00484-016-1232-x.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 1994.
- DE SOUZA, J. M. T.; MARINONI, R. C.; MARINONI, L. Open and disturbed habitats support higher diversity of Syrphidae (Diptera)? a case study during three yr of sampling in a fragment of araucaria forest in southern Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2014. doi: 10.1093/jisesa/ieu098.
- DUFFIELD, R. M. Biology of *Microdon fuscipennis* (Diptera: Syrphidae) with interpretations of the reproductive strategies of *Microdon* species found North of Mexico. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, p. 716–724, 1981.
- ELPINO-CAMPOS, Á.; DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 685–692, 2007. doi: 10.1590/S1519-566X2007000500008.
- FLEISCHMANN, A.; RIVADAVIA, F.; GONELLA, P. M.; PÉREZ-BAÑÓN, C.; MENGUAL, X.; ROJO, S. Where is my food? Brazilian flower fly steals prey from carnivorous Sundews in a newly discovered plant-animal interaction. **PLOS ONE**, v. 11, n. 5, 4 maio 2016. doi: 10.1371/journal.pone.0153900.
- GILBERT, F. S. Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. **Ecological Entomology**, v. 6, n. 3, p. 245–262, 1981.
- GILBERT, F. S.; HARDING, E. F.; LINE, J. M.; PERRY, I. Morphological approaches to community structure in hoverflies (Diptera, Syrphidae). **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 224, n. 1234, p. 115–130, 1985.
- GILBERT, F. S.; ROTHERAY, G.; EMERSON, P.; ZAFAR, R. The evolution of feeding strategies. In: EGGLETON, P.; VANE-WRIGHT, R. (Ed.). **Phylogenetics and Ecology**. Academic press. [s.l.: s.n.] p. 322–343.
- GONÇALVES, J. A.; GROSSI, P. C.; TOGNI, P. H. B.; OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. The genus *Cyclocephala* Dejean (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Brazil: diversity

and spatio-temporal distribution. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 3, p. 547–559, 2020. doi: 10.1007/s10841-020-00230-6.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 2001, p. 379–391, 2001.

HAMER, K. C.; HILL, J. K.; MUSTAFFA, N.; BENEDICK, S.; SHERRATT, T. N.; CHEY, V. K.; MARYATI, M. Temporal variation in abundance and diversity of butterflies in Bornean rain forests: Opposite impacts of logging recorded in different seasons. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, n. 4, p. 417–425, 2005. doi: 10.1017/S0266467405002361.

JACQUES, G. D. C.; SOUZA, M. M.; COELHO, H. J.; VICENTE, L. O.; SILVEIRA, L. C. P. Diversity of Social Wasps (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) in an Agricultural Environment in Bambuí, Minas Gerais, Brazil. **Sociobiology**, v. 62, n. 3, p. 439, 30 set. 2015. doi: 10.13102/sociobiology.v62i3.738.

JAUKER, F.; DIEKÖTTER, T.; SCHWARZBACH, F.; WOLTERS, V. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: Opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 4, p. 547–555, 2009. doi: 10.1007/s10980-009-9331-2.

KIRST, F. D.; MARINONI, L.; KRÜGER, R. F. What does the Southern Brazilian Coastal Plain tell about its diversity Syrphidae (Diptera) as a model. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 645–657, 2017. doi: 10.1017/S0007485317000128.

KLINGBEIL, B. T.; WILLIG, M. R. Seasonal differences in population-, ensemble- and community-level responses of bats to landscape structure in Amazonia. **Oikos**, v. 119, n. 10, p. 1654–1664, 2010. doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18328.x.

LARDÉ, G. Growth of *Ornidia obesa* (Diptera: Syrphidae) Larvae on decomposing coffee pulp. **Biological Wastes**, v. 34, p. 73–76, 1990.

LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M.; ZANUNCIO, J. C.; ECOLE, C. C. Factors affecting herbivory of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) and *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on the eggplant (*Solanum melongena*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 3, p. 361–369, 2006. doi: 10.1590/s1516-89132006000400002.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecological Society of America**, v. 83, n. 3, p. 689–702, 2002. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0689:TAFOAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0689:TAFOAT]2.0.CO;2).

LUCAS, A.; BULL, J. C.; DE VERE, N.; NEYLAND, P. J.; FORMAN, D. W. Flower resource and land management drives hoverfly communities and bee abundance in seminatural and agricultural grasslands. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 19, p. 8073–8086, 2017. doi: 10.1002/ece3.3303.

MACARTHUR, R. H. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. **Harper and Row**, 1972.

MARINONI, L.; THOMPSON, F. Flower flies of southeastern Brazil (Diptera: Syrphidae). Part I. Introduction and new species. **Studia Dipterologica**. 2004.

- MARINONI, L.; BONATTO, S. R. Sazonalidade de três espécies de Syrphidae (Insecta, Diptera) capturadas com armadilha Malaise no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 95–104, 2002. doi: 10.1590/s0101-81752002000100007.
- MARINONI, L.; MORALES, M. N.; SPALER, Í. Chave de identificação ilustrada para os gêneros de Syrphinae (Diptera, Syrphidae) de ocorrência no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 145–160, 2007. doi: 10.1590/s1676-06032007000100019.
- MEDEIROS, H. R.; HOSHINO, A. T.; RIBEIRO, M. C.; MORALES, M. N.; MARTELLO, F.; NETO, O. C. P.; CARSTENSEN, D. W.; DE OLIVEIRA MENEZES JUNIOR, A. Non-crop habitats modulate alpha and beta diversity of flower flies (Diptera, Syrphidae) in Brazilian agricultural landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 6, p. 1309–1326, 2018. doi: 10.1007/s10531-017-1495-5.
- MEDEIROS, H. R.; MARTELLO, F.; ALMEIDA, E. A. B.; MENGUAL, X.; HARPER, K. A.; GRANDINETE, Y. C.; METZGER, J. P.; RIGHI, C. A.; RIBEIRO, M. C. Landscape structure shapes the diversity of beneficial insects in coffee producing landscapes. **Biological Conservation**, v. 238, n. June, p. 108193, out. 2019. doi: 10.1016/j.biocon.2019.07.038.
- MELO, A. S. O que ganhamos ‘ confundindo ’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21–27, 2008.
- MENGUAL, X.; STÅHLS, G.; ROJO, S. Is the mega-diverse genus *Ocyrtamus* (Diptera, Syrphidae) monophyletic? Evidence from molecular characters including the secondary structure of 28S rRNA. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 62, n. 1, p. 191–205, 2012.
- MENGUAL, X.; STÅHLS, G.; ROJO, S. Phylogenetic relationships and taxonomic ranking of Pipizine flower flies (Diptera: Syrphidae) with implications for the evolution of aphidophagy. **Cladistics**, v. 31, n. 5, p. 491–508, 2015.
- MN, M.; L, M. **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Acesso em: 13 nov. 2020.
- MONTOYA, A. L.; PÉREZ, S. P.; WOLFF, M. The diversity of flower flies (Diptera: Syrphidae) in Colombia and their Neotropical distribution. **Neotropical entomology**, v. 41, n. 1, p. 46–56, 2012.
- MORALES, G. E.; WOLFF, M. Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 645–653, 2010.
- MORALES, M. N.; KÖHLER, A. Comunidade de Syrphidae (Diptera): diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 1, p. 41–49, 2008. doi: 10.1590/s0085-56262008000100008.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000. doi: 10.1038/35002501.
- NISHIDA, K.; ROTHERAY, G.; THOMPSON, F. First non-predaceous syrphine flower fly (Diptera: Syrphidae): A new leaf-mining *Allograpta* from Costa Rica. **Studia Dipterologica**, v. 9, n. 2, 2003.

- NOVOTNÝ, V.; BASSET, Y. Rare species in communities of tropical insect herbivores: Pondering the mystery of singletons. **Oikos**, v. 89, n. 3, p. 564–572, 2000. doi: 10.1034/j.1600-0706.2000.890316.x.
- OWEN, J. The ecology of a garden: the first fifteen years. **Cambridge University Press**, 1991.
- PÉREZ-BAÑÓN, C.; ROJO, S.; STÅHLS, G.; MARCOS-GARCÍA, M. A. Taxonomy of European *Eristalinus* (Diptera: Syrphidae) based on larval morphology and molecular data. **European Journal of Entomology**. 2003.
- REEMER, M. Review and phylogenetic evaluation of associations between Microdontinae (Diptera: Syrphidae) and ants (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche (London)**, v. 2013, 2013. doi: 10.1155/2013/538316.
- REEMER, M. A review of Microdontinae (Diptera: Syrphidae) of Surinam, with a key to the Neotropical genera. **Tijdschrift voor Entomologie**, v. 157, n. 1, p. 27–57, 2014. doi: 10.1163/22119434-00002035.
- REEMER, M. Syrphidae (Diptera) of Surinam: Eristalinae and synthesis. **Tijdschrift voor Entomologie**, v. 159, n. 2, p. 97–142, 2016. doi: 10.1163/22119434-15902002.
- ROESCH, L. F. W.; VIEIRA, F. C. B.; PEREIRA, V. A.; SCHÜNEMANN, A. L.; TEIXEIRA, I. F.; SENNA, A. J. T.; STEFENON, V. M. The Brazilian Pampa: A fragile biome. **Diversity**, v. 1, n. 2, p. 182–198, 2009. doi: 10.3390/d1020182.
- ROJO, S.; GILBERT, F.; MARCOS-GARCÍA, M. A.; NIETO, J. M.; MIER, M. P. A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. **Centro Iberoamericano de la Biodiversidad**, p. 319, 2003.
- ROTHERAY, G. E.; GILBERT, F. The natural history of hoverflies. **Forrest text**, 2011.
- RUIZ-TOLEDO, J.; VANDAME, R.; PENILLA-NAVARRO, P.; GÓMEZ, J.; SÁNCHEZ, D. Seasonal abundance and diversity of native bees in a patchy agricultural landscape in Southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 292, n. June 2019, p. 106807, abr. 2020. doi: 10.1016/j.agee.2019.106807.
- SCHÖNROGGE, K.; BARR, B.; WARDLAW, J. C.; NAPPER, E.; GARDNER, M. G.; BREEN, J.; ELMES, G. W.; THOMAS, J. A. When rare species become endangered: cryptic speciation in myrmecophilous hoverflies. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 75, n. 3, p. 291–300, 2002.
- SILVA, F. W. S.; LEITE, G. L. D.; GUAÑABENS, R. E. M.; SAMPAIO, R. A.; GUSMÃO, C. A. G.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Seasonal abundance and diversity of arthropods on *Acacia mangium* (Fabales: Fabaceae) trees as windbreaks in the Cerrado. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 170–174, 2015. doi: 10.1653/024.098.0129.
- SOMMAGGIO, D. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 74, p. 343–356, 1999.
- SOUZA, I. L.; TOMAZELLA, V. B.; SANTOS, A. J. N.; MORAES, T.; SILVEIRA, L. C. P. Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). **Brazilian Journal of Biology**; v. 79, n. 4, p. 603–611, 2019.

- SPEIGHT, M. C. D. Criteria for the selection of insects to be used as bioindicators in nature conservation research. **Procedures of the 3rd European Congress of Entomology**, Amsterdam, p. 485–488, 1986.
- SPEIGHT, M. C. D.; CASTELLA., E. Bugs in the system: relationships between distribution data, habitat and site evaluation in development of an environmental assessment procedure based on in vertebrates. In: **Valovivta, I.** [s.l: s.n.] p. 1–9.
- SSYMANK, A.; KEARNS, C. A.; PAPE, T.; THOMPSON, F. C. Pollinating flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. **Biodiversity**, v. 9, n. 1–2, p. 86–89, 2008. doi: 10.1080/14888386.2008.9712892.
- TERRY, T. J.; NELSON, C. R. Composition and Seasonal Abundance of Hover Flies (Diptera: Syrphidae) at a Midelevation Site in Central Utah. **Western North American Naturalist**, v. 77, n. 4, p. 487–499, dez. 2017. doi: 10.3398/064.077.0409.
- THOMPSON, F.C., VOCKEROTH, J.R. & SEDMAN, Y. Family Syrphidae. In: **A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States.** [s.l: s.n.] p. 1–195.
- THOMPSON, F. Syrphidae. **Biota Acuatica de Sudamerica Austral**, 1977.
- THOMPSON, F. The flower flies of the West Indies (Diptera: Syrphidae). **Memorials of the Entomological Society of Washington.**, v. 9, p. 1–200, 1981.
- THOMPSON, F.; ROTHERAY, G.; ZUMBADO, M. Syrphidae (Flower flies). In: BROWN, B. et al. (Ed.). **Manual of Central American Diptera.** 2. ed. Ottawa: NRC-CNRC Research Press, 2010. p. 763–792.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia.** 3. ed. [s.l: s.n.]
- TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- VERÍSSIMO, B. A.; AUAD, A. M.; OLIVEIRA, C. M.; PAIVA, I. G. Seasonality of predatory insects (Diptera: Syrphidae and Asilidae) in pasture monoculture and silvopastoral systems from Southeast Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science**, 14 out. 2020. doi: 10.1007/s42690-020-00276-8.
- VOCKEROTH, J.; THOMPSON, F. Family Syrphidae. In: MCALPINE, J. (Ed.). **Manual of Nearctic Diptera.** 2. ed. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada, 1987. p. 675–1332.
- WANG, J.; TONG, X. Species diversity, seasonal dynamics, and vertical distribution of litterdwelling thrips in an urban forest remnant of South China. **Journal of Insect Science**, v. 12, 2012. doi: 10.1673/031.012.6701.
- WENG, J.; ROTHERAY, G. Another non-predaceous syrphine flower fly (Diptera: Syrphidae): pollen feeding in the larva of *Allograpta micrura*. **Studia Dipterologica**, v. 15, n. 1/2, p. 245–258, 2008.
- WOLDA, H. Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. **Journal of Animal Ecology**, n. 47, p. 369 – 381, 1978.

## SEGUNDA PARTE

### 2 ARTIGO

Diversidade de espécies de Syrphidae (Diptera) em duas fitofisionomias em área de transição Cerrado-Mata Atlântica no sul de Minas Gerais

Anna Mara Ferreira Maciel<sup>1</sup>, Mírian Nunes Morales<sup>1</sup>, Lucas del Bianco Faria<sup>2</sup>, Marcel Gustavo Hermes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil.

Correspondente: Anna Mara Ferreira Maciel, Laboratório de Sistemática e Biologia de Insetos. Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, CEP: 37200-900, Lavras, MG, Brazil. E-mail: anna.maciел@estudante.ufla.br

## RESUMO

Os representantes da família Syrphidae são considerados bons indicadores da integridade do meio ambiente e também por realizarem diversos serviços ecológicos. Este trabalho objetivou investigar a composição de sirfídeos adultos em duas áreas de preservação ambiental ao longo de dois anos e verificar a influência de fatores abióticos e bióticos sob parâmetros envolvendo a riqueza e abundância das espécies coletadas. As amostragens dos adultos foram realizadas com armadilha passiva e busca ativa nas áreas de Cerrado e Mata Atlântica entre 2018 e 2020. No total, 442 espécimes de 66 espécies de Syrphidae foram coletados. *Toxomerus* foi o gênero com maior número de espécimes, destacando as espécies mais abundantes *Toxomerus lacrymosus* (Bigot, 1884) e *Toxomerus laenas* (Walker, 1852). A área de Cerrado apresentou o maior número de espécimes, enquanto a área de Mata Atlântica exibiu a maior riqueza. As espécies *T. lacrymosus* (Bigot, 1884) e *Salpingogaster nigra* Schiner, 1868 apresentaram relevância na composição da comunidade, assim como o local de coleta e a temperatura. O local de coleta, a temperatura e o tipo de armadilha foram significativos para a abundância, enquanto que para a diversidade, somente o local teve efeito significativo. Não houve influência na riqueza de espécies. Concluiu-se que o tipo de fitofisionomia influenciou a diversidade desse grupo, assim como condições ambientais e, portanto, a preservação de ambas as áreas é importante para a manutenção das espécies de sirfídeos, acarretando a conservação da área estudada.

**Palavras-Chave:** *Toxomerus*. Composição de espécies. Armadilha Malaise. Busca ativa. Variação sazonal.

## ABSTRACT

Syrphid flies are considered good indicators of the integrity of the environment and also for carrying out various ecological services. This work aimed to investigate the composition of adult hoverfly species in two areas of environmental preservation over two years and to verify the influence of abiotic and biotic factors under the diversity parameters. The sampling of adults was performed with a passive trap and active search in the Brazilian Cerrado and Atlantic Forest areas between 2018 and 2020. A total of 442 individuals from 66 species of Syrphidae were collected. *Toxomerus* was the genus with the largest number of individuals, highlighting the most abundant species *Toxomerus lacrymosus* (Bigot, 1884) and *Toxomerus laenas* (Walker, 1852). The Cerrado area showed the highest number of individuals, while the Atlantic Forest area exhibited the greatest richness. The species *T. lacrymosus* (Bigot, 1884) and *Salpingogaster nigra* Schiner, 1868 showed relevance in the composition of the community, as well as the collection site and temperature. The collection site, temperature and trap type were significant for abundance, whereas for diversity, only the collection site had a significant effect. There was no influence on species richness. It was concluded that the vegetation type influenced the diversity of this group, as well as environmental conditions and, therefore, the preservation of both areas is important for the maintenance of the hoverfly species, leading to the conservation of the studied area.

**Keywords:** *Toxomerus*. Species composition. Malaise trap. Active search. Seasonal variation.

## 1 INTRODUÇÃO

A perda da diversidade biológica pela degradação do ambiente devido atividades humanas (direta ou indiretamente) constitui um dos principais problemas mundiais enfrentados atualmente (MAXWELL et al., 2016; SÁNCHEZ-BAYO; WYCKHUYS, 2019). Dentre os passos para manejar estudos de preservação, é primordial a realização de inventários biológicos antes de qualquer tomada de decisão, pois conhecer os padrões que monitoram a diversidade torna possível o gerenciamento da exploração, conservação e recuperação dos ecossistemas (ELPINO-CAMPOS; DEL-CLARO; PREZOTO, 2007; MELO, 2008).

De acordo com Magurran (1988), a diversidade é um dos temas centrais da ecologia, principalmente por indicar a estabilidade dos sistemas ecológicos. Entretanto, há ainda um debate considerável sobre como ela deve ser medida. Os estudos de levantamento são comumente voltados para análise no número de espécies, pois sabe-se que é a maneira mais simples de descrever a diversidade da comunidade estudada (MAGURRAN, 1988; LONGINO; CODDINGTON; COLWELL, 2002).

Contudo, analisar apenas a riqueza de espécies é problemático por razões relacionadas à intensidade de amostragem e à distribuição da abundância de espécies, pois contabilizar o número total de espécies e de espécimes é utópico devido a extensão da área de estudo, assim como o fato de não ser uma unidade fechada, o que gera um fluxo constante de entrada e saída de organismos (NOVOTNÝ; BASSET, 2000; LONGINO; CODDINGTON; COLWELL, 2002). Curvas de rarefação e extrapolação contribuem para tornar a análise mais robusta, padronizando os dados quanto a riqueza de espécies ao estimar os valores a partir das amostragens (GOTELLI; COLWELL, 2001; MELO, 2008; COLWELL et al., 2012). Além disso, há os índices de diversidade que tratam a composição da comunidade como uma probabilidade, levando em consideração a riqueza e abundância relativa das espécies, sendo os mais utilizados o de Shannon-Wiener (H) e o de Simpson (D) (MEDEIROS et al., 2018, 2019; SOUZA et al., 2019; GONÇALVES et al., 2020; RUIZ-TOLEDO et al., 2020).

Os insetos são considerados importantes organismos em levantamentos voltados para práticas de conservação e preservação de ambientes em razão da sua enorme diversidade taxonômica e ecológica, rápida capacidade de adaptação as mudanças ambientais, além da facilidade de serem amostrados (SCHOWALTER, 2006). Dentre eles, a família Syrphidae é especialmente adequada para indicar a qualidade ambiental (SOMMAGGIO, 1999; BURGIO; SOMMAGGIO, 2007; TERRY; NELSON, 2017). Isso ocorre devido ao importante papel ecológico dos representantes, incluindo a polinização feita pelos adultos (JAUKER et al., 2009;

LUCAS et al., 2017) e à grande variedade no comportamento de seus imaturos (SOMMAGGIO, 1999; BURGIO; SOMMAGGIO, 2007).

A família possui o quinto maior número de espécies válidas dentro de Diptera, contendo mais de 6.000 espécies e distribuição em todas as partes do mundo (THOMPSON, 2013). O Brasil apresenta-se com 75 gêneros registrados e 591 espécies válidas, incluindo várias endêmicas (MARINONI, L.; THOMPSON, 2004; MONTOYA; PÉREZ; WOLFF, 2012; MORALES; MARINONI, 2020), entretanto apesar de sua importância, os levantamentos sobre a fauna de sirfídeos no Brasil são escassos (MARINONI; BONATTO, 2002; MORALES; KÖHLER, 2008; DE SOUZA; MARINONI; MARINONI, 2014; KIRST; MARINONI; KRÜGER, 2017; MEDEIROS et al., 2018; VERÍSSIMO et al., 2020).

Visto o grande potencial das espécies de Syrphidae como bioindicadores de ambientes naturais e que estudos acerca de suas atividades são pouco investigados no Brasil, bem como na região Neotropical, o levantamento desses organismos em áreas de preservação é de suma importância para se traçar estratégias eficientes para planos de conservação da área estudada.

Mediante as considerações acima citadas, este trabalho teve como objetivo conhecer a riqueza e abundância da família Syrphidae bem como compreender quais efeitos ambientais na comunidade de Syrphidae em duas áreas de preservação ambiental na Reserva Biológica Unilavras - Boqueirão - RBUB (21° 20' 47" S e 44° 59' 27" W) no município de Ingá – Minas Gerais, Brasil durante dois anos de estudo.

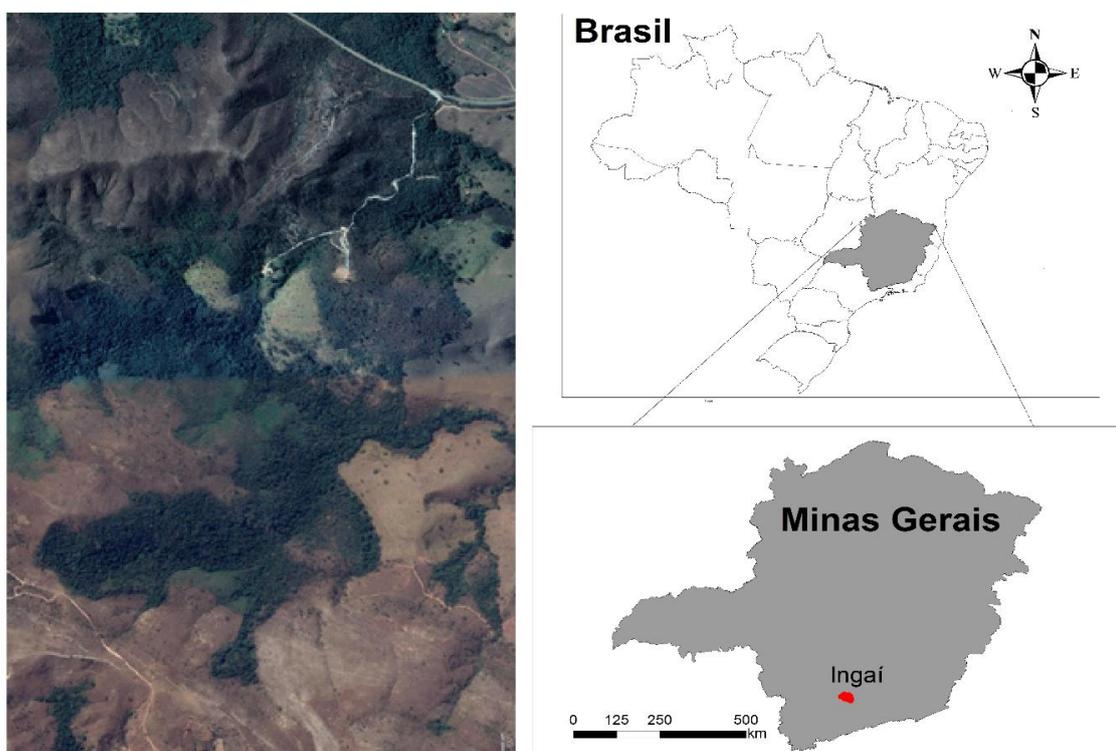
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área experimental

A paisagem estudada está localizada na Reserva Biológica Unilavras - Boqueirão - RBUB (21° 20' 47" S e 44° 59' 27" W) no município de Ingaí – Minas Gerais, Brasil e compreende uma área de aproximadamente 160 hectares, com altitudes da região variando entre 1100 e 1250 m (FIGURA 1). A precipitação média anual é de 1.411 mm, sendo a maior parte da estação chuvosa entre novembro e fevereiro, perfazendo 66,77% das precipitações e a temperatura média anual é em torno de 19,3 °C e 25°C. O inverno é seco e conta com aproximadamente quatro meses de déficit hídrico, entre 10 mm e 30 mm (PEREIRA; VOLPATO, 2005; PIRES; POMPEU; SOUZA-SILVA, 2012).

A área da Reserva é considerada uma das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade de Minas Gerais, onde a vegetação é composta predominantemente pelas fitofisionomias que caracterizam Cerrado *sensu stricto*, mas também é composta pelas fisionomias vegetacionais de Campo Rupestre, Campo de Altitude e Mata de Galeria, além de possuir cinco nascentes (PEREIRA; VOLPATO, 2005).

Figura 1– Reserva Biológica Unilavras - Boqueirão - RBUB (21° 20' 47" S e 44° 59' 27" W) no município de Ingaí – Minas Gerais, Brasil.

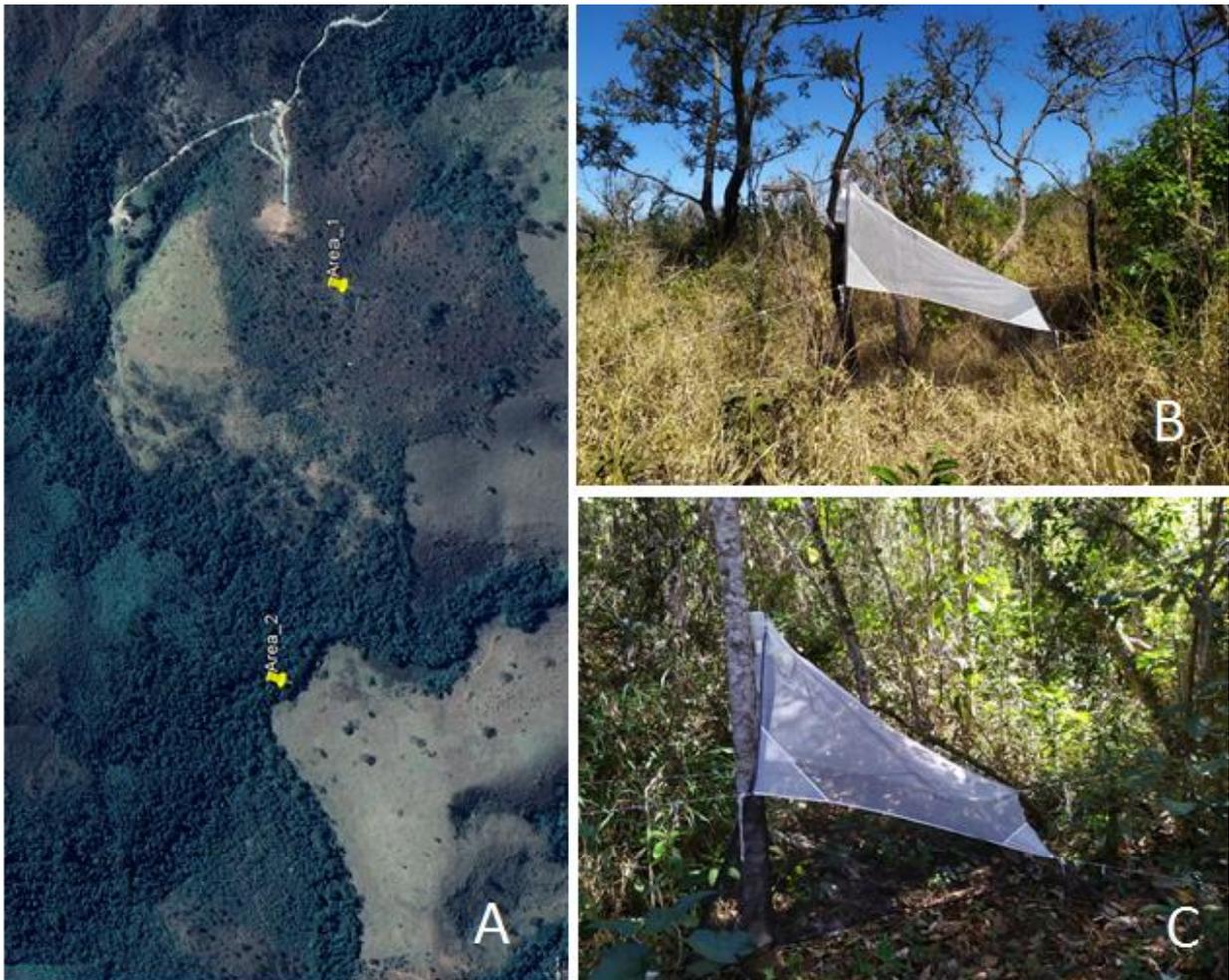


Fonte: Google Earth (2020)

## 2.2 Coleta e identificação de adultos de Syrphidae

As amostragens dos adultos foram realizadas em intervalos de tempo durante outubro de 2018 e agosto de 2020, com dois tipos de técnicas de amostragem: armadilha de interceptação de voo e busca ativa. As coletas executadas de forma passiva foram feitas com armadilhas Malaise em duas áreas distintas da RBUB (FIGURA 2 A), sendo Área 1: Cerrado *sensu stricto* ( $21^{\circ} 20' 57''$  S e  $44^{\circ} 59' 31''$  W) (FIGURA 2 B) e Área 2: Mata Atlântica ( $21^{\circ} 20' 54''$  S e  $44^{\circ} 59' 48''$  W) (FIGURA 2 C), uma vez no mês designado para a coleta da estação e permaneceram em campo por sete dias consecutivos, exceto uma coleta na estação chuvosa que por motivos de logística permaneceu no campo durante 15 dias para contabilização de 2 períodos chuvosos. Todo o material coletado foi armazenado em álcool 70% e etiquetado com identificação de local e data.

Figura 2 – A) Áreas de coletas distintas da RBUB; B) Armadilha passiva na área 1: Cerrado *sensu stricto*; C) Armadilha passiva na área 2: Mata Atlântica.



Fonte: (A) Google Earth (2020); (B-C) Maciel, A.M.F (2020)

As coletas de busca ativa foram realizadas com rede entomológica no intervalo entre 08:00 e 14:00, tanto na área do cerrado quanto na área de mata de acordo com as coletas destinadas à estação de interesse, onde dentro de cada área o coletor percorreu aleatoriamente por toda a extensão. Os insetos coletados foram colocados em câmara mortífera para posterior montagem e etiquetagem.

No decorrer da triagem do material proveniente da armadilha passiva, todos os sirfídeos foram selecionados e acondicionados individualmente em microtubos plásticos de 7 mL contendo álcool 70%, e identificados por armadilha e data de coleta. O material foi quantificado, armazenado em caixas de papelão apropriadas para acondicionamento de microtubos. Os insetos capturados por busca ativa foram alfinetados e etiquetados. Os insetos foram depositados na Coleção Entomológica do Universidade Federal de Lavras (CEUFLA).

Os sirfídeos foram identificados ao nível taxonômico mais baixo possível com auxílio de microscópio estereoscópico e chaves dicotômicas. Os táxons sem chaves de identificação disponíveis foram identificados por M.N. Morales e por comparação com o material depositado na Coleção Entomológica da UFLA.

### **2.3 Coleta dos dados meteorológicos**

Neste estudo foram selecionados os produtos MODIS Land Surface and Emiss -V6 (MOD11A1V6) em dados diários e resolução espacial de 1 km para os anos de 2018, 2019 e 2020 no município de Ingaí – MG, Brasil para ambas as áreas de coleta (Cerrado *sensu* stricto: 21° 20' 57" S e 44° 59' 31" W e Mata Atlântica: 21° 20' 55" S e 44° 59' 48" W). Todos os conjuntos de dados foram acessados e baixados do site do Sistema de Dados e Informações do Sistema de Observação da Terra da NASA (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Os valores diários da temperatura foram extraídos pelo software ArcMap 10.5 e convertidos para °C usando o fator de escala 0,02 (WAN, 2007). A precipitação diária na região de estudo foi obtida através do banco de dados da estação de Lavras – MG com código: 83687 por meio da rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (<http://www.inmet.gov.br/portal/>).

Em seguida, foi calculada a temperatura e precipitação média semanal referente ao período de coleta com armadilha passiva para todos os anos estudados e a média mensal das coletas realizadas com armadilha ativa, pois não é razoável fazer a média apenas do dia de coleta, visto que há a necessidade de ser um dia seco.

## 2.4 Análises Estatísticas

Para a análise de dados, a abundância, riqueza e o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) de espécies de Syrphidae foram avaliados para as áreas de coletas e seus respectivos tipos de amostragens.

Para identificar se a amostragem de sirfídeos foi satisfatória foram construídas curvas de rarefação e, posteriormente, interpolação e extrapolação, com intervalos de confiança de 95% (COLWELL et al., 2012). As curvas de rarefação foram construídas utilizando espécies acumuladas com base em amostras sob o estimador de riqueza não-paramétrico CHAO para cada site (acumulado) com 999 permutações e método aleatório. Posteriormente, as curvas foram ajustadas conforme o modelo desenvolvido por Arrhenius (1921). Estas análises foram realizadas por meio do pacote 'Vegan' (OKSANEN et al., 2020). As curvas de interpolação e extrapolação foram baseadas em número de espécimes e foram construídas porque o número de espécimes coletados foi diferente entre os habitats, o que pode interferir na avaliação do esforço amostral. Esta análise foi realizada usando o pacote iNEXT (HSIEH; MA; CHAO, 2020).

Para identificar visualmente diferenças na composição das espécies de sirfídeos entre duas áreas utilizou-se a função *metaMDS* com permutação de 999 para a Análise de Escalonamento Multidimensional Métrico (NMDS), baseada em matrizes de distância de Bray-Curtis, as quais foram calculadas sobre dados quantitativos de espécies coletadas, relativizados por local pelo método de transformação de Hellinger. Foi feita também a análise de PERMANOVA, realizando múltiplas comparações pareadas pelo procedimento permutacional do programa através da função *adonis*, utilizando a variável data como fator aleatório. Posteriormente foi calculado a importância das espécies na composição por meio da função *sppscores* e em seguida foi feita a correlação de Pearson para as mesmas. Foi utilizada também a função *envfit* para verificar quais espécies contribuem na composição através de permutações (n=999) e assumindo estrutura de coleta dos dados em 2 blocos com 21 coletas. Para analisar as variáveis externas: local, armadilha, estação, mês, temperatura e precipitação, foi utilizada a Análise de Redundância (RDA) que compreende uma regressão linear múltipla das variáveis explicativas, que posteriormente são sujeitas à análise de componentes principais. Foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) para selecionar o modelo otimizado com as variáveis significativas; o modelo nulo foi comparado com o modelo mais complexo pela função *ordistep* da RDA. As análises foram realizadas no pacote 'Vegan' (OKSANEN et al., 2020).

Afim de identificar se os locais de coleta, a temperatura, precipitação e o método de coleta interferiram na riqueza, abundância e diversidade de Syrphidae, modelos lineares de efeito misto generalizados (GLMM) foram realizados assumindo esses fatores como variáveis explicativas e a data de amostragem como variável aleatória, reduzindo os efeitos de amostragem e medidas repetidas. A riqueza e abundância foram ajustadas com a estrutura de erro de Poisson. Para o gráfico de diversidade, foi utilizada a distribuição normal a partir do índice de Shannon  $H'$  calculado. Para as três variáveis respostas foi identificado os melhores modelos de acordo com o Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc) a partir do valor de  $\Delta < 2$ . Foram utilizadas as funções *dredge* (para seleção dos modelos) e *glmer* (para análises), dos pacotes MuMIn e lme4, respectivamente (BATES et al., 2020; BARTÓN, 2020).

Nos dois primeiros modelos – e.g., riqueza e abundância –, mais de um modelo foi encontrado e, portanto, para seleção de apenas um, foram realizados procedimentos de Inferência de Multimodelos, estimando o efeito médio das variáveis nos melhores modelos, ponderado pelo peso de Akaike ( $w$ ) em cada modelo, utilizando a função *model.avg*, do pacote MuMIn. Já para o modelo para diversidade, apenas um foi selecionado. Todas as análises descritas acima foram realizadas por meio do software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2020).

### 3 RESULTADOS

No total, 442 espécimes de 66 espécies pertencentes a 26 gêneros de três subfamílias de Syrphidae foram registrados em duas diferentes áreas da RBUB, sendo 279 espécimes capturados com armadilha de intercepção de voo e 163 capturados por busca ativa (TABELA 1).

A subfamília Syrphinae apresentou o maior número de espécies coletadas (46 espécies) e a maior frequência relativa (90,27%), seguida por Eristalinae (15 espécies e 8,60%) e Microdontinae (5 espécies e 1,13%) (TABELA 2). O gênero mais abundante foi *Toxomerus* (58,82%) contento as 2 espécies mais abundantes, *T. lacrymosus* (Bigot, 1884) (45,70%) e *T. laenas* (Walker, 1852), (6,79%). O maior número de espécimes de *T. lacrymosus* e de *T. laenas* ocorreu na área de Cerrado *sensu stricto* capturados com armadilha passiva com 146 e 27 espécimes, respectivamente (TABELA 1).

Com 4,98% do total coletado, *Salpingogaster nigra* Schiner, 1868 foi a terceira espécie mais abundante seguida de *Ornidia obesa* (Fabricius, 1775) (4,52%). *Salpingogaster nigra* apresenta seu maior número na área de Mata Atlântica capturada com busca ativa com 17 espécimes, enquanto *O. obesa* obteve o mesmo valor de captura (10 espécimes) tanto para área de Mata quanto para Cerrado, ambas coletadas com busca ativa (TABELA 1). As demais espécies coletadas apresentaram porcentagem menor do que 4%.

Tabela 1 – Abundância e frequência reativa de espécies de Syrphidae coletados em cada área e seu respectivo tipo de coleta na Reserva Biológica Unilavras - Boqueirão – RBUB. (Continua)

Espécie	Subfamília	Cerrado Passiva		Mata Passiva		Cerrado Ativa		Mata Ativa		Total	
		A	F	A	F	A	F	A	F	A	F(%)
<i>Toxomerus lacrymosus</i>	Syrphinae	146	0.69	6	0.09	40	0.47	10	0.13	202	45.70
<i>Toxomerus laenas</i>	Syrphinae	27	0.13	0	0.00	0	0.00	3	0.04	30	6.79
<i>Salpingogaster nigra</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	4	0.05	17	0.22	22	4.98
<i>Ornidia obesa</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	10	0.12	10	0.13	20	4.52
<i>Dioprosopa clavata</i>	Syrphinae	6	0.03	6	0.09	2	0.02	1	0.01	15	3.39
<i>Ocyptamus antiphates</i>	Syrphinae	1	0.00	2	0.03	5	0.06	6	0.08	14	3.17
<i>Fragosa rugosifrons</i> sp. group	Syrphinae	4	0.02	9	0.14	0	0.00	1	0.01	14	3.17
<i>Allograpta exotica</i>	Syrphinae	10	0.05	0	0.00	3	0.04	1	0.01	14	3.17
<i>Ocyptamus</i> sp.2	Syrphinae	1	0.00	2	0.03	3	0.04	3	0.04	9	2.04

<i>Toxomerus politus</i>	Syrphinae	3	0.01	1	0.02	2	0.02	3	0.04	9	2.04
<i>Victoriana attenuata</i> sp. group	Syrphinae	1	0.00	3	0.05	2	0.02	0	0.00	6	1.36
<i>Fragosa tenuis</i> sp. group	Syrphinae	0	0.00	4	0.06	0	0.00	0	0.00	4	0.90
<i>Leucopodella gracilis</i>	Syrphinae	0	0.00	4	0.06	0	0.00	0	0.00	4	0.90
<i>Toxomerus idalius</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	0.05	4	0.90
<i>Ocyptamus</i> sp.3	Syrphinae	0	0.00	3	0.05	0	0.00	0	0.00	3	0.68
<i>Nuntianus</i> sp.3 sp. group	Syrphinae	0	0.00	3	0.05	0	0.00	0	0.00	3	0.68
<i>Syrphus phaeostigma</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	2	0.03	3	0.68
<i>Palpada parvula</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	3	0.04	0	0.00	3	0.68
<i>Allograpta hastata</i>	Syrphinae	1	0.00	1	0.02	0	0.00	1	0.01	3	0.68
<i>Toxomerus tibicen</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.03	3	0.68
<i>Relictanum</i> sp.	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.01	3	0.68
<i>Toxomerus virgulatus</i>	Syrphinae	0	0.00	2	0.03	0	0.00	0	0.00	2	0.45
<i>Nuntianus</i> sp1 sp. group	Syrphinae	0	0.00	2	0.03	0	0.00	0	0.00	2	0.45
<i>Argentinomyia</i> sp.	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	1	0.01	2	0.45
<i>Rhingia nigra</i>	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	1	0.01	2	0.45
<i>Toxomerus sylvaticus</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	1	0.01	2	0.45
<i>Palpada melanaspis</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.03	2	0.45
<i>Pelecinobaccha</i> sp.3	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.01	2	0.45
<i>Leucopodella bigoti</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	2	0.02	0	0.00	2	0.45
<i>Pelecinobaccha</i> sp.2	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	2	0.02	0	0.00	2	0.45
<i>Salpingogaster</i> sp.2	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Copestylum</i> sp.1	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Copestylum</i> sp.2	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Copestylum</i> sp.3	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Copestylum</i> sp.4	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Mimocalla erebus</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus steatogaster</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus basalis</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus purus</i>	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Nuntianus</i> sp.2 sp. group	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23

<i>Leucopodella</i> sp.	Syrphinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Lepidomyia</i> sp.1	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Lepidomyia</i> sp.2	Eristalinae	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Salpingogaster cothurnata</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Salpingogaster</i> sp.1	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Copestylum araceorum</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Toxomerus polygraphicus</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Ocyptamus gastrostactus</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Ocyptamus</i> sp.1	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Meromacrus laconicus</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	1	0.23
<i>Allograpta falcata</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	1	0.23
<i>Leucopodella balboa</i>	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	1	0.23
<i>Pseudomicrodon</i> sp.2	Microdontinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	1	0.23
<i>Pelecinobaccha</i> sp.1	Syrphinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	1	0.23
<i>Sphiximorpha bigotii</i>	Eristalinae	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	1	0.23
<i>Schizoceratomyia</i> sp.	Microdontinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Microdon(Chymophila)</i> sp.	Microdontinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Copestylum</i> sp.5	Eristalinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Fazia similis</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Sphiximorpha barbipes</i>	Eristalinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus floralis</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus dispar</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus pictus</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Toxomerus musicus</i>	Syrphinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Pseudomicrodon</i> sp.1	Microdontinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23
<i>Mixogaster</i> sp.	Microdontinae	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.23

Legenda: A – Abundância; F – Frequência

Fonte: Maciel, A.M.F

Tabela 2 – Riqueza, abundância e frequência relativa das subfamílias de Syrphidae coletados na Reserva Biológica Unilavras – Boqueirão – RBUB.

<b>Subfamília</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Abundância</b>	<b>Frequência (%)</b>
<b>Syrphinae</b>	46	399	90,27%
<b>Eristalinae</b>	15	38	8,60%
<b>Microdontinae</b>	5	5	1,13%
<b>Total</b>	66	442	100%

Fonte: Maciel, A.M.F (2020)

A diversidade da comunidade de Syrphidae nas áreas de coletas e seus respectivos tipos de amostragens na RBUB é apresentada na Tabela 3. Pode-se observar que o Cerrado com armadilha passiva e ativa tem o maior número de espécimes (213 e 85, respectivamente); a Mata com coleta ativa apresenta um número de 78 espécimes e para a coleta passiva 66 espécimes foram coletados. A área de Mata para coleta passiva e ativa apresenta o maior número de espécies (51 e 45, respectivamente); e o Cerrado, com armadilha passiva seguido da coleta ativa com menos espécies (42 e 34, respectivamente).

De acordo com o índice de Shannon, a área de Mata é a mais diversificada, tanto para coleta ativa ( $H'$ : 1,31) quanto para coleta passiva ( $H'$ : 1,21) em comparação à área de Cerrado com coleta passiva e ativa, respectivamente ( $H'$ : 0,82 e  $H'$ : 0,79) (TABELA 3).

Tabela 3 – Abundância, riqueza e diversidade da comunidade de Syrphidae nas áreas de coletas e seus respectivos tipos de amostragem na Reserva Biológica Unilavras – Boqueirão – RBUB.

<b>Local/Armadilha</b>	<b>Abundância</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Índice de Shannon</b>
<b>Cerrado/Passiva</b>	213	42	0.82
<b>Cerrado/Ativa</b>	85	34	0.79
<b>Mata/Passiva</b>	66	51	1.21
<b>Mata/Ativa</b>	78	45	1.31

Fonte: Maciel, A.M.F (2020)

A Figura 3 corresponde a curva de rarefação da riqueza de espécies por amostra, conforme o número de coletas total; e a Figura 4 para cada área e método de coleta. As curvas

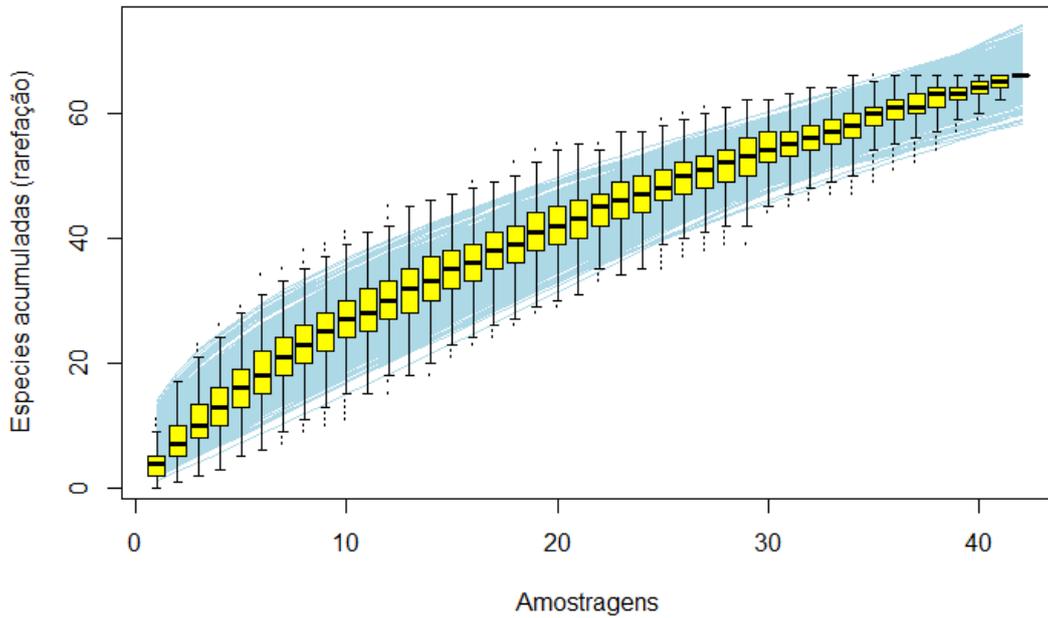
revelam que o número de espécies cresce exponencialmente de acordo com o aumento no número de amostras.

A área de Mata, tanto com coleta passiva quanto com ativa, apresenta a maior riqueza quando comparadas com a área de cerrado para as coletas passivas e ativas, respectivamente (FIGURA 4). Entretanto, todas as curvas demonstram que as coletas não foram suficientes para amostrar a riqueza total presente na área, pressupondo que com mais amostras provavelmente espécies adicionais seriam coletadas.

As curvas de interpolação e extrapolação das amostragens de sirfídeos foram satisfatórias para riqueza de espécies de acordo com o número de espécimes capturados para todas as amostragens (FIGURA 5A), para todas as amostragens com armadilha ativa e passiva (FIGURA 5B), de acordo com a área (FIGURA 5C) e de acordo com a estação de chuva e seca (FIGURA 5D), tendendo a estabilização. Logo, pressupõe-se que com o aumento do número de espécimes não haveria um valor discrepante de espécies coletadas. Entretanto, a curva de extrapolação mostra que para todas as amostragens (FIGURA 5A), armadilha passiva (FIGURA 5B), área de Mata (FIGURA 5C) e estação seca (FIGURA 5D), se houvesse mais amostragens, o número de espécimes coletados apresentaria um valor mais elevado.

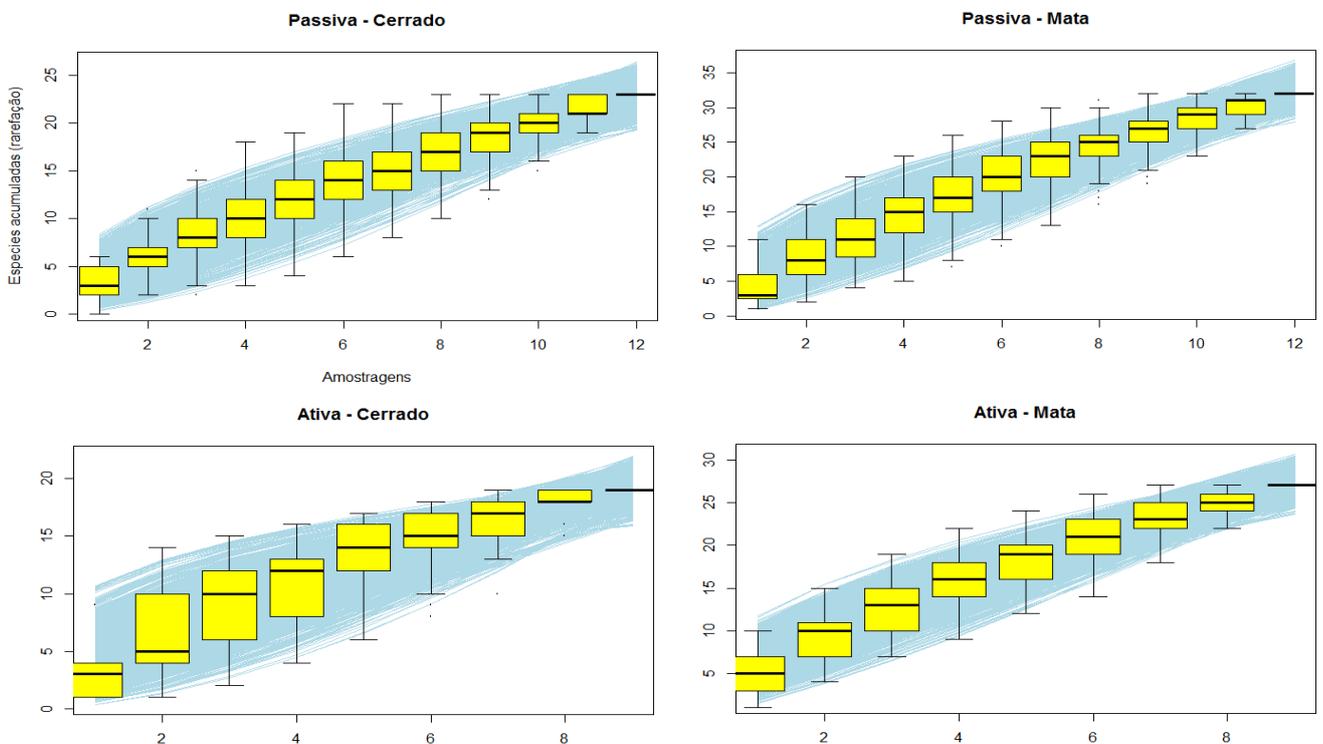
Quanto ao tipo de coleta e local (FIGURA 6A), apenas a curva de coleta ativa para a área de Cerrado se mostra satisfatória, tendendo à estabilidade. O mesmo acontece para as curvas de coleta ativa para ambas as estações (FIGURA 6B) e para a curva de estação seca na área de Cerrado (FIGURA 6C). As demais curvas apresentadas não tendem a estabilização e, portanto, não são satisfatórias. As curvas de extrapolação para a coleta passiva em área de cerrado (FIGURA 6A), coleta passiva em estação seca (FIGURA 6B) e coleta em estação seca na área de Cerrado (FIGURA 6C) mostram que haveria um aumento discrepante no número de espécimes capturados se houvesse mais amostragens.

Figura 3 – Curvas de espécies acumuladas por amostra de acordo com o número de coletas total. As barras amarelas são provenientes do modelo aleatório e a linha azul é a curva de rarefação pelo estimador CHAO.



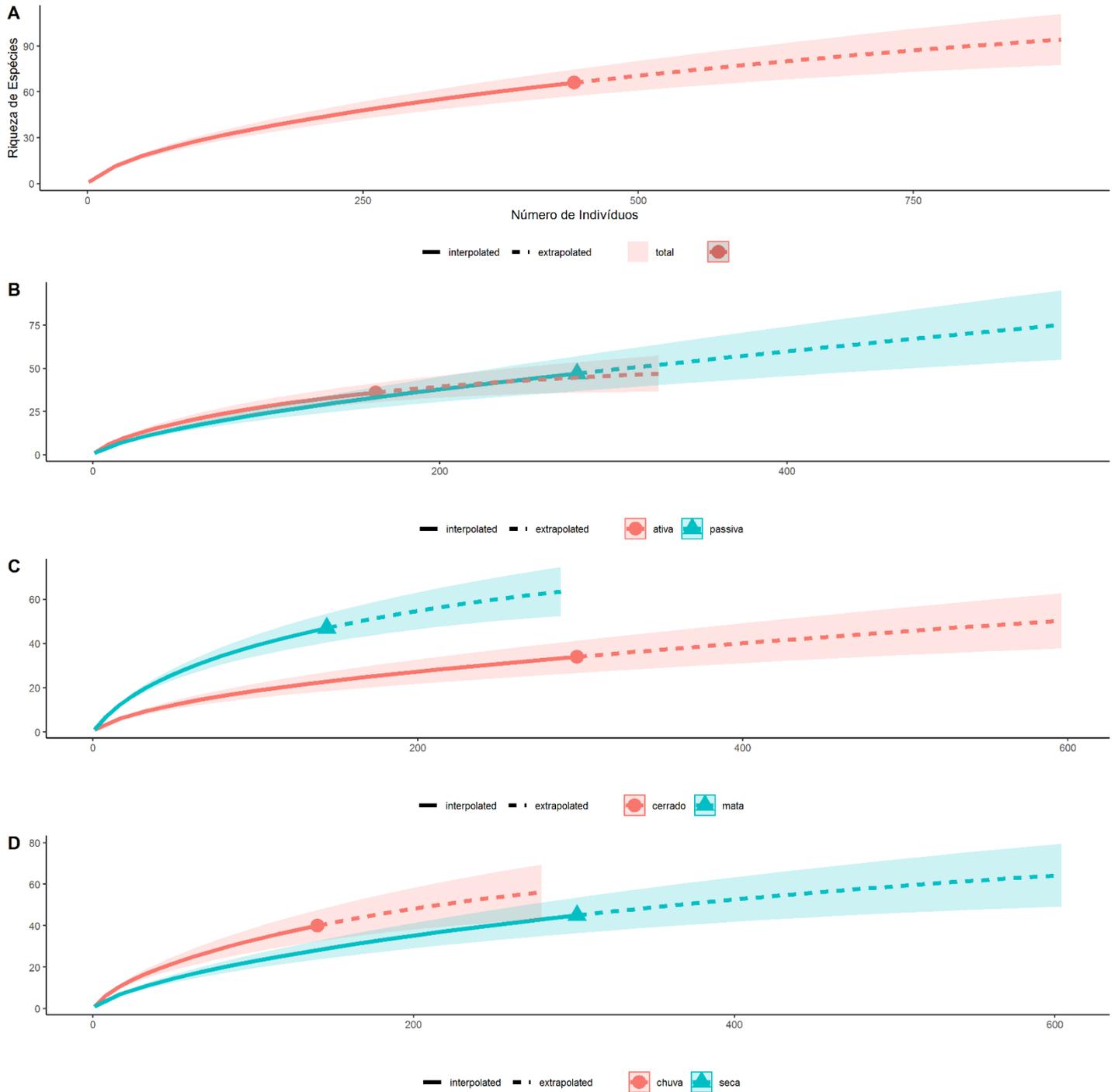
Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Figura 4 – Curvas de espécies acumuladas de acordo com o número de coletas para cada área e tipo de coleta. As barras amarelas são provenientes do modelo aleatório e a linha azul é a curva de rarefação pelo estimador CHAO.



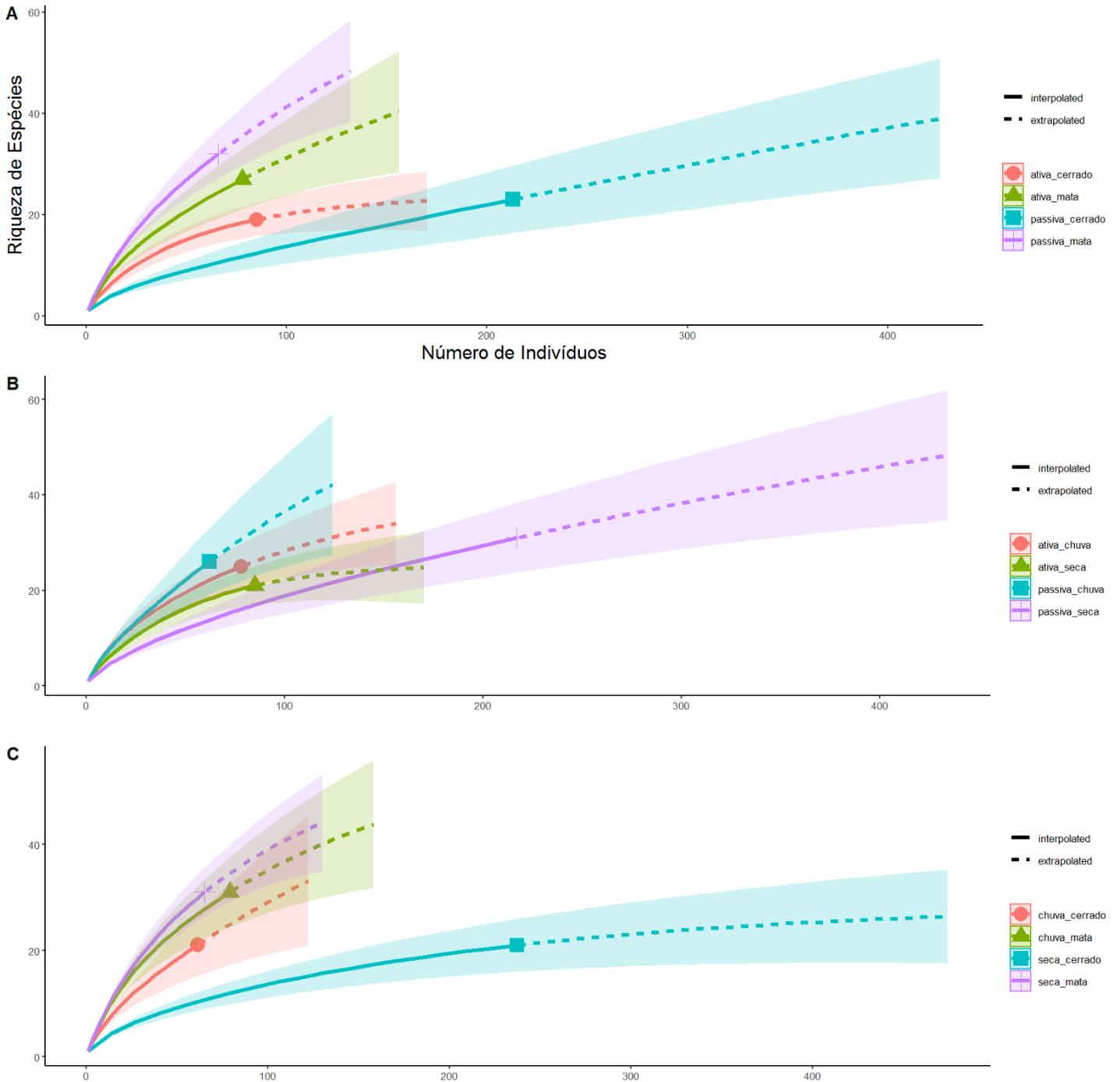
Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Figura 5 – Curva de interpolação e extrapolação das amostragens de Syrphidae de acordo com o número de indivíduos capturados para: A) Todas as amostragens; B) Método de coleta; C) Local de coleta e D) Estação de coleta.



Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Figura 6 – Curvas de interpolação e extrapolação das amostragens de Syrphidae de acordo com o número de indivíduos capturados em: A) Tipo de coleta e local; B) Tipo de coleta e estação; C) Estação e local.

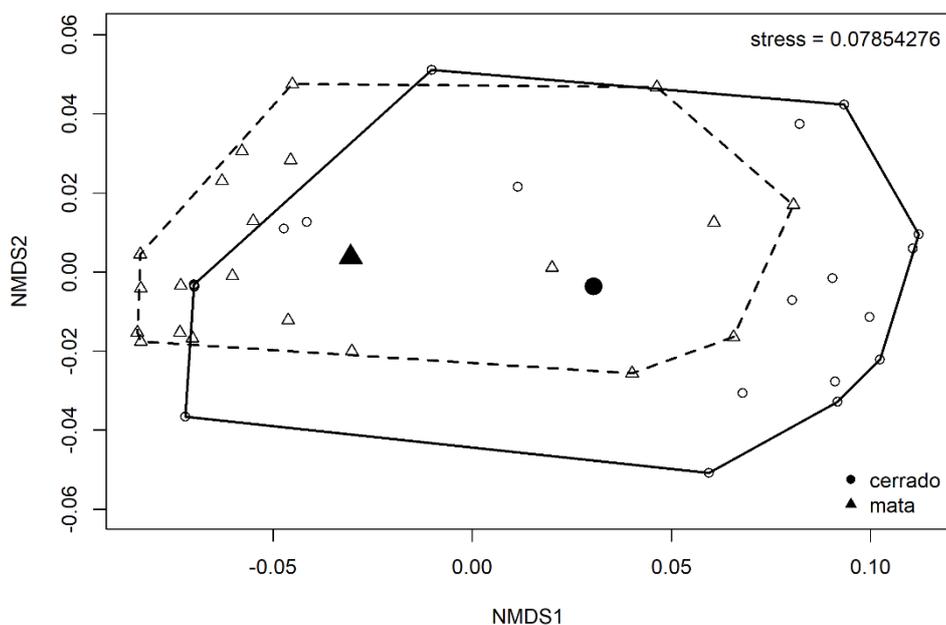


Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Ao realizar a comparação da composição e abundância entre as espécies de sirfídeos em ambas as áreas, a análise de NMDS demonstrou que visualmente não ocorreu a formação de agrupamentos de pontos distintos entre as espécies (FIGURA 7), entretanto ao testar a área a partir da análise de PERMANOVA pode-se observar que o local foi significativo ( $p = 0.006$ ), assim como a estação ( $p = 0.004$ ). Analisando quais espécies são mais relevantes na composição, foi possível identificar que *Salpingogaster nigra*, *Ornidia obesa*, *Dioprosopa clavata*, *Leucopodella gracilis*, *Toxomerus dispar*, *Toxomerus laenas*, *Allograpta exotica* e *Toxomerus lacrymosus* têm uma contribuição na comunidade, na qual *T. lacrymosus* e *S. nigra* apresentam vetores maiores e, portanto, são mais colaborativas do que as demais espécies; é possível identificar também que *S. nigra*, *O. obesa* e *D. clavata* exercem papéis em dimensões diferentes das demais (FIGURA 8A).

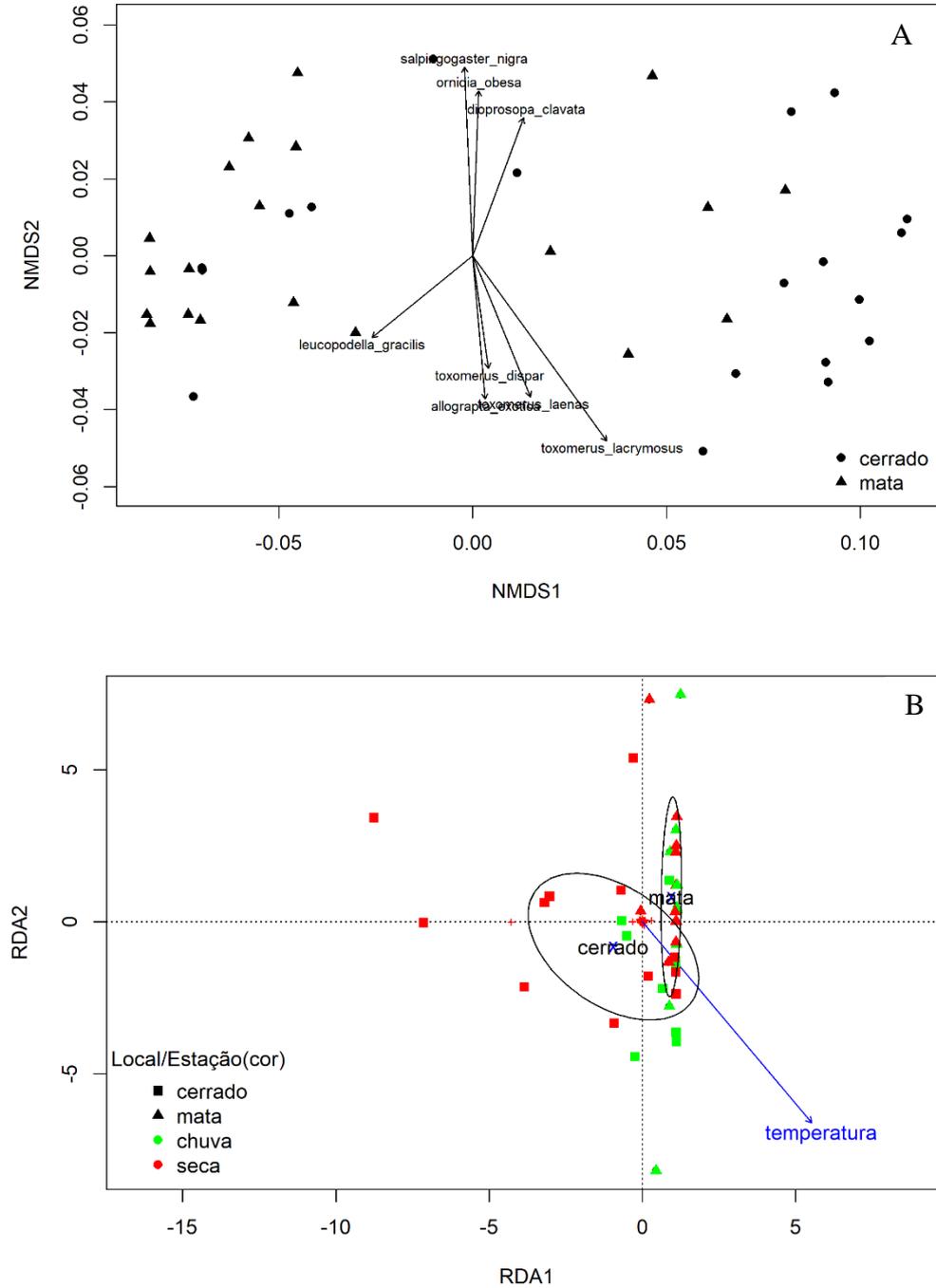
Em relação aos parâmetros do ambiente, a temperatura e o local afetaram significativamente na composição da comunidade (TABELA 4), corroborando com o resultado da PERMANOVA. Na Figura 8B é possível identificar que há uma comunidade para o Cerrado e uma para a área de Mata Atlântica, expondo como os parâmetros do ambiente local e temperatura influenciaram na composição de cada área.

Figura 7 – Análise de escalonamento multidimensional das amostragens em relação à composição de espécies de Syrphidae por área coletada.



Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Figura 8 – A) Espécies contribuintes na composição da comunidade de Syrphidae de acordo com NMDS; B) Variáveis externas influenciáveis na estrutura da comunidade de Syrphidae de acordo com RDA.



Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

Tabela 4 – Análise de variância da Análise de Redundância do modelo otimizado com as variáveis significativas dos fatores externos da comunidade Syrphidae da Reserva Biológica Unilavras – Boqueirão – RBUB (\*\*\*:  $P < 0.001$ , \*\*:  $P < 0.05$ , ns:  $P > 0,05$ ).

	<b>Df</b>	<b>Variância</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
<b>Local</b>	1	17.967	9.4107	0.001 ***
<b>Temperatura</b>	1	13.123	6.8735	0.005 **
<b>Resíduo</b>	39	74.461	-	-

Fonte: Maciel, A.M.F (2020)

A Figura 9 demonstra se há significância dos fatores abióticos, bióticos e o tipo de armadilha na riqueza, abundância e diversidade de Syrphidae, portanto, se os valores não cruzam zero (i.e., linhas tracejadas na cor cinza), as variáveis explicativas são significativas e se cruzam, não há significância.

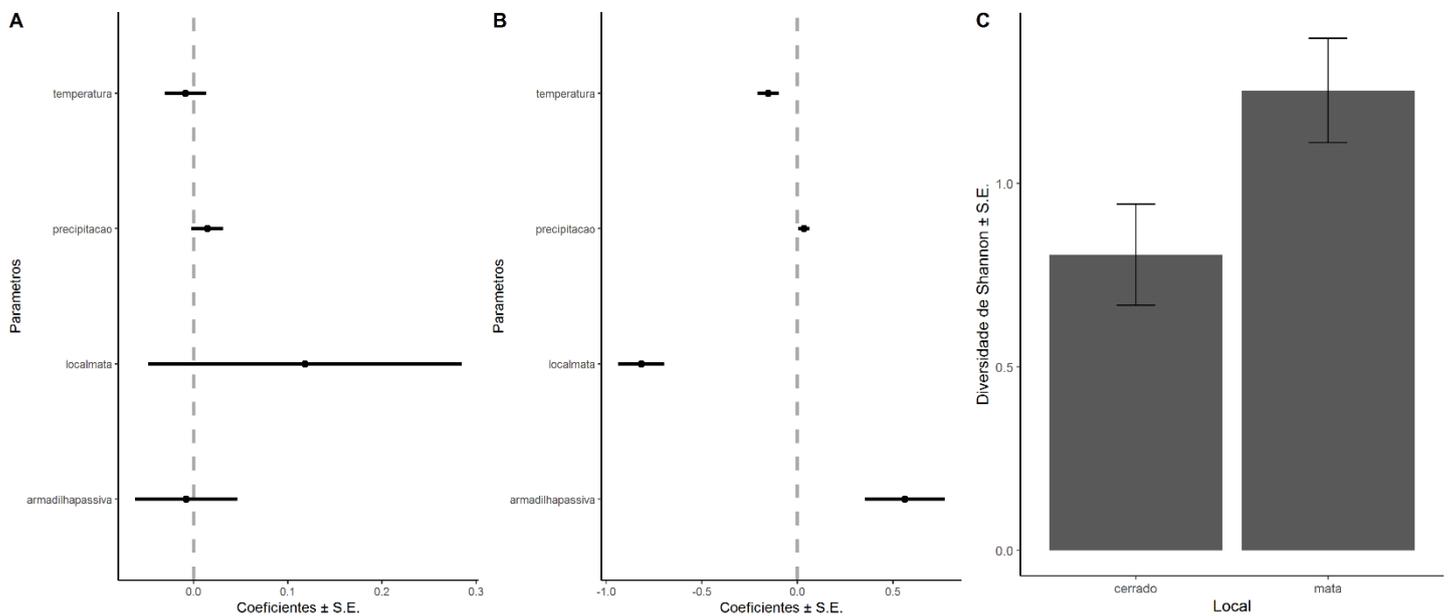
Em relação à riqueza de espécies (A) quanto aos locais de coleta, a temperatura, precipitação e o tipo de armadilha, estas não retrataram diferença significativa entre os mesmos. Já quanto à abundância (B), apenas a precipitação não demonstrou ter diferença significativa, onde a área de Mata Atlântica e a temperatura demonstraram significativamente correlação negativa, enquanto o tipo de armadilha passiva afetou positivamente na abundância (FIGURA 9). Ao se verificar a significância da variação da diversidade (C) em relação a cada um dos fatores, apenas o local apresentou diferença significativa (TABELA 5), podendo-se observar que a Mata exibiu correlação positiva na diversidade das espécies (FIGURA 9).

Tabela 5 – Resumo do modelo linear generalizado misto (GLMM) testando a variação dos parâmetros de diversidade de sirfídeos entre as variáveis explicativas: locais de coleta, temperatura, precipitação e tipo de armadilha. (\*:  $P < 0,05$ , ns:  $P > 0,05$ ).

	<b>Estimativa</b>	<b>S.E.</b>	<b>Df</b>	<b>Valor de t</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
<b>Intercepto</b>	0.948777	0.932906	37.000000	1.017	0.3158
<b>Temperatura</b>	-0.009701	0.037131	37.000000	-0.261	0.7953
<b>Local mata</b>	0.459795	0.202735	37.000000	2.268	0.0293 *
<b>Precipitação</b>	0.022710	0.021143	37.000000	1.074	0.2897
<b>Armadilha passiva</b>	-0.005308	0.206660	37.000000	-0.026	0.9796

Fonte: Maciel, A.M.F (2020)

Figura 9 – GLMM das variáveis respostas riqueza (A), abundância (B) e diversidade (C), de acordo com as variáveis explicativas: locais de coleta, temperatura, precipitação e tipo de armadilha.



Fonte: Maciel, A.M.F; Faria, L.D.B. (2020)

#### 4 DISCUSSÃO

É fato que a abundância dos adultos da família Syrphidae em uma área tem correlação positiva com a quantidade de flores (WALTON; ISAACS, 2011), logo, espera-se que as espécies desse grupo sejam coletadas mais facilmente por armadilhas de interceptação de voo, como foi observado nesse estudo, tendo em vista que apresentam ampla capacidade nesse sentido.

Segundo Terry e Nelson (2017), algumas espécies de Syrphidae apresentam uma curta temporada de voo, portanto armadilhas passivas auxiliam numa maior captura de espécimes. Além do mais, Sommaggio (1999) aborda que algumas espécies de sirfídeos tendem a permanecer perto da camada de solo; portanto, uma combinação de armadilhas e redes podem ser a abordagem ideal para detectar o máximo de espécies possíveis presentes em um ecossistema. Fato também observado no presente trabalho, visto que foi possível capturar espécies diferentes com armadilha ativa, daquelas espécies coletadas com armadilha passiva.

Neste estudo, verificou-se que a área de Cerrado apresentou abundância maior do que a área de Mata, independentemente do tipo de coleta, corroborando com o estudo de Augusto (2019), que encontrou a maior abundância no Cerrado (195) comparado à Mata de Galeria (62). Isso deve-se, provavelmente, ao fato dos sirfídeos serem mais relacionados com regiões abertas e iluminadas, o que favorece a amplitude de voo, além de apresentar uma facilidade na exploração de recursos (OWEN, 1991; JORGE; MARINONI; MARINONI, 2007).

Marinoni e Bonatto (2002) também discutem que o melhor local para instalação de armadilhas passivas é em campos abertos, o que também consolida o fato de a área de Mata deste trabalho apresentar um menor número de espécimes. O estudo de Meyer, Jauker e Steffan-Dewenter (2009) corrobora esses dados, visto que foi observado que a densidade de sirfídeos é influenciada pela quantidade de recurso disponível, como pólen e néctar, e também pela variedade de nichos ofertados para os imaturos do que pela diversidade do ambiente.

Entretanto, quando analisamos a riqueza de espécies de Syrphidae, há um contraste no qual a área de Mata para ambos os tipos de coleta representa a maior riqueza comparada à área de Cerrado; o mesmo acontece com o índice de diversidade que é maior para a área de Mata coletada com busca ativa seguida de armadilha passiva. De acordo com Mitra et al. (2015), florestas constituem uma maior biodiversidade e heterogeneidade de recursos florais porque sempre apresentam mais de uma espécie vegetal em diferentes estágios fenológicos. Tais características tem uma relação positiva para a diversidade de espécies de Syrphidae, pois estas são influenciadas positivamente com a diversidade de plantas, além de fornecerem vários

microhabitats favoráveis ao desenvolvimento das espécies de sirfídeos (ROTHERAY et al., 2001). Salienta-se que a Mata é ambiente úmido e florestal, com presença de corpos d'água que também influenciam nesses parâmetros.

É importante ressaltar que o índice de diversidade de Shannon leva em consideração a riqueza de espécies e a equabilidade. A área de Mata com armadilha passiva e ativa, respectivamente, apresentam uma maior riqueza quando comparadas com a de Cerrado com ambos tipos de coleta. Entretanto, a área de Mata com armadilha passiva possui uma maior dominância de algumas espécies na abundância da área, gerando uma baixa equabilidade, o que justifica o índice de maior diversidade na área de Mata com armadilha ativa.

Salientando, dado a importância das flores para o desenvolvimento dos sirfídeos, Dunn et al. (2020) ressaltam que recursos florais inadequados podem estar relacionados com o baixo número de espécies desse grupo na natureza. Alves da Mata e Tidon (2013) estudando a heterogeneidade e perturbação do Cerrado em assembleias de drosofilídeos, concluíram que mesmo baixos níveis de perturbação, como os encontrados dentro da área protegida, tiveram um papel negativo nas assembleias, o que pode sugerir que perturbações na área de coleta de Cerrado – e.g. alta quantidade de braquiáreas introduzidas na área –, podem ter resultado em uma riqueza de espécies menor do que na área de Mata.

Evidencia-se que com os distúrbios antrópicos na região do Cerrado, o mesmo sofre uma pressão acerca de sua biodiversidade. Contudo, os esforços para preservação nestas áreas não refletem essa realidade, visto que, estes são dedicados em sua maioria para áreas de florestas tropicais (MARRIS, 2005). Não obstante, estudos voltados para a diversidade da fauna são escassos, principalmente se tratando da ordem Diptera (e.g. FIGUEIRÓ et al., 2012; ALVES DA MATA; TIDON, 2013; CAMPOS et al., 2013; AUGUSTO, 2019) o que valida a insuficiência de dados e consequentemente a falta de um melhor entendimento da necessidade de preservação dessas áreas.

De acordo com Morales e Köhler (2008), espécies de Syrphinae e Eristalinae são mais comuns de serem coletadas por busca ativa por dispensarem boa parte do seu tempo forrageando em recursos florais, facilitando sua captura com rede entomológica; neste estudo espécies dessas subfamílias foram coletados por busca ativa, porém em menor quantidade quando comparada com a armadilha passiva. Ambas as elevadas riqueza e abundância dos Syrphinae coletados com armadilha passiva podem estar relacionadas à diversidade nos hábitos das larvas (fitófagas e predadoras), favorecendo a presença das espécies nessas áreas.

O baixo número de espécies capturadas da subfamília Microdontinae já era esperado tanto para busca ativa quanto para armadilha passiva, visto que seus representantes adultos geralmente não se alimentam de recursos florais (REEMER, 2014) e, portanto, não são comumente encontrados forrageando em flores e conseqüentemente não são capturados pelo método de busca ativa. O mesmo ocorre para armadilha passiva, porém, isso pode estar atrelado não somente ao hábito dos adultos, mas também às condições apropriadas para o desenvolvimento dos imaturos juntamente com o local de implementação da armadilha passiva. De acordo com Cheng e Thompson (2008), os adultos são vistos nas proximidades de formigueiros e não se distanciam deles, tendo em vista que as larvas apresentam hábito de mirmecofilia (REEMER, 2013) e, por esse motivo são usualmente raros em coletas com armadilhas Malaise; nesse estudo a armadilha não foi implementada objetivamente perto de formigueiros.

O gênero mais abundante e com maior riqueza encontrado foi *Toxomerus* Macquart (15 espécies e 260 espécimes). Mengual, Ståhls e Rojo (2012) expõem que provavelmente as espécies de *Toxomerus* são as mais abundantes entre os sirfídeos da região Neotropical, no entanto, poucos estudos acerca de informações biológicas desse grupo são registrados. Globalmente, são conhecidas aproximadamente 150 espécies (JORDAENS et al., 2015), sendo o segundo gênero mais abundante da subfamília Syrphinae na Região Neotropical com 143 espécies descritas (BORGES; COURI, 2009; THOMPSON; ROTHERAY; ZUMBADO, 2010). Para o Brasil, Borges e Couri (2009) citaram a ocorrência de 36 espécies de *Toxomerus*.

É importante destacar que as espécies de *Toxomerus* têm grande plasticidade para explorar recursos alimentares, o que pode estar atrelado a seu alto número de espécimes coletados e riqueza de espécies. Dentre as espécies aqui encontradas, a maioria são predadoras, contudo, *T. politus*, *T. dispar* e *T. floralis* são polívoras (ROJO et al., 2003; NUNES-SILVA et al., 2010; JORDAENS et al., 2015).

A espécie mais abundante *Toxomerus lacrymosus*, foi recuperada no clado *politus group* por Mengual, Ståhls e Rojo (2012) que compreende um grupo no qual os representantes imaturos supostamente são fitófagos. Contudo, os autores citam o estudo de Oliveira et al. (2003) onde *T. lacrymosus* já foi encontrado predando Aleyrodidae. Enfatiza-se que pode ser um erro de registro, visto que a mesma primeira autora do trabalho supracitado, indica num trabalho posterior (OLIVEIRA; SANTOS, 2005) a imagem de uma espécie de *Ocyrtamys* s.l. para *T. lacrymosus*. Os adultos de *T. laenas* e *Salpingogaster nigra* são visitantes florais e as larvas são predadoras (ROJO et al., 2003). Já *Ornidia obesa*, a quarta espécie mais abundante,

é saprófaga enquanto larva, alimentando-se de diferentes tipos de material orgânico em decomposição (MARTINS et al., 2010). Vale salientar que, *S. nigra* foi mais abundante na estação chuvosa, estando relacionado ao hábito de seus imaturos que são predadores de cigarrinhas e as ninfas destas ocorrem apenas durante a estação chuvosa (VERÍSSIMO et al., 2018).

Além de *T. lacrymosus* e *S. nigra* serem mais abundantes, apresentaram uma maior contribuição na comunidade de acordo com a análise de NMDS, na qual a primeira teve maior contribuição devido ao seu alto valor de abundância (202 espécimes) e estar presente em ambas as áreas com todos os tipos de coleta; enquanto *S. nigra* apresentou um número relativamente menor de espécimes (22), não sendo capturada, entretanto, somente com armadilha passiva na área de Cerrado. Ambas as espécies atuam em diferentes dimensões, visto que *T. lacrymosus* foi a espécie mais abundante em área de Cerrado, e *S. nigra*, na área de Mata, além de suas larvas apresentarem nichos ecológicos diferentes, sendo a primeira polívora e a segunda predadora.

As curvas de rarefação não tenderam a estabilização e, portanto, não se mostram satisfatórias quanto a quantidade de amostras realizadas, apontando a necessidade de mais amostragens, assim como algumas curvas de extrapolação baseadas no número de espécimes; ressalta-se que em ambiente tropical essas curvas geralmente não se estabilizam devido à alta riqueza nessa região. Não obstante a isso, para a armadilha Malaise, Fraser, Dytham e Mayhew (2008) abordam que mesmo se for utilizado um baixo número das mesmas, as apurações decorrentes da análise ao longo prazo ainda podem ser muito úteis porque essas armadilhas poderão amostrar tanto espécies raras quanto as espécies mais abundantes da área estudada. Entretanto, é importante ressaltar que mesmo as curvas não tendendo a estabilização, pode-se observar que elas não tendem também a se encontrar, o que valida os resultados de que as áreas são realmente diferentes.

Quanto às variáveis abióticas, temperatura e precipitação, durante o período de coletas, houve uma relação estatisticamente significativa apenas da temperatura na composição da comunidade de Syrphidae e na abundância de espécimes coletados, tendo correlação negativa. Alguns estudos também verificaram relação significativa quanto a esse fator, Marinoni e Bonatto (2002) constataram a ausência na captura de *Toxomerus tibicen* (Wiedemann, 1830) - a espécie mais abundante coletada naquele estudo - na semana onde a temperatura esteve abaixo de 10°C, corroborando Bashir, Saeed e Sajjad (2015) onde observaram que a 10°C a diversidade de moscas polinizadoras permaneceu em seu nível mais baixo. Ball e Morris (2015) abordam

que os sirfídeos são ativos durante todo o ano, porém com maior destaque na primavera. Essa distribuição está relacionada por serem períodos nos quais possuem a maior disponibilidade de recursos florais, tão necessários para a nutrição dos adultos, concordando com o trabalho de Djellab et al. (2019) que encontraram a maior riqueza e abundância de Syrphidae durante a primavera.

Entretanto, ressalta-se que existem vários mecanismos possíveis que afetam a abundância, incluindo fatores biológicos locais e dependentes do local, como por exemplo temperaturas muito altas podem influenciar a estrutura da flora, deixando as plantas mais murchas, o que indiretamente afeta a visita de moscas das flores; Terry e Nelson (2017) notaram uma queda na abundância de sirfídeos durante os meses mais quentes. Neste trabalho, a média da temperatura variou entre 21 e 32°C e apresentou influência negativa em relação a abundância e composição da comunidade de Syrphidae. Morales e Köhler (2008) analisando a abundância de Syrphidae identificaram as temperaturas entre 28 e 32°C como preferencial para os sirfídeos. Sabe-se que gradientes altitudinais de temperatura têm influência considerável nas populações de insetos (HODKINSON, 2005), portanto deve-se levar em consideração que a área de estudo de Morales e Köhler (2008) apresenta características do ambiente diferentes daqui estudadas, sendo um local com altitude mais baixa e conseqüentemente temperaturas mais elevadas.

De acordo com Hodkinson (2005), é comumente observado uma correlação negativa da abundância dos insetos com o aumento da altitude, o que corrobora a correlação entre temperatura, altitude e abundância dos Syrphidae aqui apresentada. Por outro lado, De Groot e Kogoj (2015) demonstram que a abundância de *Cheilosia fasciata* (Diptera: Syrphidae) aumentou com a altitude mesmo a temperatura tendo um efeito negativo na abundância da espécie, o que evidencia o quão é incipiente o conhecimento sobre a resposta das espécies de insetos aos gradientes altitudinais e sua relação com a temperatura. Todavia, os padrões de abundância dos Syrphidae parecem ser mais afetados por altas temperaturas quando as temperaturas históricas são examinadas (TERRY; NELSON, 2017)(TERRY; NELSON, 2017).

É importante salientar que nenhum desses trabalhos aqui citados foram realizados em área de Cerrado *sensu stricto* e Mata de Galeria, sendo áreas com fisionomias diferentes, o que deixa vago melhores hipóteses e discussões para o resultado aqui encontrado. Isso sugere a realização de mais estudos acerca da influência desses fatores na abundância de espécies, principalmente em áreas de Cerrado, para encontrar hipóteses cabíveis que expliquem o porquê desse tipo de correlação.

Dado o exposto, este estudo fornece uma informação ecológica abrangente sobre as espécies de Syrphidae em áreas de preservação, verificando-se que a comunidade de Syrphidae é regulada pelo local de coleta, ou seja, o tipo de fitofisionomia influenciou a diversidade desse grupo. Este último parâmetro também foi influenciado pelo tipo de armadilha e por condições ambientais como temperatura. Entretanto, mais estudos devem ser desenvolvidos para se investigar a correlação desses fatores e outros na composição de espécies dessa família, pois estudos sobre o grupo nesses ambientes ainda são muito escassos para uma discussão mais robusta da biodiversidade e conseqüentemente, a conservação dos mesmos.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho respondeu às perguntas específicas elaboradas para esse estudo apresentando resultados sobre a composição e diversidade das espécies de sirfídeos nos ecossistemas de Cerrado e Mata Atlântica através de diferentes parâmetros de diversidade. Além disso, mostrou que houve diferença significativa da diversidade entre os dois locais e da temperatura e tipo de armadilha quanto a abundância dos espécimes.

Foram encontrados 442 espécimes, distribuídos em 66 espécies de Syrphidae nas duas diferentes áreas da RBUB (Cerrado e Mata Atlântica), sendo 279 deles capturados com armadilha de interceptação de voo e 163 capturados por busca ativa. A partir desses resultados, pode-se verificar que a armadilha passiva apresentou melhor desempenho na captura de sirfídeos, o que torna esse tipo de amostragem mais perspicaz para a coleta do grupo na área estudada. As curvas de rarefação, interpolação e extrapolação mostram que o número de espécies cresce exponencialmente de acordo com o aumento no número de amostras, entretanto sugerem a necessidade de mais amostragens.

A subfamília Syrphinae apresentou o maior número de espécies coletadas e a maior frequência relativa. O gênero mais abundante foi *Toxomerus* contento também as 2 espécies mais abundantes, *T. lacrymosus* e *T. laenas* que são pertencentes a essa subfamília. Visto isso, conclui-se que essa subfamília tem uma grande contribuição na comunidade de Syrphidae nas áreas estudadas. Além do mais, *T. lacrymosus* revelou-se relevante na composição da comunidade, juntamente com *Salpingogaster nigra* que também é representante dessa subfamília.

A área de Cerrado apresentou a maior abundância de espécimes de Syrphidae, enquanto que a área de Mata Atlântica exibiu a maior riqueza e índice de diversidade. Sabe-se que isso está atrelado ao fato de que a quantidade de espécimes de Syrphidae estão relacionados a quantidade de recursos disponíveis no ambiente, enquanto que a riqueza está ligada a diversidade desses recursos.

Quanto as variáveis abióticas, a temperatura foi significativa na abundância e composição da comunidade, tendo correlação negativa, demonstrando que temperaturas muito altas afetam negativamente a quantidade de espécimes a serem coletados, mas é necessário estar atento a outros fatores que correspondem indiretamente a esse fato, como a influência da temperatura a quantidade e qualidade de recursos necessários para o desenvolvimento das espécies dessa família. Embora não possamos determinar a relação entre a abundância dos

mesmos com a temperatura, foi possível identificar que eles aparentam ter menos capacidade de lidar com meses mais quentes e secos.

A partir das avaliações desse estudo, conclui-se que a preservação de ambas as áreas é importante para a manutenção das espécies de Syrphidae no local, o que exerce uma relação favorável para a conservação, visto que os sirfídeos desempenham papel ecológico importante nas comunidades que estão presentes. É importante ressaltar a necessidade de mais estudos acerca dessa família, pois sua influência dentre os fatores bióticos e abióticos da comunidade que fazem parte ainda são escassos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES DA MATA, R.; TIDON, R. The relative roles of habitat heterogeneity and disturbance in drosophilid assemblages (Diptera, Drosophilidae) in the Cerrado. **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 6, p. 663–670, nov. 2013. doi: 10.1111/icad.12020.
- ARRHENIUS, O. Species and Area. **Journal of Ecology**, v. 9, n. 1, p. 95–99, 1921.
- AUGUSTO, L. F. C. **Composição da fauna de moscas (Diptera , Brachycera) com ênfase em Stratiomyidae e Asilidae em duas fitofisionomias de Cerrado**. 2019. Universidade de Brasília, 2019.
- BABAEI, M. R.; ASGHAR FATHI, S. A.; GILASIAN, E.; BARIMANI VARANDI, H. Floral preferences of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in response to the abundance and species richness of flowering plants. **Zoology in the Middle East**, v. 64, n. 3, p. 228–237, 2018. doi: 10.1080/09397140.2018.1484010.
- BARTOŃ, K. Multi-Model Inference - MuMIn. **R Package Version 1.43.17**, 2020.
- BASHIR, M. A.; SAEED, S.; SAJJAD, A. Seasonal variations in abundance and diversity of insect pollinator in forest ecosystems of Southern Punjab Pakistan. **Pure and Applied Biology**, v. 4, n. 3, p. 441–452, 2015.
- BORGES, Z. M.; COURI, M. S. Revision of *Toxomerus* Macquart, 1855 (Diptera: Syrphidae) from Brazil with synonymic notes, identification key to the species and description of three new species. **Zootaxa**, v. 2179, p. 1–72, 2009.
- BURGIO, G.; SOMMAGGIO, D. Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 120, n. 2–4, p. 416–422, 2007. doi: 10.1016/j.agee.2006.10.021.
- CAMPOS, A. M.; MATAVELLI, R.; DOS SANTOS, C. L. C.; MORAES, L. S.; REBÊLO, J. M. M. Ecology of Phlebotomines (Diptera: Psychodidae) in a Transitional Area Between the Amazon and the Cerrado in the State of Maranhão, Brazil. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 52–58, 1 jan. 2013. doi: 10.1603/ME12074.
- CHENG, X.-Y.; THOMPSON, C. A generic conspectus of the Microdontinae (Diptera: Syrphidae) with the description of two new genera from Africa and China. **Zootaxa**, p. 21–48, 2008.
- COLWELL, R. K.; CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; LIN, S.-Y.; MAO, C. X.; CHAZDON, R. L.; LONGINO, J. T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v. 5, n. 1, p. 3–21, 1 mar. 2012. doi: 10.1093/jpe/rtr044.
- DE GROOT, M.; KOGOJ, M. Temperature, leaf cover density and solar radiation influence the abundance of an oligophagous insect herbivore at the southern edge of its range. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, n. 5, p. 891–899, 2015. doi: 10.1007/s10841-015-9806-1.
- DE SOUZA, J. M. T.; MARINONI, R. C.; MARINONI, L. Open and disturbed habitats support higher diversity of syrphidae (Diptera)? a case study during three yr of sampling in a fragment of araucaria forest in southern Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2014. doi: 10.1093/jisesa/ieu098.
- DJELLAB, S.; MEBARKIA, N.; NEFFAR, S.; CHENCHOUNI, H. Diversity and phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in pine forests (*Pinus halepensis* Miller) of Algeria.

**Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 22, n. 3, p. 766–777, set. 2019. doi: 10.1016/j.aspen.2019.05.012.

DUNN, L.; LEQUERICA, M.; REID, C. R.; LATTY, T. Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. **Pest Management Science**, v. 76, n. 6, p. 1973–1979, 2020. doi: 10.1002/ps.5807.

ELPINO-CAMPOS, Á.; DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 685–692, 2007. doi: 10.1590/S1519-566X2007000500008.

FIGUEIRÓ, R.; GIL-AZEVEDO, L. H.; MAIA-HERZOG, M.; MONTEIRO, R. F. Diversity and microdistribution of black fly (Diptera: Simuliidae) assemblages in the tropical savanna streams of the Brazilian cerrado. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 107, n. 3, p. 362–369, 2012. doi: 10.1590/S0074-02762012000300011.

FRASER, S. E. M.; DYTHAM, C.; MAYHEW, P. J. The effectiveness and optimal use of Malaise traps for monitoring parasitoid wasps. **Insect Conservation and Diversity**, v. 1, n. 1, p. 22–31, fev. 2008. doi: 10.1111/j.1752-4598.2007.00003.x.

GONÇALVES, J. A.; GROSSI, P. C.; TOGNI, P. H. B.; OLIVEIRA, C. M.; FRIZZAS, M. R. The genus *Cyclocephala* Dejean (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in Brazil: diversity and spatio-temporal distribution. **Journal of Insect Conservation**, v. 24, n. 3, p. 547–559, 2020. doi: 10.1007/s10841-020-00230-6.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity : procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 2001, p. 379–391, 2001.

HODKINSON, I. D. Terrestrial insects along elevation gradients: Species and community responses to altitude. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 80, n. 3, p. 489–513, 2005. doi: 10.1017/S1464793105006767.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. Interpolation and Extrapolation for Species Diversity - iNEXT. **R Package Version 2.0.20**, 2020.

JAUKER, F.; DIEKÖTTER, T.; SCHWARZBACH, F.; WOLTERS, V. Pollinator dispersal in an agricultural matrix: Opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. **Landscape Ecology**, v. 24, n. 4, p. 547–555, 2009. doi: 10.1007/s10980-009-9331-2.

JORDAENS, K.; GOERGEN, G.; KIRK-SPRIGGS, A. H.; VOKAER, A.; BACKELJAU, T.; MEYER, M. DE. A second New World hoverfly, *Toxomerus floralis* (Fabricius) (Diptera: Syrphidae), recorded from the Old World, with description of larval pollen-feeding ecology. **Zootaxa**, v. 4044, n. 4, p. 567, 20 nov. 2015. doi: 10.11646/zootaxa.4044.4.6.

JORGE, C. M.; MARINONI, L.; MARINONI, R. C. Diversidade de Syrphidae (Diptera) em cinco áreas com situações florísticas distintas no Parque Estadual Vila Velha em Ponta Grossa, Paraná. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, n. 4, p. 452–460, dez. 2007. doi: 10.1590/S0073-47212007000400015.

KIRST, F. D.; MARINONI, L.; KRÜGER, R. F. What does the Southern Brazilian Coastal Plain tell about its diversity ? Syrphidae (Diptera) as a model. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 645–657, 2017. doi: 10.1017/S0007485317000128.

- LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWELL, R. K. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. **Ecological Society of America**, v. 83, n. 3, p. 689–702, 2002. doi: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0689:TAFOAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0689:TAFOAT]2.0.CO;2).
- LUCAS, A.; BULL, J. C.; DE VERE, N.; NEYLAND, P. J.; FORMAN, D. W. Flower resource and land management drives hoverfly communities and bee abundance in seminatural and agricultural grasslands. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 19, p. 8073–8086, 2017. doi: [10.1002/ece3.3303](https://doi.org/10.1002/ece3.3303).
- MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988.
- MARINONI, L.; THOMPSON, F. . Flower flies of southeastern Brazil (Diptera: Syrphidae). Part I. Introduction and new species. **Studia Dipterologica**, 2004.
- MARINONI, L.; BONATTO, S. R. Sazonalidade de três espécies de Syrphidae (Insecta, Diptera) capturadas com armadilha Malaise no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 95–104, 2002. doi: [10.1590/s0101-81752002000100007](https://doi.org/10.1590/s0101-81752002000100007).
- MARRIS, E. The forgotten ecosystem. **Nature**, v. 437, n. 7061, p. 944–945, 12 out. 2005. doi: [10.1038/437944a](https://doi.org/10.1038/437944a).
- MARTINS, E.; NEVES, J. A.; MORETTI, T. C.; GODOY, W. A. C.; THYSSEN, P. J. Breeding of *Ornidia obesa* (Diptera: Syrphidae: Eristalinae) on Pig Carcasses in Brazil. **Journal of Medical Entomology**, v. 47, n. 4, p. 690–694, 1 jul. 2010. doi: [10.1093/jmedent/47.4.690](https://doi.org/10.1093/jmedent/47.4.690).
- MAXWELL, S. L.; FULLER, R. A.; BROOKS, T. M.; WATSON, J. E. M. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. **Nature**, v. 536, n. 7615, p. 143–145, 10 ago. 2016. doi: [10.1038/536143a](https://doi.org/10.1038/536143a).
- MEDEIROS, H. R.; HOSHINO, A. T.; RIBEIRO, M. C.; MORALES, M. N.; MARTELLO, F.; NETO, O. C. P.; CARSTENSEN, D. W.; DE OLIVEIRA MENEZES JUNIOR, A. Non-crop habitats modulate alpha and beta diversity of flower flies (Diptera, Syrphidae) in Brazilian agricultural landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 6, p. 1309–1326, 2018. doi: [10.1007/s10531-017-1495-5](https://doi.org/10.1007/s10531-017-1495-5).
- MEDEIROS, H. R.; MARTELLO, F.; ALMEIDA, E. A. B.; MENGUAL, X.; HARPER, K. A.; GRANDINETE, Y. C.; METZGER, J. P.; RIGHI, C. A.; RIBEIRO, M. C. Landscape structure shapes the diversity of beneficial insects in coffee producing landscapes. **Biological Conservation**, v. 238, n. June, p. 108193, out. 2019. doi: [10.1016/j.biocon.2019.07.038](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.038).
- MELO, A. S. O que ganhamos ‘ confundindo ’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade ? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21–27, 2008.
- MENGUAL, X.; STÅHLS, G.; ROJO, S. Is the mega-diverse genus *Ocyptamus* (Diptera, Syrphidae) monophyletic? Evidence from molecular characters including the secondary structure of 28S rRNA. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 62, n. 1, p. 191–205, 2012.
- MEYER, B.; JAUKER, F.; STEFFAN-DEWENTER, I. Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. **Basic and Applied Ecology**, v. 10, p. 178–186, 2009. doi: [10.1016/j.baae.2008.01.001](https://doi.org/10.1016/j.baae.2008.01.001).
- MITRA, B.; GHOSH, J.; CHAKRABORTI, U.; BISWAS, O.; ROY, S. Entomofaunal

diversity of Bhibhuti Bhusan wild life. **Journal of Global Biosciences**, v. 4, n. 7, p. 2795–2807, 2015.

MN, M.; L, M. **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. . Acesso em: 13 nov. 2020.

MONTOYA, A. L.; PÉREZ, S. P.; WOLFF, M. The diversity of flower flies (Diptera: Syrphidae) in Colombia and their Neotropical distribution. **Neotropical entomology**, v. 41, n. 1, p. 46–56, 2012.

MORALES, M. N.; KÖHLER, A. Comunidade de Syrphidae (Diptera): diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 1, p. 41–49, 2008a. doi: 10.1590/s0085-56262008000100008.

MORALES, M. N.; KÖHLER, A. Comunidade de Syrphidae (Diptera): Diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 1, p. 41–49, 2008b. doi: 10.1590/S0085-56262008000100008.

NOVOTNÝ, V.; BASSET, Y. Rare species in communities of tropical insect herbivores: Pondering the mystery of singletons. **Oikos**, v. 89, n. 3, p. 564–572, 2000. doi: 10.1034/j.1600-0706.2000.890316.x.

NUNES-SILVA, P.; CORDEIRO, G. D.; OBREGON, D.; NETO, J. F. L.; THOMPSON, F. C.; VIANA, B. F.; FREITAS, B. M.; G. KEVAN, P. Pollenivory in larval and adult flower flies: pollen availability and visitation rate by *Toxomerus politus* SAY (Diptera: Syrphidae) on sorghum *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH (Poaceae). **Studia dipterologica**, v. 17, p. 177–185, 2010.

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. Community Ecology Package: Ordination, Diversity and Dissimilarities. **Package Version 2.5-7**, p. 264, 2020.

OLIVEIRA, M. R. V. de; AMANCIO, E.; LAUMANN, R. A.; GOMES, L. de O. Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasília, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 151–154, jan. 2003. doi: 10.1590/S1519-566X2003000100023.

OLIVEIRA, M. R. V. de; SANTOS, E. A. dos. Biologia de *Allograpta exotica* (Wiedemann), *Toxomerus lacrymosus* (Bigot) (Diptera, Syrphidae) e de *Nephaspis hydra* Gordon (Coleoptera, Coccinellidae), predadores de ovos da mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (He. **Comunicado Técnico, Embrapa**, v. 123, p. 1–14, 2005.

OWEN, J. The ecology of a garden: the first fifteen years. **Cambridge University Press**, 1991.

PEREIRA, G. J. .; VOLPATO, M. M. . Levantamento das características bióticas e abióticas da área do Boqueirão. **Pro Homine**, v. 4, p. 27–34, 2005.

PIRES, E. P.; POMPEU, D. C.; SOUZA-SILVA, M. Nidificação de vespas e abelhas solitárias (Hymenoptera: Aculeata) na reserva biológica Boqueirão, Ingaí, Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 302–311, 2012.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing** Vienna, Austria, 2020. .

REEMER, M. Review and phylogenetic evaluation of associations between Microdontinae

- (Diptera: Syrphidae) and ants (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche (London)**, v. 2013, 2013. doi: 10.1155/2013/538316.
- REEMER, M. A review of Microdontinae (Diptera: Syrphidae) of Surinam, with a key to the Neotropical genera. **Tijdschrift voor Entomologie**, v. 157, n. 1, p. 27–57, 2014. doi: 10.1163/22119434-00002035.
- ROJO, S.; GILBERT, F.; MARCOS-GARCÍA, M. A.; NIETO, J. M.; MIER, M. P. A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. **Centro Iberoamericano de la Biodiversidad**, p. 319, 2003.
- ROTHERAY, G. E.; HANCOCK, G.; HEWITT, S.; HORSFIELD, D.; MACGOWAN, I.; ROBERTSON, D.; WATT, K. The Biodiversity and Conservation of Saproxylic Diptera In Scotland. **Journal of Insect Conservation**, v. 5, p. 77–85, 2001. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1011329722100>.
- RUIZ-TOLEDO, J.; VANDAME, R.; PENILLA-NAVARRO, P.; GÓMEZ, J.; SÁNCHEZ, D. Seasonal abundance and diversity of native bees in a patchy agricultural landscape in Southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 292, n. June 2019, p. 106807, abr. 2020. doi: 10.1016/j.agee.2019.106807.
- SÁNCHEZ-BAYO, F.; WYCKHUYS, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. **Biological Conservation**, v. 232, p. 8–27, abr. 2019. doi: 10.1016/j.biocon.2019.01.020.
- SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology: An Ecosystem Approach**. [s.l.: s.n.]v. 2
- SOMMAGGIO, D. Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 74, p. 343–356, 1999.
- SOUZA, I. L.; TOMAZELLA, V. B.; SANTOS, A. J. N.; MORAES, T.; SILVEIRA, L. C. P. Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 4, p. 603–611, 2019. doi: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.185417>.
- TERRY, T. J.; NELSON, C. R. Composition and Seasonal Abundance of Hover Flies (Diptera: Syrphidae) at a Midelevation Site in Central Utah. **Western North American Naturalist**, v. 77, n. 4, p. 487–499, dez. 2017. doi: 10.3398/064.077.0409.
- THOMPSON, F.; ROTHERAY, G.; ZUMBADO, M. Syrphidae (Flower flies). In: BROWN, B. . ET AL (Ed.). **Manual of Central American Diptera**. 2. ed. Ottawa: NRC-CNRC Research Press, 2010. p. 763–792.
- VERÍSSIMO, B. A.; AUAD, A. M.; OLIVEIRA, C. M.; PAIVA, I. G. Seasonality of predatory insects (Diptera: Syrphidae and Asilidae) in pasture monoculture and silvopastoral systems from Southeast Brazil. **International Journal of Tropical Insect Science**, 14 out. 2020. doi: 10.1007/s42690-020-00276-8.
- VERÍSSIMO, B. A.; AUAD, A. M.; SILVA, S. E. B.; SILVA, G. B. Da. Biology and Olfactory Response of *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Syrphidae). **Florida Entomologist**, v. 101, n. 4, p. 702–704, 2018. doi: 10.1653/024.101.0412.
- VOCKEROTH, J.; THOMPSON, F. Family Syrphidae. In: MCALPINE, J. (Ed.). **Manual of Nearctic Diptera**. 2. ed. Ottawa: Research Branch Agriculture Canada, 1987. p. 675–1332.
- WALTON, N. J.; ISAACS, R. Influence of Native Flowering Plant Strips on Natural Enemies

and Herbivores in Adjacent Blueberry Fields. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 3, p. 697–705, 1 jun. 2011. doi: 10.1603/EN10288.

WAN, Z. MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide Collection-5. **ICESSE, University of California, Santa Barbara**, 2007.