

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

ELIZABETH MOREIRA RODRIGUES

ESTÁGIOS IMATUROS DE PLYADINI (LEPIDOPTERA, GEOMETRIDAE) E SEUS
PARASITOIDES ASSOCIADOS A *Myrsine umbellata* Mart. (PRIMULACEAE) EM
ÁREAS DE CERRADO EM SÃO CARLOS, SP

SÃO CARLOS - SP

- 2023 -

Elizabeth Moreira Rodrigues

Estágios imaturos de Palyadini (Lepidoptera, Geometridae) e seus parasitoides associados a *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) em áreas de Cerrado em São Carlos, SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestra em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Angélica Maria Penteadó Martins Dias

SÃO CARLOS - SP

- 2023 -

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Mestrado da candidata Elizabeth Moreira Rodrigues, realizada em 17/07/2023:

Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho
Orientador

Dr^a. Denise Scatolini
Prefeitura Municipal de São Carlos

Prof^a. Dr^a. Carolina Reigada Montoya
Universidade Federal de São Carlos

Dedico esse trabalho aos meus pais, Adriana e Jorge Onofre, por estarem do meu lado em todos os momentos e por me incentivarem a seguir sempre em frente mesmo diante das adversidades.

Agradecimentos

- Ao Prof. Dr. Manoel Martins Dias Filho pela orientação, ensinamentos, confiança, liberdade em mim depositada e pelas identificações dos Lepidoptera;
- À Prof^a. Dr^a. Angélica Maria Penteado-Dias pela coorientação, carinho, incentivo, sugestões de melhorias e pelas identificações dos Hymenoptera parasitoides;
- Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN) pela oportunidade de realização do Mestrado;
- A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pelo INCT HYMPAR pela concessão da bolsa de estudo;
- Ao técnico Airton Santos Soares, do DEBE da UFSCar, pelo auxílio nas coletas;
- A técnica Luciana Bueno dos Reis Fernandes, do DEBE da UFSCar, pelas fotografias e edições dos exemplares;
- À Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima Freitas, do Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, pela identificação das plantas hospedeiras;
- Aos colegas de laboratório do HYMPAR, em especial a Bianca, Thiago (*in memoriam*), Thaís, Júlia, Vera, Ynaê, Dora, Rafael e Suzan pela agradável convivência e apoio durante todo o período de desenvolvimento deste trabalho;
- A minha família e amigos, que mesmo de longe continuaram me incentivando e me transmitindo muito amor;
- Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões;

RESUMO

As interações tritróficas são aquelas que envolvem relações entre três níveis tróficos: produtor, consumidor primário e consumidor secundário. São consideradas complexas, visto que envolvem mecanismos de regulação físico-químicos, além de alta dependência ou susceptibilidade entre si. Dessa forma, alterações no hábitat ou em outras condições de vida de qualquer um desses grupos podem provocar desequilíbrio que se estenderá aos demais. O Bioma Cerrado, segundo maior Bioma da América do Sul, é constituído principalmente por savanas. Devido à ação do homem, principalmente através de incêndios criminosos, o Bioma passa por grandes modificações, afetando muitas espécies. A espécie *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) (produtor), em abundância no Bioma Cerrado, possui importância ecológica, sendo indicada para a recuperação de áreas degradadas de campo ou de vegetação secundária por ser pioneira. A família Primulaceae, de acordo com a literatura, apresenta grande associação com larvas de Palyadini (Geometridae: Ennominae) (consumidor primário), enquanto que os Hymenoptera parasitoides (consumidor secundário) destacam-se por controlar populações de outros insetos que interferem nas cadeias tróficas. No entanto, estudos envolvendo o conhecimento taxonômico e bionômico com relação à fauna neotropical de Lepidoptera (Geometridae) e Hymenoptera parasitoides associados à família Primulaceae são escassos. Assim, este trabalho teve por objetivo caracterizar os estágios imaturos de espécies de Geometridae neotropicais associadas a plantas de *Myrsine umbellata* (Primulaceae) coletadas em áreas de Cerrado da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP - Brasil, visando o conhecimento taxonômico e bionômico do grupo; a fim de contribuir para o conhecimento dos estágios imaturos dos Palyadini (Geometridae: Ennominae), incluindo sua morfologia, aspectos bionômicos e parasitoides associados. Como resultados, as áreas apresentaram riqueza de larvas de Geometridae igual a 496 indivíduos, onde as espécies *Phrygionis polita* Cramer, 1780 e *Argyrotope paraguayaria* Schaus, 1927 apresentaram maior abundância e maior índice de parasitismo, respectivamente. *Glyptapanteles* sp. (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) e *Euplectrus* sp. (Hymenoptera, Eulophidae), de hábito gregário, foram os gêneros que apresentaram maior abundância de parasitoides adultos emergidos. Enquanto *Casitaria* spp. (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae) apresentou maior diversidade de morfoespécies. Ainda, obteve-se o primeiro registro de *Distatrix flavus* Rodrigues, Dias & Penteado-Dias, 2023. Por fim, as comunidades tanto de larvas Geometridae quanto de seus parasitoides presentes na área Cerrado Y da UFSCar, área de Cerrado preservado, apresentaram maior diversidade, conseqüentemente menores índices de equitabilidade quando comparadas as comunidades de larvas Geometridae e seus parasitoides presentes na área Trilha da Natureza, São Carlos, SP, área de Cerrado em recuperação após incêndio.

Palavra-chave: mariposas, larvas, parasitoides, Hymenoptera, Diptera.

ABSTRACT

Tritrophic interactions are those that involve relationships between three trophic levels: producer, primary consumer and secondary consumer. They are considered complex, since they involve physical-chemical regulatory mechanisms, in addition to high dependence or susceptibility to each other. Thus, changes in the habitat or in other living conditions of any of these groups can cause an imbalance that will extend to the others. The Cerrado biome, the second largest biome in South America, is mainly made up of savannas. Due to human action, mainly through arson, the biome undergoes major changes, affecting many species. The species *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) (producer), in abundance in the Cerrado Biome, has ecological importance, being indicated for the recovery of degraded areas of grassland or secondary vegetation because it is a pioneer. The Primulaceae family, according to the literature, is closely associated with Palyadini larvae (Geometridae: Ennominae) (primary consumer), while the Hymenoptera parasitoids (secondary consumer) stand out for controlling populations of other insects that interfere with food chains. However, studies involving taxonomic and bionomic knowledge regarding the Neotropical fauna of Lepidoptera (Geometridae) and Hymenoptera parasitoids associated with the Primulaceae family are scarce. Thus, this work aimed to characterize the immature stages of Neotropical Geometridae species associated with *Myrsine umbellata* (Primulaceae) collected in Cerrado areas of the Federal University of São Carlos, São Carlos, SP - Brazil, aiming at the taxonomic and bionomic knowledge of the group; in order to contribute to the knowledge of the immature stages of Palyadini (Geometridae: Ennominae), including their morphology, bionomic aspects and associated parasitoids. As a result, the areas presented a richness of Geometridae larvae equal to 496 individuals, where the species *Phrygionis polita* Cramer, 1780 and *Argyrotope paraguayaria* Schaus, 1927 presented greater abundance and higher parasitism index, respectively. *Glyptapanteles* sp. (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) and *Euplectrus* sp. (Hymenoptera, Eulophidae), with a gregarious habit, were the genera with the highest abundance of emerged adult parasitoids. While *Casinaria* spp. (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae) presented greater diversity of morphospecies. Also, the first record of *Distatrix flavus* Rodrigues, Dias & Penteado-Dias, 2023 was obtained. Finally, the communities of both Geometridae larvae and their parasitoids present in the Cerrado Y of UFSCar, a preserved Cerrado area, showed greater diversity, consequently lower levels of equitability when compared to the communities of Geometridae larvae and their parasitoids present in the Trilha da Natureza, São Carlos, SP, Cerrado area recovering after fire.

Keyword: moths, caterpillars, parasitoids, Hymenoptera, Diptera.

Lista de ilustrações

- Figura 1.** Venação das asas de Geometridae. A, Ennominae; B, Sterrhinae. Ilustração retirada de Costa Lima (1950).24
- Figura 2.** Áreas de coleta: Trilha da Natureza e Cerrado Y localizados na Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos, SP, com seus respectivos pontos de coletas representados pelos balões na cor azul. Fonte: Google Maps, 2022.30
- Figura 3.** Espécimes de *Myrsine umbellata* Mart. A, um dos pontos de coleta localizado na área Trilha da Natureza; B, um dos pontos de coleta localizado na área Cerrado Y da UFSCar, *Campus* São Carlos, SP. Fonte: arquivo pessoal.31
- Figura 4.** Método de coleta ativa utilizando guarda-chuva entomológico. A, coleta realizada pela autora na área Trilha da Natureza; B, coleta realizada pelo técnico Airton Santo Soares na área Cerrado Y da UFSCar, *Campus* São Carlos, SP. Fonte: arquivo pessoal.32
- Figura 5.** Tronco de *Myrsine umbellata* Mart., com sua casca externa na cor cinza-clara e variação da coloração da casca interna. A, cor do tronco interno recém-cortado; B, cor do tronco interno após 13 dias do corte da casca. Fonte: arquivo pessoal.....34
- Figura 6.** Amostras herborizadas de *Myrsine umbellata* Mart. representando suas folhas em diversos tamanhos, margem inteira, pericarpo espesso, denso em cavidades secretoras visíveis, com inflorescências (A) ou com frutos globosos (B). Fonte: arquivo pessoal.34
- Figura 7.** Inflorescências umbeliformes de *Myrsine umbellata* Mart. A, flores pistiladas; B, flores estaminadas; a, conjunto de flores; b, flor isolada; c, flor fechada. Fonte: arquivo pessoal.35
- Figura 8.** Riqueza de gêneros de larvas de Geometridae encontrada em espécimes da planta hospedeira *Myrsine umbellata* Mart. nas áreas Trilha da Natureza e

Cerrado Y da UFSCar coletados de Janeiro a Junho de 2022 na cidade de São Carlos, SP, Brasil.41

Figura 9. Abundância de larvas de Geometridae pertencentes à tribo Palyadini nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* em relação aos meses de coleta nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.42

Figura 10. Riqueza da comunidade ($q=0$) ou curva de rarefação para as duas comunidades: a área Trilha da Natureza (TN), em laranja, com 55 indivíduos representando 7 morfoespécies e a área Cerrado Y (Y) da UFSCar, São Carlos, SP, em azul, com 441 indivíduos coletados representando 23 morfoespécies diferentes. As curvas de rarefação foram montadas com base no método estatístico proposto em Chao & Jost (2012).44

Figura 11. Cobertura amostral ou curva do coletor ($q=0$), demonstrativo indica que o número de morfoespécies aumenta com o aumento no esforço amostral. Em laranja, a área Trilha da Natureza (TN) com 55 indivíduos representando 0.928 de cobertura amostral e, em azul, a área Cerrado Y (Y) da UFSCar, São Carlos, SP, com 441 indivíduos coletados representando 0.98 de cobertura amostral. As curvas de cobertura amostral foram montadas com base no método estatístico proposto em Chao & Jost (2012).44

Figura 12. Relação entre o número de larvas de Geometridae registradas nas áreas de estudo (Cerrado Y da UFSCar e Trilha da Natureza) e os meses nos quais essas coletas ocorreram (início de Janeiro a final de Junho).45

Figura 13. Comunidade de larvas Geometridae encontradas nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* na área de Cerrado conhecido como Trilha da Natureza (UFSCar, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022. Percentual de evento entre tornaram-se adultas (cor verde), serem parasitadas (cor vermelha) ou perecerem (cor cinza) em relação às espécies descritas. Os indivíduos de Geometridae coletados estão organizados de acordo com seus nomes em ordem alfabética.47

Figura 14. Número de larvas de Geometridae coletadas na área de Cerrado conhecido como Trilha da Natureza (UFSCar, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de <i>Myrsine umbellata</i>	47
Figura 15. Relação de ocorrência de evento para as espécies de Geometridae estudadas na Trilha da Natureza (UFSCAR, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de <i>Myrsine umbellata</i> : tornaram-se adultas, foram parasitadas ou pereceram.....	48
Figura 16. Comunidade de larvas Geometridae encontradas nas plantas hospedeiras de <i>Myrsine umbellata</i> na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Porcentual de evento entre tornaram-se adultas (cor verde), serem parasitadas (cor vermelha) ou perecerem (cor cinza) em relação às espécies descritas. Os indivíduos de Geometridae coletados estão organizados de acordo com seus nomes em ordem alfabética.....	49
Figura 17. Número de larvas de Geometridae coletadas na área de Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de <i>Myrsine umbellata</i>	50
Figura 18. Relação de ocorrência de evento para as espécies de Geometridae estudadas no Cerrado Y (UFSCAR, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de <i>Myrsine umbellata</i> : tornaram-se adultas, foram parasitadas ou pereceram.....	50
Figura 19. Larvas das espécies de Geometridae estudadas. A, <i>Argyrotope paraguayaria</i> ; B, <i>Glena demissaria</i> ; C, <i>Glena unipennaria</i> ; D, <i>Glena</i> sp.3; E, <i>Iridopsis</i> sp.; F, <i>Ischnopteris bifinita</i> ; G, <i>Melanolophia</i> sp.; H, <i>Microgonia pervulvata</i> ; I, <i>Opisthoxia</i> sp.; J, <i>Oxydia sociata</i> ; K, <i>Pero</i> sp.1; L, <i>Pero</i> sp.2; M= <i>Phrygionis polita</i> ; N, <i>Phrygionis privignaria</i> ; O, <i>Pleuroprucha asthenaria</i> ; P, <i>Prochoerodes onustaria</i> ; Q, <i>Prochoerodes</i> sp.2; R, <i>Prochoerodes</i> sp.3; S, <i>Thyrinteina arnobia</i>	55
Figura 20. Pupas das espécies de Geometridae estudadas. A, <i>Argyrotope paraguayaria</i> ; B, <i>Glena demissaria</i> ; C, <i>Glena unipennaria</i> ; D, <i>Ischnopteris bifinita</i> ; E, <i>Microgonia pervulvata</i> ; F, <i>Oxydia sociata</i> . G, <i>Phrygionis polita</i> ; H, <i>Phrygionis</i>	

privignaria; I, *Pleuroprucha asthenaria*; J, *Prochoerodes onustaria*; K, *Thyrinteina arnobia*.56

Figura 21. Adultos das espécies de Geometridae estudadas. A, *Argyrotope paraguayaria*; B, *Glena demissaria*; C, *Glena unipennaria*; D, *Ischnopteris bifinita*; E, *Microgonia pervulvata*; F, *Oxydia sociata*. G, *Phrygionis polita*; H, *Phrygionis privignaria*; I, *Pleuroprucha asthenaria*; J, *Prochoerodes onustaria*; K, *Thyrinteina arnobia*.57

Figura 22. Relação entre o número de indivíduos de parasitoides registrados em larvas de Geometridae em plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP no período de Janeiro a Junho de 2022, e sua emergência do casulo quando adultos.....59

Figura 23. Diversidade de parasitoides adultos registrados parasitando larvas de Geometridae em plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP no período de Janeiro a Junho de 2022. Onde Tachinidae representa os indivíduos pertencentes a ordem Diptera e os demais gêneros descritos são pertencentes à ordem Hymenoptera.....59

Figura 24. Diagrama representativo das espécies de larvas Geometridae utilizadas como hospedeiras pelas morfoespécies de parasitoides, encontradas associadas à *Myrsine umbellata* na área Trilha da Natureza, UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.....60

Figura 25. Diagrama representativo das espécies de Geometridae utilizadas como hospedeiras pelas morfoespécies de parasitoides, encontradas associadas à *Myrsine umbellata* na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.....61

Figura 26. Diagrama representativo dos gêneros de Geometridae utilizados como hospedeiros pelos parasitoides, encontrados associados à *Myrsine umbellata* nas

áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.....62

Figura 27. A–C:ciclo de Tachinidae mf1. A, parasitoide adulto em vista lateral; B, larva parasitada de gênero não identificado 2; C, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto. D–E,ciclo de Tachinidae mf2, onde D, parasitoide adulto em vista lateral; E, larva parasitada da espécie *Phrygonis polita* e o pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto. F–H:ciclo de Tachinidae mf3, onde F, parasitoide adulto em vista lateral; G, larva parasitada da espécie *Argyrotome paraguayaria*; H, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto.63

Figura 28. *Euplectrus* spp. A, *Euplectrus* sp.1, C, *Euplectrus* sp.2, E, *Euplectrus* sp.3. B, D, F, larva de *Phrygonis polita* ainda viva parasitada por *Euplectrus* sp.1 (B), *Euplectrus* sp.2 (D) e *Euplectrus* sp.3 (F).....65

Figura 29. *Cotesia* sp. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupários após a emergência dos parasitoides adultos; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.68

Figura 30. *Distatrix flavus*. A, fêmea adulta em vista lateral; B, fêmea adulta em vista dorsal; C, asas anteriores; D, cabeça vista frontal; E, pupário após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira de *Argyrotome paraguayaria* após emergência da larva parasitoide.69

Figura 31. *Glyptapanteles* sp.1. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário após a emergência do parasitoide adulto; F, corpo da larva hospedeira de *Opisthoxia* sp. após a emergência da larva parasitoide.....70

Figura 32. *Glyptapanteles* sp.2. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça em vista frontal; E, pupários após a emergência dos parasitoides adultos; F, larva de *Prochoerodes onustaria*, ainda viva, com os parasitoides.71

Figura 33. *Casinaria* sp.1. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.74

Figura 34. *Casinaria* sp.2. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas ; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.75

Figura 35. *Casinaria* sp.3. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.76

Figura 36. *Casinaria* sp.4. A. adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.77

Figura 37. *Charops lucianae*. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.78

Lista de tabelas

- Tabela 1.** Larvas de Geometridae coletadas durante o início de Janeiro e final de Junho de 2022 nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, no município de São Carlos, São Paulo - Brasil.....40
- Tabela 2.** Abundância das morfoespécies de Geometridae registrados durante o período de coleta, Janeiro a Junho de 2022, nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.42
- Tabela 3.** Comparação entre o número de morfoespécies e gêneros de larvas de Geometridae obtidas, excluindo os dados das larvas não identificadas, por Rodrigues (2023), presente trabalho; Geraldo (2011); Barros (2007); Osorio (2005) e Marconato (2001), todos trabalhos de dissertações de mestrado realizados nas áreas naturais da UFSCar, *Campus* São Carlos.....43
- Tabela 4.** Larvas de Geometridae parasitados e seus respectivos parasitoides registradas durante o início de Janeiro e final de Junho de 2022 nas áreas de Cerrado conhecidas popularmente como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, no município de São Carlos, São Paulo - Brasil.....58

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1.	Interações tritróficas	18
1.1.1.	Bioma Cerrado	19
1.1.2.	Família Primulaceae.....	20
1.1.3.	Ordem Lepidoptera	21
1.1.3.1.	Família Geometridae.....	22
1.1.3.2.	Subfamília Ennominae	23
1.1.3.3.	Tribo Palyadini.....	24
1.1.4.	Ordem Hymenoptera.....	25
1.1.4.1.	Família Eulophidae.....	26
1.1.4.2.	Família Braconidae	27
1.1.4.3.	Família Ichneumonidae	28
1.1.5.	Ordem Diptera.....	28
1.1.5.1.	Família Tachinidae	28
1.2.	Justificativa.....	29
1.3.	Objetivos	29
1.3.1.	Objetivo geral	29
1.3.2.	Objetivo específico.....	29
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1.	Local de estudo	30
2.2.	Planta hospedeira	32
2.3.	Atividades no laboratório.....	36
2.4.	Análise dos dados.....	36
2.4.1.	Perfil da fauna de Geometridae.....	36
2.4.2.	Curva de acumulação de espécies	37
2.4.3.	Índices de diversidade e equitabilidade.....	37
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1.	Diversidade de Geometridae nas áreas de Cerrado pesquisadas	39
3.1.1.	Área de Cerrado Trilha da Natureza UFSCar, São Carlos, SP	46
3.1.2.	Área de Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP	48

3.2.	Larvas de Geometridae coletadas	51
a)	Subfamília Ennominae	51
b)	Subfamília Sterrhinae.....	54
3.3.	Diversidade de parasitoides nas áreas de Cerrado estudadas	58
3.3.1.	Parasitoides descritos	63
a)	Família Tachinidae	63
b)	Família Eulophidae.....	64
c)	Família Braconidae (Microgastrinae).....	66
d)	Família Ichneumonidae (Campopleginae).....	72
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	Referências bibliográficas.....	80
	Anexo 1 - Artigo New Species of <i>Distatrix</i> Mason, 1981 (Hymenoptera: Braconidae) from Brazil, with biological notes.	87

1. INTRODUÇÃO

1.1. Interações tritróficas

O ecossistema é formado pelo conjunto estrutural e funcional dos seres vivos, ou seja, pela biodiversidade¹ e pelos fatores abióticos necessários para sua existência (Alho, 2012). Em função do elevado nível de perturbações antrópicas sobre os ecossistemas terrestres, a perda de biodiversidade representa um dos processos que já ultrapassou os limites aceitáveis para a manutenção da vida na Terra (Cardinale *et al.*, 2012). Muitos organismos são pouco conhecidos, em consequência, suas interações e importância para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas não estão plenamente caracterizadas. Esse desconhecimento taxonômico de grupos de invertebrados dificulta o entendimento da diversidade e função dos mesmos nos ciclos biológicos (Souza, 2012).

Uma das mais comuns e inevitáveis associações ecológicas do planeta é a interação entre plantas e insetos herbívoros (Abraham *et al.*, 2006; Forister *et al.*, 2015). A herbivoria pode provocar um impacto negativo no crescimento e sobrevivência de plantas ao restringir seu crescimento, afetando assim sua reprodução e, por consequência, reduzindo sua capacidade competitiva (Coley & Barone, 1996). Dessa forma, as interações tritróficas, aquelas que envolvem relação entre três níveis tróficos (produtor, consumidor primário, consumidor secundário), são benéficas as plantas. Visto que, nesse caso, envolvem as plantas, insetos herbívoros ou fitófagos (seus inimigos naturais) e insetos parasitoides que alteraram o desenvolvimento, tamanho e vigor dos insetos herbívoros (Vendramim, 2002). No entanto, as relações entre os três níveis tróficos são bastante complexas e envolvem mecanismos de regulação, devido à alta dependência ou susceptibilidade que exercem entre si (Marconato, 2001).

Sendo assim, para a maioria das espécies de artrópodes e seus inimigos naturais parasitoides, o componente mais significativo do habitat são as plantas nas quais vivem, se alimentam e das quais dependem, pois as características físicas e químicas e a distribuição das mesmas podem mediar às interações hospedeiro-parasitoides (Barbosa & Benrey, 1998). Além das várias características das plantas,

¹ Biodiversidade é o termo utilizado para designar a variedade de formas de vida em todos os níveis, incluindo os microorganismos, a flora e fauna, até mesmo os humanos, de um determinado lugar num dado momento (Alho, 2012).

como espinhos, pubescência, esclerofilia, mutualismo com formigas e abscisão precoce, que já foram identificadas como sendo defesas das populações vegetais contra os herbívoros (Coley & Barone, 1996); as plantas são capazes ainda de mediar interações entre o segundo e o terceiro nível trófico (Paré & Tumlinson, 1997), induzindo respostas sistêmicas ou restritas ao local da lesão (Arab & Bento, 2006) com a produção de compostos secundários que as tornam menos palatáveis aos herbívoros e por meio de compostos voláteis atraem os inimigos naturais dos herbívoros (de Moraes *et al.*, 1998; Holtz *et al.*, 2006). Os voláteis produzidos atuam como indicadores precisos aos inimigos naturais da presença de herbívoros (Holtz *et al.*, 2006) e representam um sinal confiável aos inimigos naturais na localização de seus hospedeiros (Paré & Tumlinson, 1997).

No entanto, os herbívoros adaptados que conseguem superar as barreiras impostas pelas plantas podem ter acesso a uma fonte de recursos pouco disputada (Ehrlich & Raven, 1964), podem, por exemplo, utilizar os próprios compostos secundários, que são tóxicos ou repelentes para insetos não adaptados, como pistas confiáveis na localização e/ou reconhecimento de plantas hospedeiras potenciais (Costa, 2004).

Devido a seus hábitos alimentares (herbivoria) quando larvas, os Lepidoptera acabam sendo descritos na literatura como pragas que comprometem a produção agrícola e os Hymenoptera, devido ao hábito de parasitarem outros artrópodes, como controladores de populações de outros insetos que interferem nas cadeias tróficas dos agroecossistemas. Tal interação desencadeia as pesquisas nas áreas de taxonomia e de biologia visando o uso de himenópteros parasitoides no controle biológico (Altieri *et al.*, 1984; Souza; *et al.*, 2022).

1.1.1. Bioma Cerrado

O Bioma Cerrado, savana mais rica em diversidade do mundo e o segundo maior Bioma do Brasil com uma área de cerca de 200 milhões de hectares, abrange 13 estados brasileiros, faz limite com a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica, a Caatinga e o Pantanal (Klink & Machado, 2005) e é considerado um dos 34 *hotspots*² para a conservação da biodiversidade no mundo (Myers *et al.*, 2000). Sua

² O conceito de *hotspot* é baseado no grau de endemismo e ameaça, sendo que o grau de ameaça é definido pela extensão de área natural perdida, que deve ser de pelo menos 70% de sua cobertura vegetal original (Lima, 2014).

paisagem é composta por um complexo vegetacional formado por: campo tropical (campo limpo), savana (campo sujo, campo Cerrado e Cerrado *sensu stricto*) e floresta estacional (Cerradão) (Batalha, 2011); o que inclui uma diversidade de plantas, cuja fitofisionomia varia entre árvores e pequenos arbustos, que corresponde à aproximadamente 20 a 70% da superfície vegetal (Brannstrom *et al.*, 2008). Possui uma alta biodiversidade, com cerca de um terço da diversidade do Brasil (Fernandes *et al.*, 2012). Devido ao clima tropical, apresenta uma estiagem que se prolonga por aproximadamente cinco meses que pode acarretar incêndios naturais quando a cobertura vegetal é altamente inflamável (Oliveira-Filho & Ratter, 2002).

No Cerrado, assim como em outras savanas, o fogo desempenha um papel fundamental na determinação da composição de espécies (Batalha, 2011) e sua vegetação possui adaptações ao fogo, como por exemplo, cascas espessas, xilopódios, folhas com cutículas densas e raízes profundas (Novaes *et al.*, 2013). No entanto, a prática de queimada, muito utilizada pelos agricultores para limpeza e preparo do solo antes do plantio, de maneira indiscriminada e sem acompanhamento, causa danos ao solo, como a eliminação de nutrientes essenciais às plantas e a morte de animais como anta, capivara, onça-pintada, onça-parda e preá. E o Bioma Cerrado vem sendo cada vez mais ocupado por cultivos de pastagens e lavouras (Silva & Bates, 2002; Klink & Machado, 2005). Em 2010, o Cerrado já produzia 40% do rebanho bovino brasileiro, grande parte da exportação, e metade da safra de grãos nacional (Fernandes & Pessôa, 2011).

A crescente ocupação humana do território e sua intensa capacidade de impactar o meio com o qual ela interage, trouxeram inúmeros danos ambientais ao Bioma como a degradação dos ecossistemas, a fragmentação de habitat, a extinção da biodiversidade, a invasão de espécies exóticas, entre outros (Klink & Machado, 2005).

1.1.2. Família Primulaceae

A família Primulaceae Batsch ex Borkh. (antiga família Myrsinaceae) pertencente à ordem Ericales é considerada monofilética, compreendendo as subfamílias Myrsinoideae, Primuloideae, Maesoideae e Theophrastoideae (APG IV, 2016; Freitas *et al.*, 2017). Com flores dicotiledôneas, a família é composta por cerca

de 53 gêneros divididos em aproximadamente 2.790 espécies e distribuídas principalmente em áreas com clima temperado (Xu & Chang, 2017).

Suas madeiras de coloração palha a marrom-escuro ou avermelhada apresentam pouca importância comercial (Pinheiro & Carmo, 1993) e são utilizadas normalmente na construção civil, produção de lenha e carvão (Backes & Irgang, 2002). Segundo Ogweno Midiwo *et al.* (2002), algumas plantas da família Primulaceae são amplamente utilizadas na medicina tradicional como anti-helmínticos e antibactericidas. A casca é importante fonte de tanino e o seu decocto é considerado remédio contra a lepra (Backes & Irgang, 2002).

A família ainda é utilizada em referências anteriores sobre plantas hospedeiras de Lepidoptera, como por Scoble (1995) que referiu-se aos gêneros *Ardisia* e *Myrsine* como plantas hospedeiras de três espécies de *Phrygionis*. Por Barros (2007) que estudou Geometridae associados à *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez (*Myrsine umbellata* conforme autores atuais), incluindo alguns Palyadini. Diniz *et al.* (2001) registraram duas espécies dessa mesma tribo associadas à Myrsinaceae. Espécies de Primulaceae na Costa Rica também foram citadas por Janzen & Hallwachs (2022) como hospedeiras de larvas de Palyadini.

O gênero *Myrsine* L., com 25 espécies registradas, sendo 15 consideradas endêmicas, é um dos gêneros mais diversos da família Primulaceae no Brasil (Freitas, 2020). Encontra-se distribuído por quase todo o Brasil, ausente apenas nos Estados de Rondônia, Tocantins, Piauí e Maranhão. No Bioma Cerrado há o registro de 15 espécies do gênero *Myrsine* (Freitas & Kinoshita, 2015): *Myrsine congesta* (Sw.) Pipoly, *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult., *Myrsine emarginella* Miq., *Myrsine gardneriana* A. DC., *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, *Myrsine lancifolia* Mart., *Myrsine leuconeura* Mart., *Myrsine matensis* (Mez) Otegui, *Myrsine monticola* Mart., *Myrsine parvifolia* A. DC., *Myrsine parvula* (Mez) Otegui, *Myrsine squarrosa* (Mez) M. F. Freitas & Kin.-Gouv., *Myrsine umbellata* Mart., *Myrsine venosa* A. DC., *Myrsine villosissima* Mart.

1.1.3. Ordem Lepidoptera

Monofilética, a ordem Lepidoptera, conhecida popularmente por borboletas e mariposas, apresenta como grupo irmão os Trichoptera (Kristensen *et al.*, 2007) e compõem a segunda maior diversidade de insetos do planeta Terra, sendo encontrados principalmente em locais tropicais (Lima, 1940). Seus representantes

são holometábolos, o que dá à prole a vantagem de não competir com os adultos por recursos alimentares já que seus nichos ecológicos são diferentes (Borror & DeLong, 1971). Os Lepidoptera constituem uma linhagem de organismos rica em espécies que apresentam dependência primária de Angiospermas, sendo considerados polinizadores, pois muitos adultos se alimentam do néctar de flores (Powell & Opler, 2009; New, 2013).

Os primeiros Lepidoptera conhecidos são do Período Jurássico (Chapman, 2013), mas estima-se que sua proliferação ocorreu no Cretáceo, há cerca de 100 milhões de anos, quando a ordem se desenvolveu e evoluiu em paralelo às plantas com flores (Angiospermas) (New, 2013). Pois, parte da diversidade da ordem pode ser atribuída à radiação de espécies associada às plantas com flores (Powell & Opler, 2009), assim como aos seus principais papéis ecológicos (New, 2013).

As larvas são na maioria herbívoras e devido esse hábito alimentar, quando em excesso em sistemas agrícolas, determinadas espécies são consideradas pragas agrícolas (Chapman, 2013). No entanto, o grupo representa importância ecológica no grupo de insetos desfolhadores (New, 2013). As mesmas têm a cabeça esclerotizada, hipognata ou prognata, antenas curtas triarticuladas e seis esternas laterais; as pernas torácicas possuem cinco artículos e uma garra tarsal; o abdome tem 10 segmentos, com pares de falsas pernas geralmente nos segmentos 3 a 6 e 10, neste as falsas pernas anais (Gullan *et al.*, 2007).

Os adultos se caracterizam por possuir geralmente uma espirotromba longa e formada pelas gáleas das maxilas (em repouso, é mantida enrolada entre os palpos labiais), olhos compostos, antenas multiarticuladas (de forma variável nas mariposas, por exemplo, pectinadas ou filiformes e clavadas nas borboletas); as asas são cobertas por uma camada de escamas (macrocerdas achatadas e modificadas), sendo as anteriores e posteriores acopladas por um frênulo, um jugo ou simples sobreposição na base (Gullan *et al.*, 2007).

1.1.3.1. Família Geometridae

São estimadas para a ordem Lepidoptera, 112.000 a 165.000 espécies descritas (Scoble, 1999). Os Geometridae, com distribuição cosmopolita e com aproximadamente 23.000 espécies descritas, representam a segunda família mais diversa da ordem Lepidoptera (Sihvonen *et al.*, 2011). Suas mariposas apresentam envergadura aproximada de 15 a 40 mm; o corpo é geralmente delgado, com asas

amplas, porém há espécies de corpo robusto; a coloração na maioria das espécies exhibe padrão críptico; os ovos são colocados isoladamente ou em grupos, em ramos ou folhas da planta hospedeira; as larvas se alimentam de uma ampla variedade de plantas e são eficientes desfolhadoras (Scoble, 1995).

A larva possui o corpo cilíndrico, com ou sem protuberâncias, corcovas ou filamentos; a cutícula é lisa ou granular e geralmente com dobras em forma de anéis, em cada segmento; em último instar tem tamanho pequeno a médio com 15 a 60 mm de comprimento (Stehr, 1987). Além das pernas torácicas, possuem geralmente pernas abdominais apenas nos segmentos 6 e 10 (Scoble, 1995). A ausência dos três pares anteriores de pernas abdominais ocasiona a locomoção característica de “mede-palms”, denominação popular dessas larvas. Apoiam as pernas torácicas e levam a parte posterior do corpo para frente, apoiando as pernas abdominais, formando uma alça (Redondo *et al.*, 2013). O gênero *Geometra* foi descrito por Linnaeus em 1758 com base nessa forma de locomoção e por isso a família foi denominada de Geometridae. As larvas geralmente encontram-se camufladas no ambiente e podem permanecer na planta em posição estendida, presas apenas por suas pernas abdominais e ficando semelhantes a um graveto (Scoble, 1995).

Com base na estrutura do órgão timpânico abdominal, no adulto, a família Geometridae é considerada um grupo monofilético (Cook & Scoble, 1992). Encontrase dividida nas subfamílias: Archiearinae, Ennominae, Oenochrominae, Geometrinae, Sterrhinae, Larentiinae, Alsophilinae, Orthostixinae e Desmobathrinae (Scoble, 1999). De acordo com Abraham *et al.* (2006), a partir de uma classificação morfológica, os Archiearinae são considerados grupo irmão de todos os demais Geometridae, ao passo que, por meio de análise molecular, essa posição é ocupada pelos Larentiinae, com os Archiearinae formando um clado junto aos Ennominae, Geometrinae e Alsophilinae.

1.1.3.2. Subfamília Ennominae

Quase metade das espécies de Geometridae pertence à subfamília Ennominae, um terço da qual ocorre na região Neotropical, com 3.400 espécies e 267 gêneros (Pitkin, 2002). A caracterização dessa subfamília baseia-se em formas adultas; estudos sobre estágios imaturos são escassos e muito limitados e poderiam contribuir para o entendimento do grupo. Geralmente são mariposas de tamanho

médio; nos machos, as antenas são filiformes ou bipectinadas e nas fêmeas, usualmente filiformes. A subfamília é composta por muitas tribos, cujas relações filogenéticas são apenas parcialmente conhecidas. Nas asas anteriores a nervura R1 é geralmente anastomosada com Sc; nas asas posteriores a nervura M2 é geralmente reduzida ou ausente e Sc aproxima-se bastante de Rs sem coalescer, na metade proximal da célula discal, raramente além do meio (R1, primeira nervura radial, Sc, nervura subcostal, M2, segunda nervura média, Rs, setor radial) (Fig. 1).

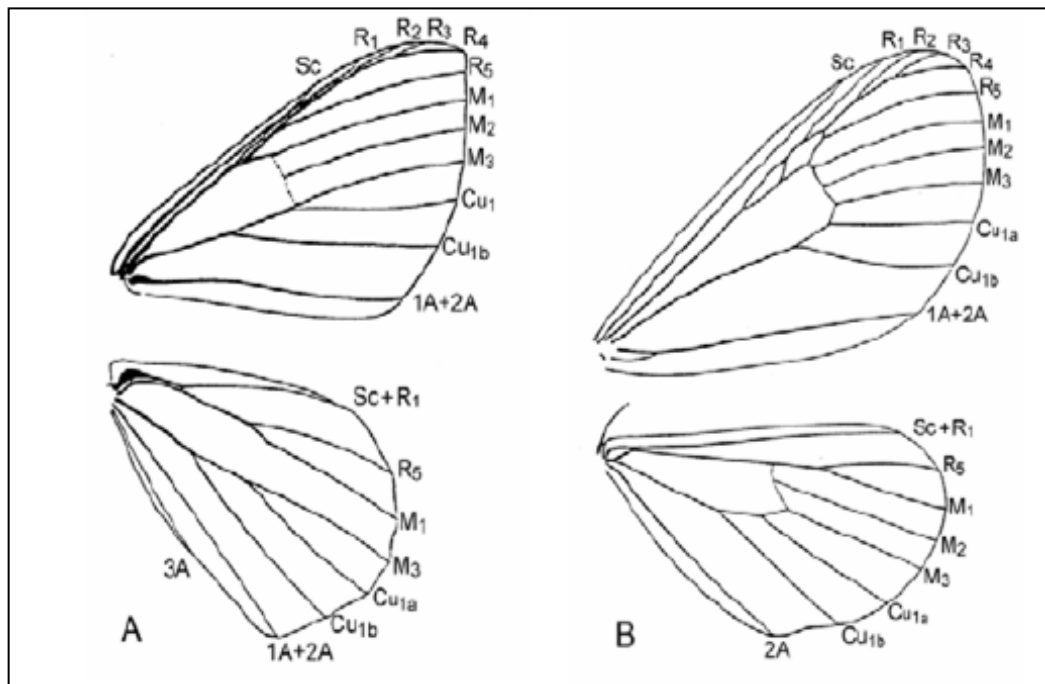


Figura 1. Venação das asas de Geometridae. A, Ennominae; B, Sterrhinae. Ilustração retirada de Costa Lima (1950).

1.1.3.3. Tribo Palyadini

Entre os grupos componentes dos Ennominae está a tribo Palyadini, exclusiva dos neotrópicos e com mariposas desprovidas de frênulo e retináculo no sistema de acoplamento das asas (Sihvonen *et al.*, 2011). Os estágios imaturos de Palyadini são muito pouco estudados, assim como aqueles da maioria dos Geometridae da fauna brasileira.

Entre as mais importantes obras já publicadas sobre os Geometridae destaca-se o catálogo de Scoble (1999), que compreende a fauna mundial, com a lista de todos os gêneros e espécies conhecidas, incluindo as respectivas sinônimas. Para cada espécie foram mencionados autor e data, referência bibliográfica original, material-tipo e local de depósito do mesmo. É atualmente uma publicação indispensável para o início de qualquer estudo sobre essa família, principalmente na

área da taxonomia. É possível também encontrar dados sobre os Geometridae do Brasil na publicação de Duarte *et al.* (2012), no capítulo referente aos Lepidoptera, envolvendo caracterização das subfamílias que ocorrem na fauna brasileira.

Scoble (1995) em revisão genérica dessa tribo descreveu um novo gênero, *Ophthalmoblysis* Scoble, 1995, com oito espécies incluídas; uma nova espécie desse gênero foi recentemente descrita por Garzón-Orduña (2019). Outros cinco gêneros fazem parte de Palyadini: *Palyas* Guenée, 1857, *Phrygionis* Hübner, [1825] 1816, *Pityeja* Walker, 1861, *Argyrotome* Warren, 1894 e *Opisthoxia* Hübner, [1825] 1816 (Scoble, 1999; Pitkin, 2002). As espécies de *Phrygionis* e *Pityeja* foram revistas em Scoble (1994).

1.1.4. Ordem Hymenoptera

Os Hymenoptera possuem alta diversidade e podem ser facilmente amostrados por diversos métodos (Souza *et al.*, 2022), além de serem sensíveis às mudanças no uso da terra, na qualidade do habitat e cumprirem importantes papéis ecológicos, por isso, sendo considerado um grupo chave para estabelecer prioridades de conservação (Perioto *et al.*, 2004). Grande parte das espécies desta Ordem ocorre em países de clima tropical ou subtropical, especificamente, Austrália, Brasil, Colômbia, China, Equador, Índia, Indonésia, Madagascar, Malásia, México, Peru e Zaire, mas têm sido pouco estudados nesses locais, com exceção para algumas espécies de importância econômica (Gauld, 2000).

Apresentam hábitos de alimentação diversificados, incluindo espécies fitófagas, entomófagas e aquelas que apresentam uma combinação de dois hábitos. As espécies entomófagas podem ser predadoras ou parasitoides, com variação ecológica e comportamental (Gauld, 2000). Dentro deste grupo, os parasitoides controlam as populações de outros insetos, como os Lepidoptera, que interferem nas cadeias tróficas da maioria dos agroecossistemas (Perioto *et al.*, 2004).

A seleção de hospedeiros pelos parasitoides envolve sinais químicos (vindos do hospedeiro e do seu habitat) e sinais físicos (sinais visuais como movimento, cor, estrutura da folha) (Godfray, 1994; Barbosa & Benrey, 1998). Entre os sinais visuais, dois exemplos podem ser citados: (1) os parasitoides utilizam o rastro deixado por insetos minadores, à vibração de substrato e o movimento do hospedeiro, para a localização deste; (2) substâncias açucaradas produzidas por alguns Hemiptera, que revelam sua presença e fornece alimento para os parasitoides; secreções

mandibulares e da glândula labial, principalmente de hospedeiros da ordem Lepidoptera, que representam uma fonte importante de substâncias atraentes de curto alcance (Godfray, 1994). Já as plantas podem fornecer sinais sobre a atual ou potencial localização do hospedeiro e sua disponibilidade como resultado direto da alimentação dos herbívoros (Barbosa & Benrey, 1998).

Os Hymenoptera são caracterizados, morfológicamente, por possuírem dois pares de asas membranosas unidas por fileira de ganchos quitinosos (hâmulos); asas posteriores menores que as anteriores; peças bucais mastigadoras ou mastigadoras-sugadoras; antenas, geralmente, com mais de 10 segmentos; tarsos, usualmente, com cinco segmentos; ovipositor podendo ser bem desenvolvido (com ou sem ferrão); metamorfose completa; larvas vermiformes ou eruciformes; pupas livres (no interior do casulo ou do hospedeiro ou em abrigos especiais); determinação do sexo pela fecundação do ovo (fêmeas diplóides ou haplóides e machos haplóides); partenogênese arrenótoca (machos haplóides) ou telítoca (fêmeas haplóides). Os principais caracteres utilizados para identificação dos Hymenoptera são: nervação das asas; caracteres das pernas (número de segmentos do trocânter; número e forma dos esporões tibiais, e forma dos segmentos do tarso) e as características das antenas, tórax e abdome (Gauld, 2000; Hanson & Gauld, 2006).

1.1.4.1. Família Eulophidae

A família Eulophidae é constituída predominantemente por parasitoides de estágios imaturos de Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera, sendo a terceira mais importante família de Chalcidoidea utilizada em programas de controle biológico (Hanson & Gauld, 1995), em pragas de diferentes culturas como a cana-de-açúcar, a couve, o abacate, o milho e o algodão (de Melo *et al.*, 2011). São comumente encontrados em todos os habitat, com mais de 4288 espécies em 294 gêneros descritos, onde 114 foram identificados no Neotrópico (Noyes, 2002).

Os representantes dessa família apresentam tarsos com 4 segmentos; antena geralmente com 2-4 segmentos funiculares, antena inserida na margem inferior do olho; esporão tibial anterior curto e reto; metassoma constricto na base; veia marginal longa, várias vezes tão longa quanto larga e estendendo-se até a metade do comprimento da asa anterior, veias estigmais e pós-marginais frequentemente curtas. E os machos possuem geralmente antenas ramificadas (Schauff *et al.*, 2006).

1.1.4.2. Família Braconidae

A família Braconidae está presente praticamente em todos os hábitat terrestres, sobretudo em áreas úmidas e bosques, além de serem muito frequentes em espaços grandes secos e abertos, apresentam hábito diurno, tamanho corporal pequeno a moderado e são capazes de voos direcionados (Whitfield, 1997). Os braconídeos distinguem-se das demais famílias de Hymenoptera parasitoide pela nervação mais numerosa na asa anterior, na qual a nervura 2m-cu está ausente e a Rs + M presente (Marinho *et al.*, 2011).

Dentre os grupos de hábito parasitoide, a família Braconidae (Hymenoptera) é uma das mais diversas, com ao menos 20.000 espécies descritas, divididas em 43 subfamílias e cerca de 1.100 gêneros (Yu *et al.*, 2016). As subfamílias neotropicais podem ser cenobiontes³ endoparasitoides⁴, idiobiontes⁵ ectoparasitoides⁶ ou cenobionte ectoparasitoide (Hanson & Gauld, 2006). A grande maioria consiste de parasitoides primários de estágios imaturos de Lepidoptera, Coleoptera e Diptera e, normalmente, estão associados a apenas um hospedeiro (Sharkey, 1993). Algumas espécies atacam ovos, pupas e até mesmo adultos de seus hospedeiros (Gauld & Bolton, 1996).

Os Microgastrinae constituem a maior subfamília dentre os Braconidae, com mais de 2.000 espécies com distribuição mundial, ocorrendo praticamente em todos os habitat (Whitfield, 1997). São endoparasitoides solitários⁷ ou gregários⁸ preferencialmente de larvas de Lepidoptera, ovipositando geralmente na larva de primeiro instar e emergindo em adiantado estágio de desenvolvimento da larva (Walker, 1996).

³ Os cenobiontes permitem que seus hospedeiros continuem seu desenvolvimento após a oviposição e só morram em uma fase mais adiantada (Costa & Perioto, 2017).

⁴ Endoparasitoide é aquele parasitoide que se alimenta e se desenvolve no interior do corpo do hospedeiro (Costa & Perioto, 2017).

⁵ As fêmeas idiobiontes, antes da oviposição, imobilizam ou matam o hospedeiro, que pode estar na fase de ovo, larva, pupa ou adulto. Assim, ao eclodir, a larva do parasitoide disporá de uma fonte de alimento indefesa (Costa & Perioto, 2017).

⁶ Ectoparasitoide é aquele parasitoide que se alimenta e se desenvolve no exterior do corpo do hospedeiro, em geral fixo ou inserido no sistema tegumentar do hospedeiro (Costa & Perioto, 2017).

⁷ Parasitoide solitário é aquele que quando há a oviposição de apenas um ovo parasitoide por hospedeiro (Costa & Perioto, 2017).

⁸ Parasitoide gregário é aquele que quando há a oviposição de mais de um ovo parasitoide por hospedeiro (Costa & Perioto, 2017).

1.1.4.3. Família Ichneumonidae

Ichneumonidae é considerada a família mais rica dentro da Ordem Hymenoptera, apresentando cerca de 25.300 espécies válidas distribuídas no mundo todo, mas se estima que possa ultrapassar 100 mil espécies (Yu *et al.*, 2016). Possui aproximadamente 44 subfamílias e 1.601 gêneros. Em sua maioria, são parasitoides primários de larvas e pupas de insetos holometábolos de Coleoptera, Diptera e Lepidoptera (Gauld, 1997). Quando adultos são muito ativos e demonstram ter grande eficiência na exploração de baixas densidades de hospedeiros (Onody, 2005).

Dentro da família Ichneumonidae, se encontra uma grande subfamília chamada Campopleginae (Goulet & Huber, 1993). Amplamente distribuída, são endoparasitoides cenobiontes solitários de larvas de outros insetos holometábolos (táxons já citados anteriormente) (Onody, 2005). São conhecidos principalmente por sua importância em programas de controle biológico.

1.1.5. Ordem Diptera

As larvas dos dípteros parasitoides são altamente especializadas para viver no interior de outros organismos, pois possuem peças bucais em forma de gancho que podem dilacerar tecidos vivos. Quando adultos, por possuírem antenas muito curtas, possuem capacidade reduzida para investigar o substrato à procura de hospedeiros. Por isso, apresentam órgãos sensoriais localizados nos tarsos. Ainda assim, não possuem a mesma eficiência quando comparados aos Hymenoptera parasitoides (Costa & Perioto, 2017).

1.1.5.1. Família Tachinidae

Dentre os Diptera parasitoides, a família Tachinidae é considerada a mais importante no controle biológico de pragas. Quase todas as espécies são endoparasitoides solitários de insetos holometábolos, não apresentam parasitoides secundários e geralmente depositam em ovos do hospedeiro nos quais a larva já está prestes a eclodir (Costa & Perioto, 2017).

1.2. Justificativa

Considerando que alterações no hábitat ou outras condições de vida de qualquer uma das classes dos três níveis tróficos (produtor–herbívoro–parasitoide) podem provocar desequilíbrio que se estenderá por todas as outras (Marconato, 2001) e que estudos sobre estágios imaturos de Lepidoptera são escassos, além de muito limitados (Pitkin, 2002). O conhecimento dos Lepidoptera (Geometridae) e Hymenoptera parasitoides associados à família Primulaceae em áreas de Cerrado hoje preservadas é de grande importância para que possam servir de parâmetro comparativo com áreas altamente ou parcialmente modificadas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

Caracterizar os estágios imaturos de Geometridae neotropicais associados a *Myrsine umbellata* Mart., coletados em áreas de Cerrado da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil, visando o conhecimento taxonômico e bionômico, bem como a riqueza e a diversidade dos grupos envolvidos.

1.3.2. Objetivo específico

Contribuir para o conhecimento dos estágios imaturos dos Palyadini (Geometridae, Ennominae) em área de Cerrado conservado e em fragmento em recuperação, incluindo sua morfologia, aspectos bionômicos e parasitoides associados a seu ciclo de vida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de estudo



Figura 2. Áreas de coleta: Trilha da Natureza e Cerrado Y localizados na Universidade Federal de São Carlos, *Campus São Carlos*, SP, com seus respectivos pontos de coletas representados pelos balões na cor azul. Fonte: Google Maps, 2022.

As coletas quinzenais aconteceram entre os meses de Janeiro e Junho de 2022, nas áreas de Cerrado *sensu stricto* e mata de galeria do município de São Carlos, contígua ao Cerrado da Universidade Federal de São Carlos, SP, ora tratadas como Cerrado Y da UFSCar e Trilha da Natureza (Fig. 2). O clima da região, pela classificação de Köppen é do tipo Cwa (tropical de altitude). Existem duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa, normalmente entre os meses de Outubro a Março e um período seco, entre os meses de Abril a Setembro. No período seco há grande possibilidade de propagação de fogo quando ocorrem incêndios naturais e/ou criminosos (Silva *et al.*, 2008).

Na Trilha da Natureza, área que estava se recuperando após um incêndio criminoso ocorrido durante o período seco do ano anterior a realização desse

estudo, foram considerados 18 pontos de coleta, totalizando 334,52 m de distância percorrida. Enquanto que na área Cerrado Y da UFSCar, área de preservação permanente e que não foi atingida pelo incêndio, foram considerados 50 pontos, totalizando 2.520,26 m (2,52 km) de distância percorrida. Os pontos de coleta foram demarcados de acordo com a presença de um ou mais espécimes de *Myrsine umbellata* próximas a menos de um metro entre si (Fig. 3). Dessa forma, todos os espécimes pertencentes à espécie encontrados nas áreas foram utilizados no estudo e em todas as coletas (pontos fixos de coleta).

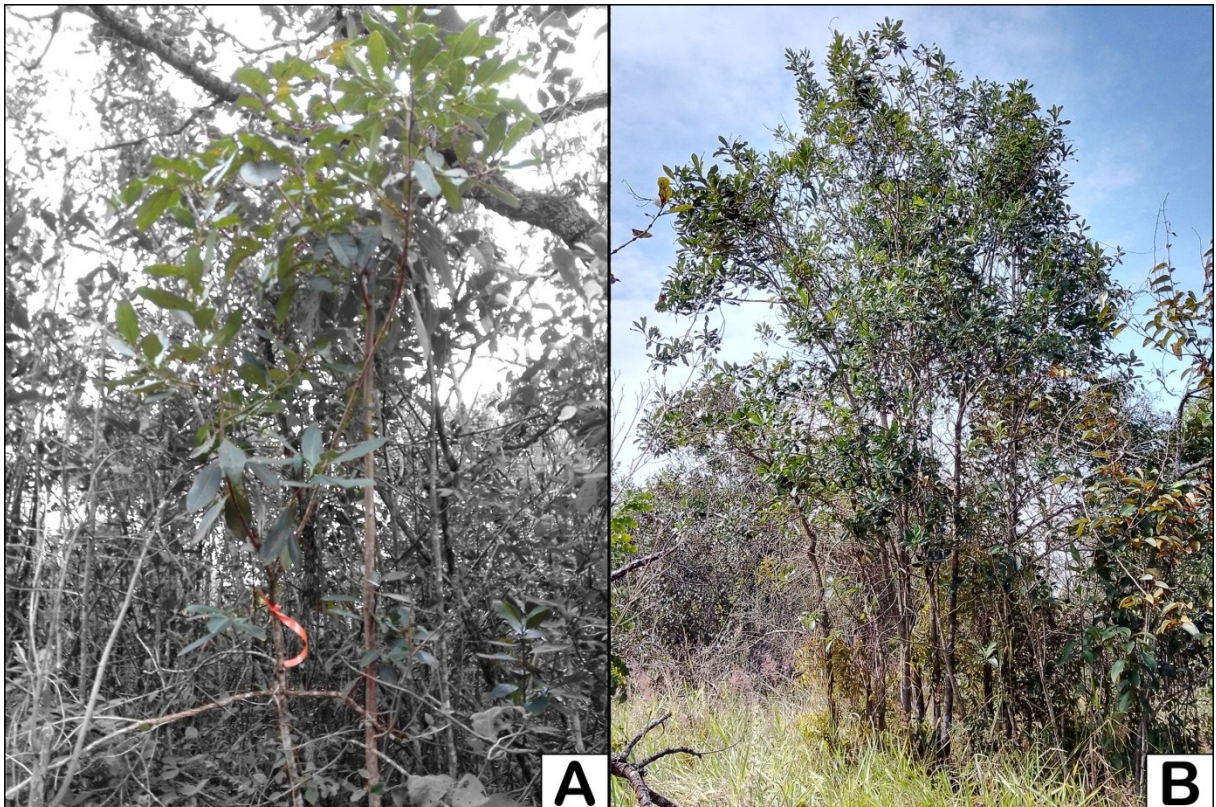


Figura 3. Espécimes de *Myrsine umbellata* Mart. A, um dos pontos de coleta localizado na área Trilha da Natureza; B, um dos pontos de coleta localizado na área Cerrado Y da UFSCar, *Campus* São Carlos, SP. Fonte: arquivo pessoal.

As larvas de Geometridae foram coletadas utilizando o método de coleta ativa com guarda-chuva- entomológico, técnica que consiste em movimentar/chacoalhar a planta hospedeira com um objeto, como uma haste de madeira, e coletar os indivíduos que caírem no tecido branco estendido embaixo da planta (Fig. 4). Após esse processo, cada larva coletada (de forma unitária) foi acondicionada em um pote plástico de 250 ml com furos e rotulado com as devidas indicações de cada ponto de coleta; dentro de cada pote havia um papel filtro umedecido com água para evitar a dessecação da larva e para sua alimentação, folhas da planta hospedeira.



Figura 4. Método de coleta ativa utilizando guarda-chuva entomológico. A, coleta realizada pela autora na área Trilha da Natureza; B, coleta realizada pelo técnico Airton Santo Soares na área Cerrado Y da UFSCar, *Campus* São Carlos, SP. Fonte: arquivo pessoal.

2.2. Planta hospedeira

Myrsine umbellata Mart., espécie pertencente a família Primulaceae e amplamente distribuída no Estado de São Paulo, Brasil (Wanderley *et al.*, 2005) apresenta atualmente 15 sinônimos homólogos, sendo *Rapanea umbellata* (Mart.) Mezo o mais utilizado (Freitas & Kinoshita, 2015). Além disso, é conhecida popularmente como *capororoca*, *capororoca-branca*, *pororoca*, *capororoca-de-folha-grande*, *jacaré-do-mato*, *capororocão* (Jung-Mendaçolli & Bernacci, 2006). *Capororoca*, de acordo com Backes & Irgang (2002), em tupi-guarani significa a “árvore que estala”.

Ocorre de Pernambuco até o Rio Grande do Sul nas Matas Mesófilas Semidecíduas, de Altitude, Ribeirinhas, Atlântica de Encosta, Mista com Araucária e Cerrados. No estado de São Paulo o período de floração de *Myrsine umbellata* geralmente inicia-se nos meses de Março e Dezembro, durando até 2 meses; conseqüentemente seus frutos podem ser encontrados até Julho e Fevereiro respectivamente (Jung-Mendaçolli & Bernacci, 2006).

Por ser pioneira, a espécie possui importância ecológica, sendo indicada para a recuperação de áreas degradadas de campo ou de vegetação secundária (Backes & Irgang, 2002). Porém é encontrada em campos, capoeira, ou mesmo em ambiente urbano devido a grande quantidade de frutos produzida que é consumida por sabiás, tucanos, jacus, gralhas e outras aves, que disseminam facilmente suas sementes. Suas sementes, após passarem pelo tubo digestivo de seus consumidores e serem eliminadas nas fezes, apresentam facilidade de germinar em qualquer tipo de solo (Lorenzi, 2002).

A árvore de substrato terrícola que varia de 3 a 16 metros de altura, apresenta ramos terminais de 3 – 4 mm diâmetro e glabros; tronco reto, casca externa ou ritidoma na cor cinza-clara-esverdeada, grossa, verrugosa, com fissuras longitudinais e casca interna de coloração róseo-avermelhada (Fig. 5); folhas cartáceas, glabras, lisas, ovadas, ápice agudo, base aguda a obtusa, revoluta na face abaxial, margem inteira, levemente revoluta, nervura mediana proeminente em ambas as faces, na face inferior com 1 mm largura na base foliar, glândulas e linhas translúcidas evidentes em folhas jovens e adultas, nervuras secundárias não impressas na face abaxial, evidentes apenas no material desidratado; pecíolo alvo-esverdeado (Fig. 6). Inflorescências com pedúnculo curto, 1 – 2 mm comprimento; de 10 – 15 flores; bractéolas 1 mm compr., triangulares, tricomas curtos; flores pentâmeras ou hexâmeras, 5 – 7 mm compr.; pedicelos 3 – 5 mm compr.; sépalas 1 mm compr., agudas, tricomas curtos, esparsos, cavidades secretoras raras, globosas e elípticas; pétalas 3 – 4 mm compr., 1 mm larg., agudas, cavidades secretoras lineares em maior densidade que globosas e elípticas; estames 2 – 2,2 mm compr., estaminódios 0,8 – 1,2 mm compr.; filetes conatos, apêndices do tubo estaminal ausentes; ovário globoso 1 – 1,2 mm compr, 1 mm larg., pistilódio globoso 1 mm compr.; estigma 1,5 – 2 mm (Fig. 7). Fruto globoso, 4 – 5 mm compr., 3 – 4 mm larg., pericarpo do fruto imaturo verde, raras cavidades secretoras com conteúdo claro ou não visíveis. (Lorenzi, 2002; Freitas & Kinoshita, 2015).

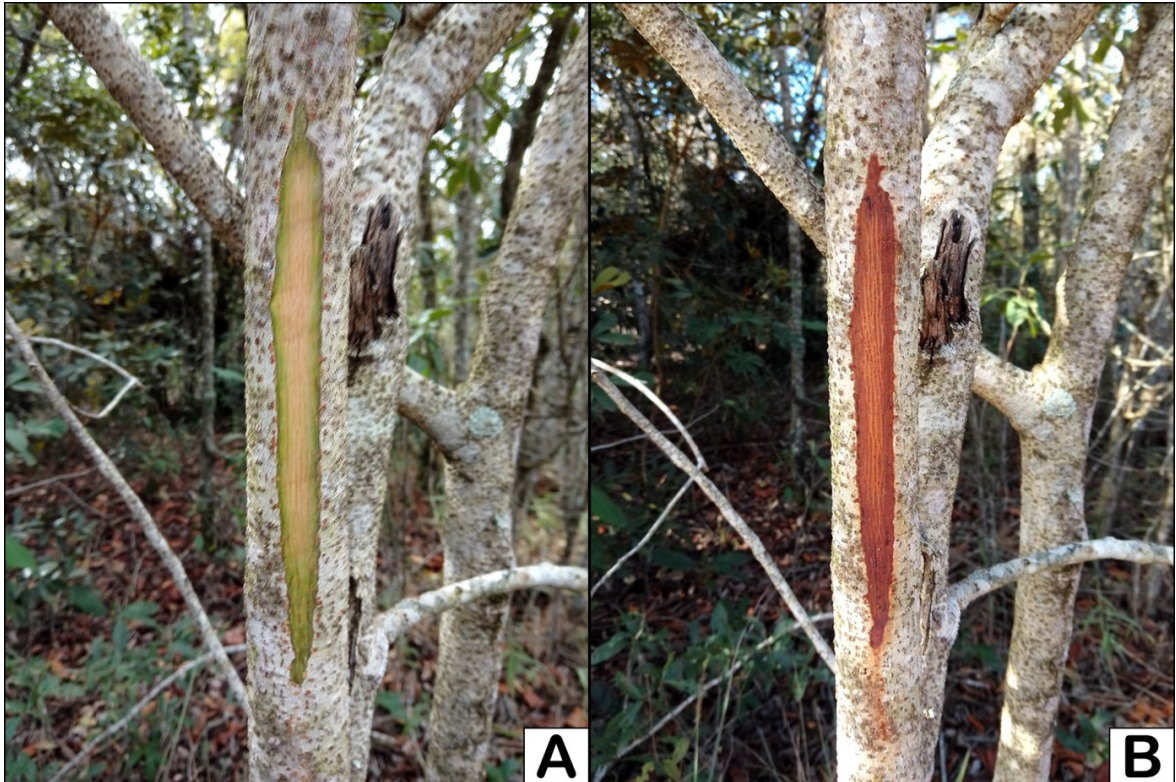


Figura 5. Tronco de *Myrsine umbellata* Mart., com sua casca externa na cor cinza-clara e variação da coloração da casca interna. A, cor do tronco interno recém-cortado; B, cor do tronco interno após 13 dias do corte da casca. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 6. Amostras herborizadas de *Myrsine umbellata* Mart. representando suas folhas em diversos tamanhos, margem inteira, pericarpo espesso, denso em cavidades secretoras visíveis, com inflorescências (A) ou com frutos globosos (B). Fonte: arquivo pessoal.

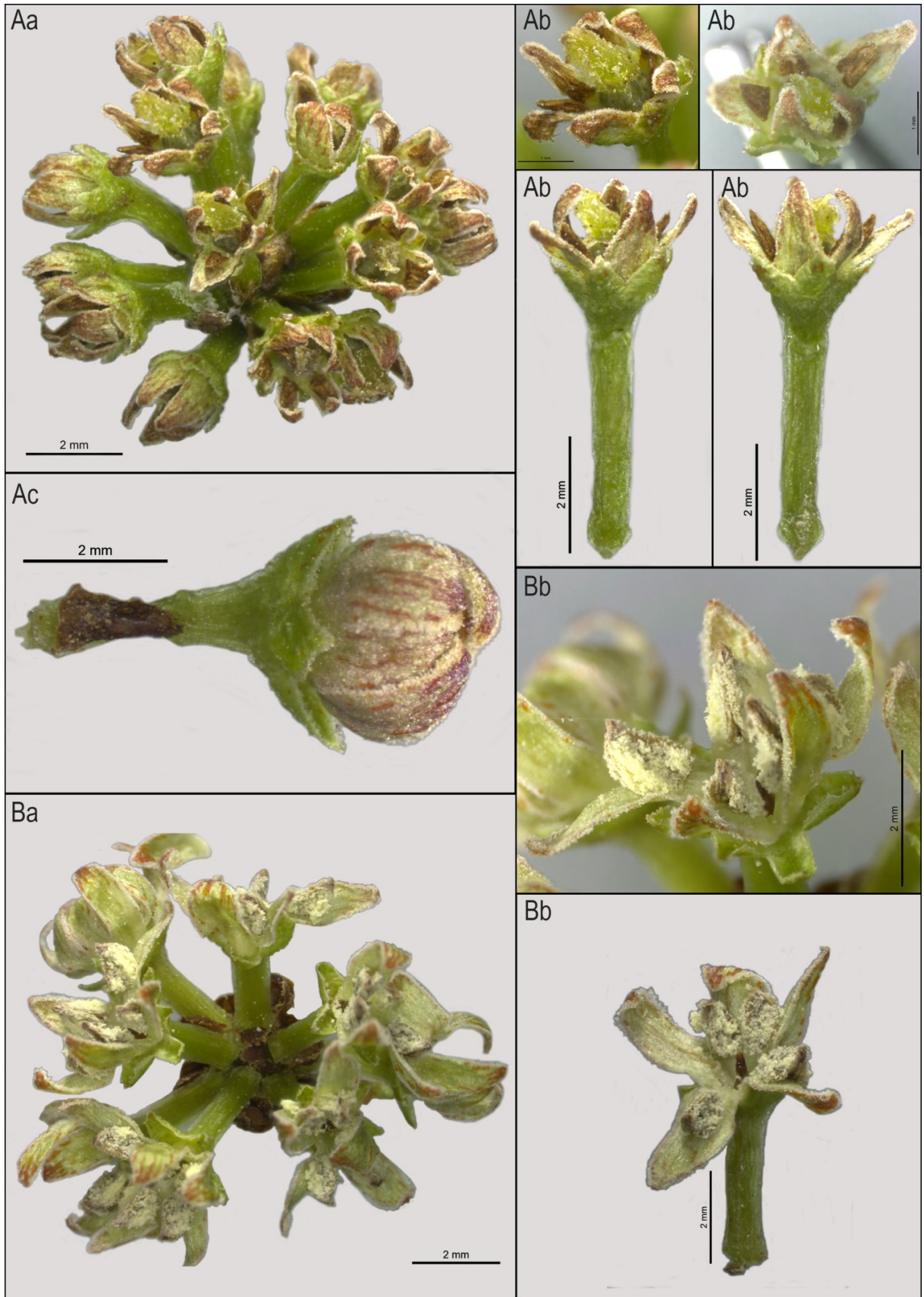


Figura 7. Inflorescências umbeliformes de *Myrsine umbellata* Mart. A, flores pistiladas; B, flores estaminadas; a, conjunto de flores; b, flor isolada; c, flor fechada. Fonte: arquivo pessoal.

2.3. Atividades no laboratório

Em laboratório, as larvas coletadas foram mantidas isoladas em recipientes plásticos de 250 ml, com pequenos orifícios laterais para ventilação e alimentadas com folhas das plantas hospedeiras até o final de seu ciclo de desenvolvimento, de larvas a adultos. As ecdises das larvas foram acompanhadas e suas cápsulas cefálicas preservadas.

Os recipientes foram vistoriados e higienizados diariamente, as larvas acompanhadas quanto ao seu instar e as folhas da planta hospedeira substituídas ou acrescentadas, quando necessário. A umidade relativa no interior dos potes plásticos com larvas foi mantida em níveis adequados e em temperatura ambiente.

Após a emergência, os adultos foram acondicionados em envelopes entomológicos e apenas uma parte dos mesmos foi preparada em alfinetes entomológicos segundo as técnicas usuais e identificados pelo orientador deste trabalho (Prof^o Dr^o Manoel Martins Dias Filho). As cápsulas cefálicas, as últimas exúvias larvais e as pupas das quais emergiram os exemplares, foram fixadas com cola transparente em pequenos pedaços de cartolina de 10 x 40 mm, montados em alfinetes entomológicos e devidamente rotulados.

Enquanto os Hymenoptera parasitoides foram identificados pela coorientadora deste trabalho (Dr^a. Prof^a. Angélica Maria Penteado Martins Dias), preparados em alfinetes e fotografados pelas técnicas Vera e Luciana Fernandes, respectivamente.

Por fim, depois de herborizadas, as plantas hospedeiras foram enviadas para identificação pela Dr^a. Maria de Fátima Freitas do Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

Os exemplares de Geometridae e de Hymenoptera parasitoides obtidos foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos (DCBU).

2.4. Análise dos dados

2.4.1. Perfil da fauna de Geometridae

Para estimar o número total de espécies presentes nas áreas estudadas, foram utilizados os estimadores de riqueza: Chao1 e Chao2 (Chao, 1984; Chao, 1987). Chao é um estimador simples do número absoluto de espécies em uma

comunidade, baseado no número de espécies raras dentro de uma amostra e requer a abundância das espécies (Chao1) ou a incidência de espécies (Chao2) (Provete *et al.*, 2011).

$$S_{chao} = S_{obs} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

onde S_{obs} = número de espécies observadas; para chao1, F_1 = número de espécies representadas por apenas um indivíduo (“singleton”); F_2 = número de espécies com apenas dois indivíduos (“doubletons”); para chao2, F_1 e F_2 = número de espécies que ocorrem respectivamente em uma ou em duas unidades amostrais (“uniques”, “duplicates”).

2.4.2. Curva de acumulação de espécies

Para avaliar a representatividade das amostragens ao longo do tempo foram realizadas curvas de suficiência amostral e cálculo da cobertura amostral. Além disso, foram construídas curvas de rarefação e extrapolação baseadas em indivíduos calculadas apenas para números de Hill de $q = 0$ (riqueza de espécies), a fim de verificar diferenças significativas de riqueza de espécies entre os diferentes locais amostrados (Chao & Jost, 2012).

Os valores utilizados na elaboração da curva de rarefação e dos limites mínimo e máximo esperados foram obtidos no programa Past versão 3.12, no qual foi calculada a Rarefação por amostra (Mao tau). Para o cálculo da Rarefação por amostra foi necessária uma matriz de dados de presença-ausência, com táxons em colunas e amostras em linhas. Ela é aplicável quando certa quantidade de amostras é disponível, a partir das quais a riqueza de espécies é estimada como função do número de amostras.

2.4.3. Índices de diversidade e equitabilidade

Por meio do programa Past versão 3.12, foi calculado o índice de dominância (D), índice de Shannon -Weaver (H') e equitabilidade (J) para os gêneros e espécies de Geometridae obtidos, bem como dos seus parasitoides. O índice de dominância (D) corresponde a $1 - \text{índice de Simpson}$, varia de 0 (todos os táxons presentes em iguais quantidades) a 1 (um táxon domina completamente) e é obtido por onde n_i é o número de indivíduos do táxon i .

Os índices são formulados da seguinte maneira:

Índice de Shannon	$1 - D = 1 - \sum \left[\frac{n_i}{N} \frac{(n_i - 1)}{(N - 1)} \right]$	onde, $\frac{n_i}{N}$ = abundância relativa
Índice de Simpson	$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$	(proporção) da espécie i na amostra, ou seja, n_i = o número de indivíduos da espécie i e N = número de indivíduos total da amostra.
Índice de Pielou	$J' = \frac{H'}{H_{max}}$	

O índice Shannon-Weaver (H') mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido ao acaso de uma amostra com um determinado número de espécies e indivíduos (Shannon & Weaver, 1949). Quanto maior o grau de incerteza, maior o valor do índice de Shannon -Weaver (H') e portanto maior a diversidade da amostra.

O índice de diversidade de Simpson (1949) calcula a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso em uma comunidade pertencerem à mesma espécie. O intervalo do resultado (D) varia de 0 a 1: quanto mais próximo de 1, menor a diversidade da amostra. Para melhor interpretação do resultado, o resultado é apresentado como $1-D$. Assim, quanto mais próximo de 1, maior a diversidade estimada.

O índice de equitabilidade de Pielou (1966) é derivado do índice de Shannon -Weaver e representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. O resultado apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima, ou seja, todas as espécies com o mesmo número de indivíduos).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Diversidade de Geometridae nas áreas de Cerrado pesquisadas

Durante o período de coletas, início de Janeiro a final de Junho de 2022, foram obtidas 496 larvas de Geometridae se alimentando da planta *Myrsine umbellata*, sendo 55 larvas coletadas na área Trilha da Natureza e 441 na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP (Tabela 1).

As áreas estudadas apresentaram 5 gêneros em comum, sendo eles: *Argyrotope* Warren, 1894, *Glena* Hulst, 1896, *Phrygionis* Hübner [1825], *Prochoerodes* Grote, 1883 e *Thyrinteina* Möschler, 1890. Na área Cerrado Y da UFSCar, foram registradas também a ocorrência dos gêneros: *Iridopsis* Warren, 1894, *Ischnopteris* Hübner, *Melanolophia* Hulst, 1896, *Microgonia* Herrich-Schäffer, *Opisthoxia* Hübner [1825], *Oxydia* Guenée [1858], *Pero* Herrich-Schäffer, 1855 e *Pleuroprucha* Möschler, 1890, totalizando 13 gêneros diferentes amostrados em ambas as áreas (Fig. 8).

Além disso, 7 indivíduos não foram identificados em gênero, apenas em morfoespécie, devido à falta de literatura sobre identificação de larvas de Geometridae; desses, 6 compunham a comunidade presente na área Y do Cerrado da UFSCar e um na comunidade da área Trilha da Natureza.

Barros (2007), trabalhando em três áreas de Cerrado localizadas dentro da Universidade Federal de São Carlos, entre elas a mesma área Y do Cerrado da UFSCar e que também tinha como plantas hospedeiras a *Myrsine umbellata*, coletou 132 larvas de Geometridae, distribuídas em 11 gêneros e identificadas em 14 espécies diferentes. Quando comparados os dados de comunidade registrados por Barros (2007) aos dados desse presente trabalho, apenas os gêneros *Hymenomima* Warren, 1985 e *Patalene* Herrich-Schäffer, 1854, não foram registrados compondo a atual comunidade de larvas Geometridae que se alimentam de *Myrsine umbellata* nas áreas de Cerrado localizados na Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

Tabela 1. Larvas de Geometridae coletadas durante o início de Janeiro e final de Junho de 2022 nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, no município de São Carlos, São Paulo - Brasil.

Geometridae		Quantidade de indivíduos			
Área	Espécie ou morfotipo	Adultas	Parasitadas	Pereceram	Total geral
Trilha da Natureza	<i>Argyrotope paraguayaria</i> Schaus, 1927	10	6	4	20
	<i>Glena demissaria</i> (Walker, 1860)			1	1
	<i>Phrygionis polita</i> (Cramer, 1780)	19	3	7	29
	<i>Phrygionis privignaria</i> (Guenée, 1858)			1	1
	<i>Prochoerodes onustaria</i> (Hübner, 1832)	1		1	2
	<i>Thyrnteina arnobia</i> (Stoll, 1782)			1	1
	Gênero não identificado 1			1	1
Y do Cerrado da UFSCar	<i>Argyrotope paraguayaria</i> Schaus, 1927	98	22	34	154
	<i>Glena demissaria</i> (Walker, 1860)	1			1
	<i>Glena unipennaria</i> (Guenée, 1858)	2		2	4
	<i>Glena</i> sp.3			1	1
	<i>Iridopsis</i> Warren, 1894		1	1	2
	<i>Ischnopteris bifinita</i> (Walker, 1862)	1		5	6
	<i>Melanolophia</i> Hulst, 1896		1	3	4
	<i>Microgonia perfulvata</i> Dognin, 1916	1		2	3
	<i>Opisthoxia</i> Hübner, 1825		4	24	28
	<i>Oxydia sociata</i> (Warren, 1895)	1		4	5
	<i>Pero</i> sp.1			1	1
	<i>Pero</i> sp.2			1	1
	<i>Phrygionis polita</i> (Cramer, 1780)	114	16	68	198
	<i>Phrygionis privignaria</i> (Guenée, 1858)	6		10	16
	<i>Pleuroprucha asthenaria</i> (Walker, 1861)	1			1
	<i>Prochoerodes onustaria</i> (Hübner, 1832)	2	1	3	6
	<i>Prochoerodes</i> sp.2			1	1
	<i>Prochoerodes</i> sp.3			2	2
	<i>Thyrnteina arnobia</i> (Stoll, 1782)	1			1
	Gênero não identificado 2			1	1
Gênero não identificado 3			2	2	
Gênero não identificado 4			1	1	
Gênero não identificado 5			1	2	
Total geral		258	55	183	496

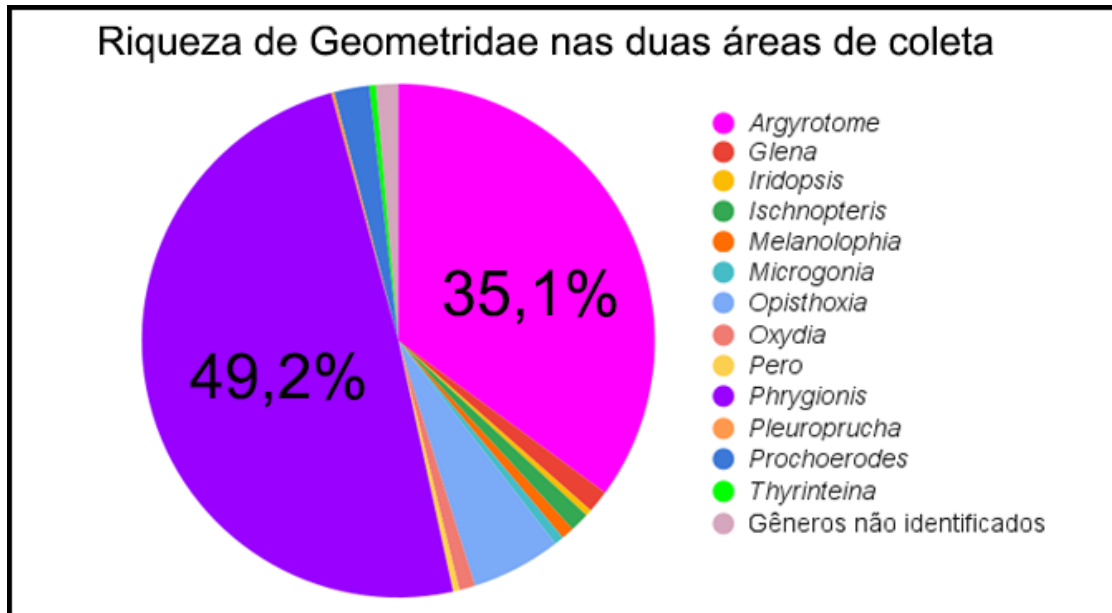


Figura 8. Riqueza de gêneros de larvas de Geometridae encontrada em espécimes da planta hospedeira *Myrsine umbellata* Mart. nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar coletados de Janeiro a Junho de 2022 na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

Phrygionis, assim como em Barros (2007), foi o gênero que apresentou maior número de indivíduos coletados em relação aos demais gêneros, sendo 74% de ocorrência em 2007 e 49,2% em 2022. Tal resultado demonstra que houve um acréscimo na abundância do gênero *Argyrotome* nas áreas estudadas, diminuindo a dominância que o gênero *Phrygionis* tinha nessas comunidades. O gênero *Opisthoxia*, apresentou 5,7% de abundância, sendo o terceiro gênero com maior índice de indivíduos coletados nas áreas estudadas. E diferente dos outros gêneros citados anteriormente pertencentes a mesma tribo Palyadini, não apresentou nenhum indivíduo que completasse seu ciclo de vida. *Argyrotome* e *Phrygionis* foram os únicos gêneros a serem registrados em todos os meses de coleta (Tabela 2), além de apresentarem maior abundância no mês de fevereiro (Fig. 9).

Além dos resultados encontrados por Barros (2007), o gênero *Argyrotome* já havia sido registrado na planta hospedeira *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntz. por Moraes *et al.* (1999). Espécies do gênero *Phrygionis* já foram encontradas se alimentando de *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult na República Dominicana (Scoble, 1994), *Ardisia* Sw., *Myrsine* L. e *Parathesis* Hook (Janzen & Hallwachs, 2022). Esses dados confirmam a estreita relação entre espécies de *Phrygionis* e plantas da família Primulaceae.

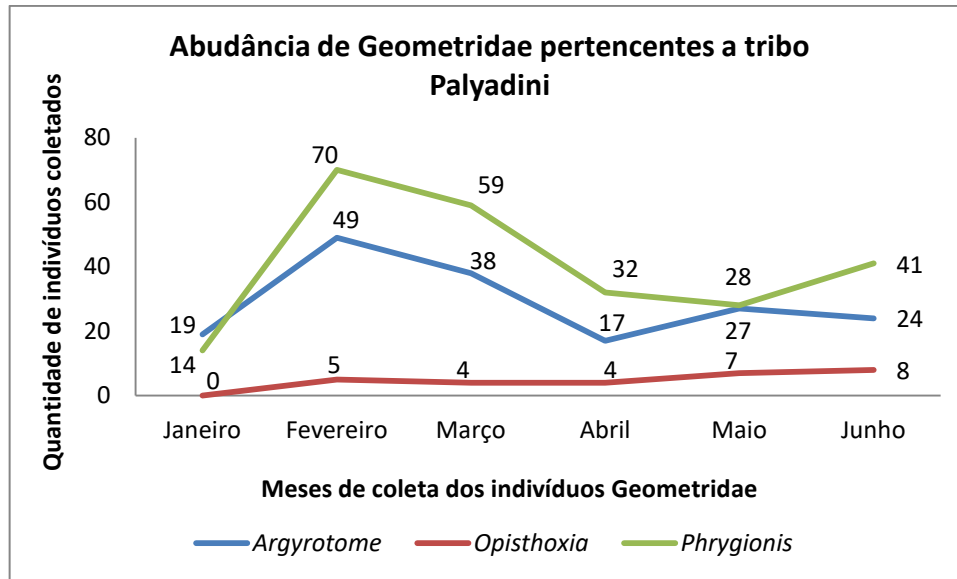


Figura 9. Abundância de larvas de Geometridae pertencentes à tribo Palyadini nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* em relação aos meses de coleta nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

Tabela 2. Abundância das morfoespécies de Geometridae registrados durante o período de coleta, Janeiro a Junho de 2022, nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

Geometridae (Subfamília)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Ennominae						
<i>Argyrotope paraguayaria</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Glena demissaria</i>				X	X	
<i>Glena unipennaria</i>		X	X	X		X
<i>Glena sp.3</i>					X	
<i>Iridopsis sp.</i>			X			X
<i>Ischnopteris bifinita</i>	X			X		X
<i>Melanolophia sp.</i>			X			X
<i>Microgonia perfulvata</i>			X		X	
<i>Opisthoxia sp.</i>		X	X	X	X	X
<i>Oxydia sociata</i>			X	X	X	X
<i>Pero sp.1</i>		X				
<i>Pero sp.2</i>			X			
<i>Phrygionis polita</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Phrygionis privignaria</i>		X	X	X	X	X
<i>Prochoerodes onustaria</i>	X	X	X			X
<i>Prochoerodes sp.2</i>			X			
<i>Prochoerodes sp.3</i>				X		X
<i>Thyrinteina arnobia</i>		X				X
Sterrhinae						
<i>Pleuroprucha asthenaria</i>			X			
Sem subfamília						
Gênero não identificado 1	X					
Gênero não identificado 2	X					
Gênero não identificado 3		X				
Gênero não identificado 4		X				
Gênero não identificado 5			X	X		

As larvas de Geometridae dos gêneros *Glena*, *Hymenomima*, *Ischnopteris* e *Oxydia* também foram encontradas em plantas hospedeiras de *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. (Myrtaceae) por Geraldo (2011) em coletas realizadas no sub-bosque de *Eucalyptus* da UFSCar em várias plantas hospedeiras (Tabela 3). Os trabalhos já realizados indicam que a maioria das espécies de Geometridae ocorre em mais de uma planta hospedeira, o que indica que possivelmente são espécies polífagas.

Tabela 3. Comparação entre o número de morfoespécies e gêneros de larvas de Geometridae obtidas, excluindo os dados das larvas não identificadas, por Rodrigues (2023), presente trabalho; Geraldo (2011); Barros (2007); Osorio (2005) e Marconato (2001), todos trabalhos de dissertações de mestrado realizados nas áreas naturais da UFSCar, *Campus* São Carlos.

Dissertação	Morfoespécies de Geometridae identificadas	Gêneros de Geometridae identificados	Espécies de plantas hospedeiras
Rodrigues (2023)	19	13	1
Geraldo (2011)	46	24	18
Barros (2007)	14	11	1
Osorio (2005)	15	10	2
Marconato (2001)	22	14	1

De acordo com a curva de rarefação/extrapolação (Fig. 10), a área Y do Cerrado da UFSCar (Y) apresentou uma maior riqueza de morfoespécies quando comparada com o mesmo nível de esforço amostral (11 coletas quinzenais) da área Trilha da Natureza (TN). A área Y, com seus 441 indivíduos coletados, chegou muito próxima ao valor máximo de 1 após o término das coletas, o que indica que os valores encontrados são o suficiente para amostrar adequadamente essa área de estudo (Fig. 11). No entanto, na área TN, devido a menor ocorrência de *Myrsine umbellata* no local e conseqüentemente menor distância de percurso percorrido, a análise nos revela que seria necessário maior período de coleta para atingir o mesmo índice que a área Y.

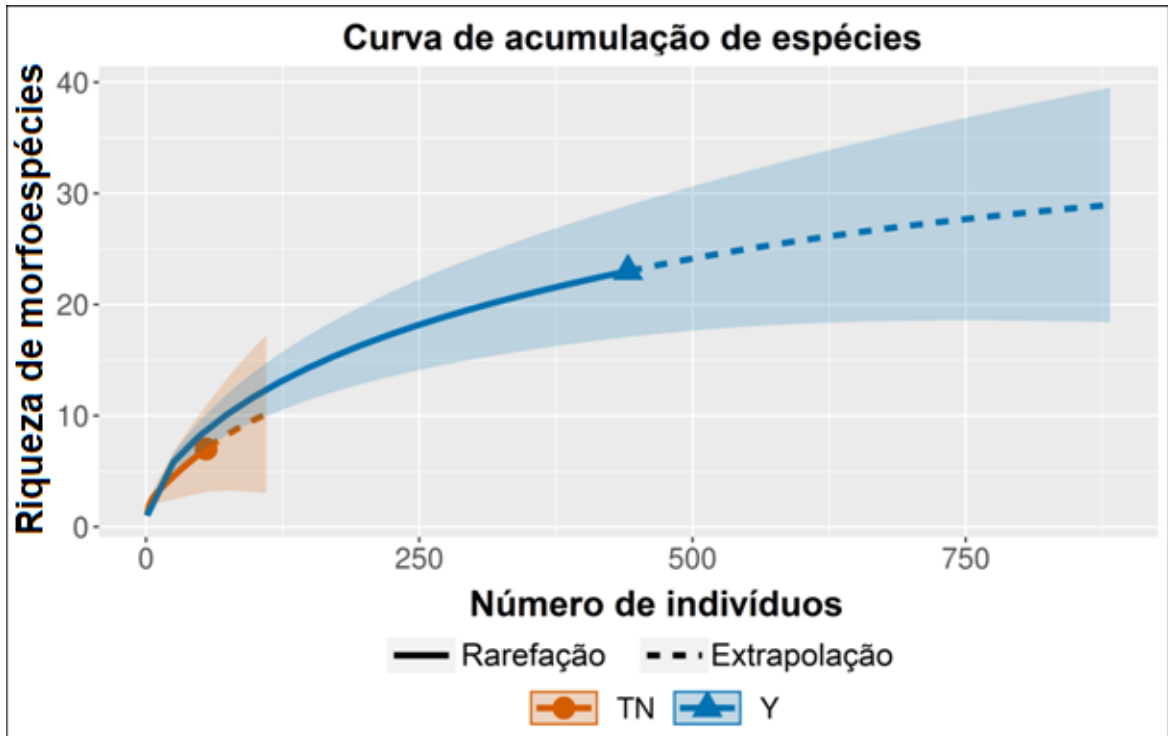


Figura 10. Riqueza da comunidade ($q=0$) ou curva de rarefação para as duas comunidades: a área Trilha da Natureza (TN), em laranja, com 55 indivíduos representando 7 morfoespécies e a área Cerrado Y (Y) da UFSCar, São Carlos, SP, em azul, com 441 indivíduos coletados representando 23 morfoespécies diferentes. As curvas de rarefação foram montadas com base no método estatístico proposto em Chao & Jost (2012).

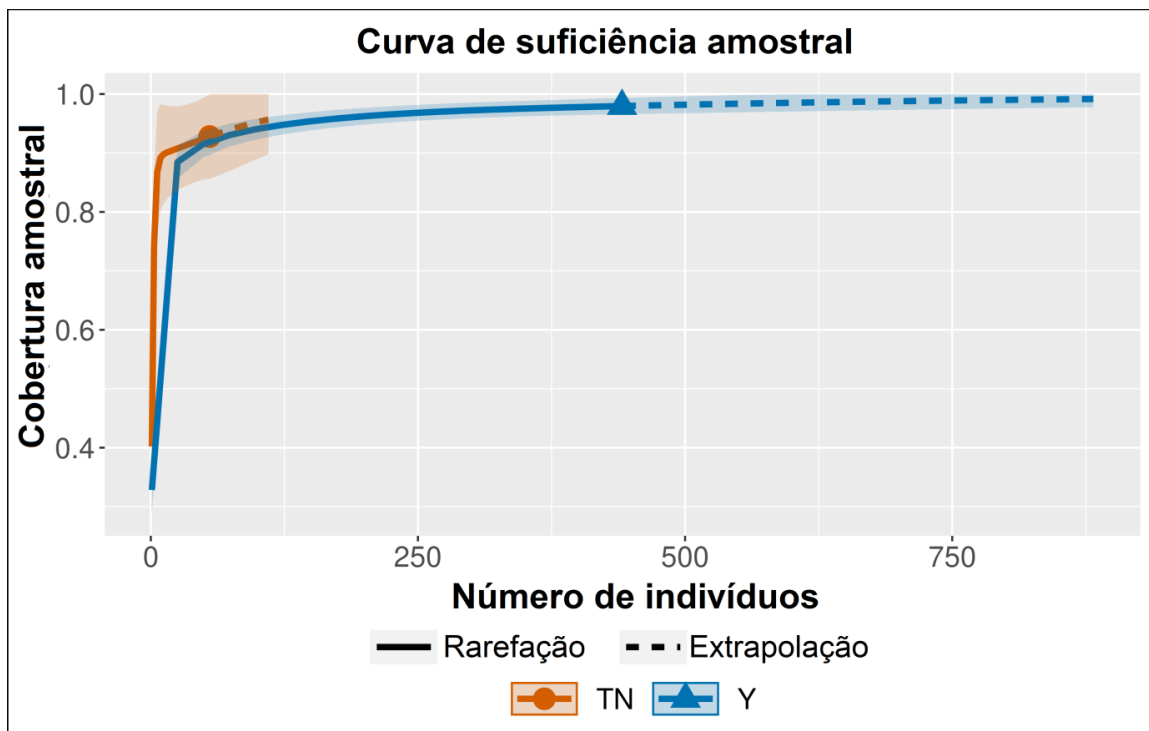


Figura 11. Cobertura amostral ou curva do coletor ($q=0$), demonstrativo indica que o número de morfoespécies aumenta com o aumento no esforço amostral. Em laranja, a área Trilha da Natureza (TN) com 55 indivíduos representando 0.928 de cobertura amostral e, em azul, a área Cerrado Y (Y) da UFSCar, São Carlos, SP, com 441 indivíduos coletados representando 0.98 de cobertura amostral. As curvas de cobertura amostral foram montadas com base no método estatístico proposto em Chao & Jost (2012).

As diferenças entre as abundâncias das áreas ocorreram também quando considerados os meses de coletas (Fig. 12). A área Trilha da Natureza apresentou baixo índice de indivíduos coletados em todo o período, tendo os meses de janeiro e maio com as menores incidências, 4 e 3 indivíduos coletados respectivamente, enquanto fevereiro apresentou a maior incidência, com 16 larvas coletadas. Já na área Cerrado do Y da UFSCar, janeiro e abril foram os meses de menores incidências, respectivamente com 33 e 47 indivíduos coletados, e em fevereiro, assim como na área Trilha da Natureza, com o maior índice de indivíduos coletados, 117 larvas.

Durante o período de dezembro/2021 e janeiro/2022 as plantas hospedeiras apresentavam poucas folhas e aquelas folhas presentes ainda na planta estavam mais secas do que normalmente, indicando o período de frutificação.

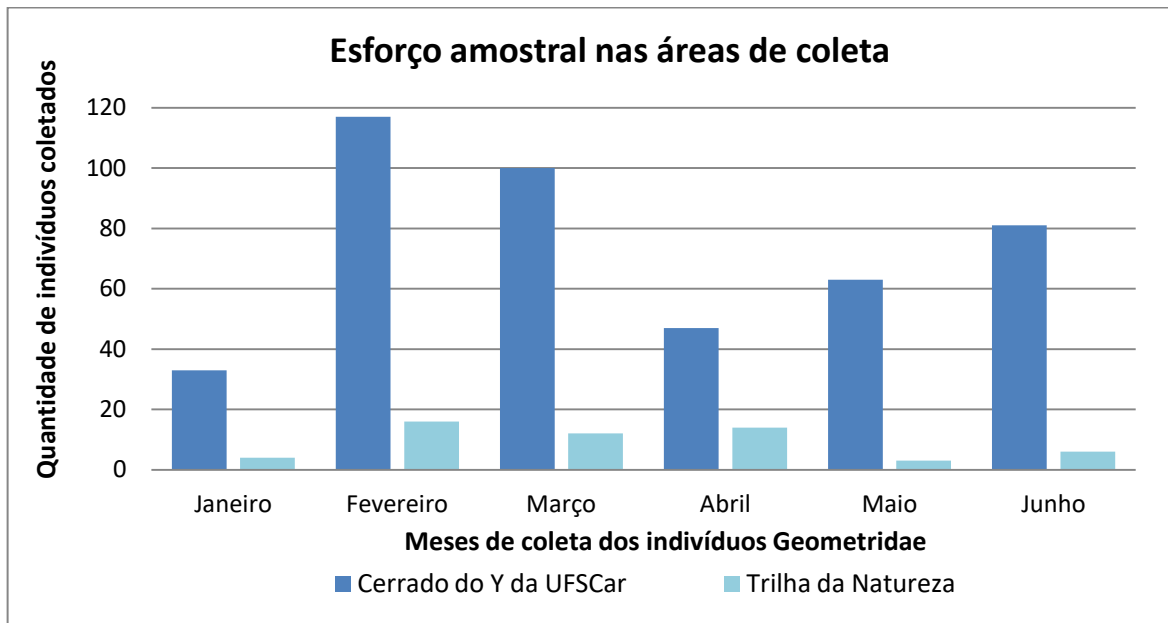


Figura 12. Relação entre o número de larvas de Geometridae registradas nas áreas de estudo (Cerrado Y da UFSCar e Trilha da Natureza) e os meses nos quais essas coletas ocorreram (início de Janeiro a final de Junho).

O índice de Shannon-Weaver (base neperiana) indica que a comunidade de Geometridae da área Cerrado Y da UFSCar que se alimentavam de *Myrsine umbellata* é mais diversa (1,53) que a comunidade de larvas de Geometridae encontrados na área Trilha da Natureza (1,12) no período de Janeiro a Junho de 2022. Por outro lado, o índice de Simpson indica que as comunidades apresentam índices de diversidade parecidos, sendo 0,59 na área Trilha da Natureza e 0,67 no Cerrado Y da UFSCar. Isto acontece, pois o índice de Shannon-Weaver (H') dá maior peso a riqueza de espécies do que o índice de Simpson (D).

Dessa forma, no índice de Equabilidade de Pielou (J'), que é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, tendo como amplitude de 0 (uniformidade mínima) até 1 (uniformidade máxima); a comunidade presente na área Trilha da Natureza obteve como índice de equitabilidade igual a 0,58 enquanto na área Cerrado Y da UFSCar, o índice de equitabilidade da comunidade foi de 0,48. Ou seja, a comunidade de larvas Geometridae presente na área Cerrado Y da UFSCar apresenta maior diversidade, conseqüentemente menor índice de equitabilidade quando comparada a comunidade de larvas Geometridae presente na área Trilha da Natureza.

3.1.1. Área de Cerrado Trilha da Natureza UFSCar, São Carlos, SP

A área da Trilha da Natureza apresentou em sua totalidade 55 larvas de Geometridae, da subfamília Ennominae. Onde, 54,5% das larvas tornaram-se adultas, enquanto que 16,4% estavam parasitadas e 29,1% pereceram. Sendo identificados em 5 gêneros e divididos em 7 morfoespécies diferentes: *Argyrotope paraguayaria* Schaus, 1927, Gênero não identificado 1, *Glena demissaria* (Walker, 1860), *Phrygionis polita* (Cramer, 1780), *Phrygionis privignaria* (Guenée, 1858), *Prochoerodes onustaria* (Hübner, 1832) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782).

Analisando o número de indivíduos coletados de cada morfoespécie em relação ao tópico evento (Fig. 13), as morfoespécies Gênero não identificado 1, *Glena demissaria*, *Phrygionis privignaria* e *Thyrinteina arnobia* apresentaram 100% de mortalidade. Enquanto, *Prochoerodes onustaria* obteve 50% de mortalidade/perecimento e 50% de indivíduos que completaram seu ciclo de vida tornando-se adultas. Apenas *Argyrotope paraguayaria* e *Phrygionis polita* tiveram índices de parasitismo, 30% e 10,3%, respectivamente.

Nesta área, 52,7% da riqueza de Geometridae foi composta por *Phrygionis polita*, seguida por *Argyrotope paraguayaria* com 36,4%; as outras morfoespécies mesmo somadas representaram apenas 10,9% da diversidade de Geometridae que se alimentam de *Myrsine umbellata* na área de estudo (Fig. 14). Demonstrando que a comunidade de larvas Geometridae na área Trilha da Natureza apresentou baixa diversidade, com leve dominância entre as morfoespécies coletadas.

Phrygionis polita, apresentou também maior número de larvas que completaram seu ciclo de vida com índice igual a 66% em relação ao número total de indivíduos coletados na área de Cerrado Trilha da Natureza. Já *Argyrotope paraguayaria*, 50% de suas larvas completarem o ciclo de vida e foi a espécie que apresentou maior índice de parasitismo 66,7% entre todas as espécies (Fig. 15).

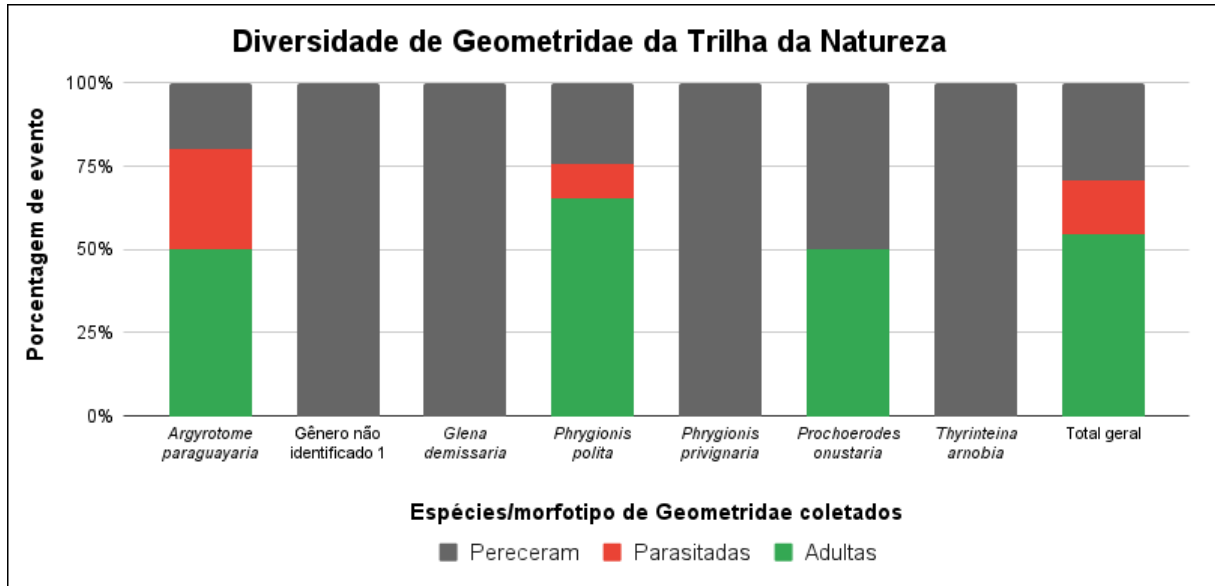


Figura 13. Comunidade de larvas Geometridae encontradas nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* na área de Cerrado conhecido como Trilha da Natureza (UFSCar, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022. Percentual de evento entre tornaram-se adultas (cor verde), serem parasitadas (cor vermelha) ou perecerem (cor cinza) em relação às espécies descritas. Os indivíduos de Geometridae coletados estão organizados de acordo com seus nomes em ordem alfabética.

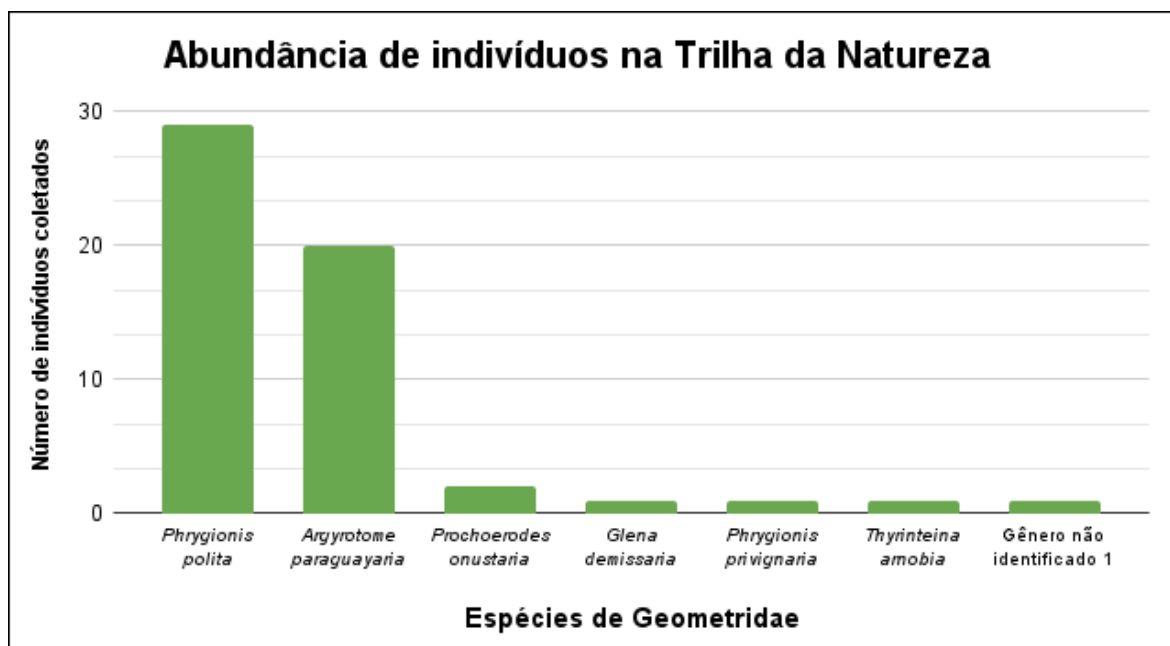


Figura 14. Número de larvas de Geometridae coletadas na área de Cerrado conhecido como Trilha da Natureza (UFSCar, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de *Myrsine umbellata*.

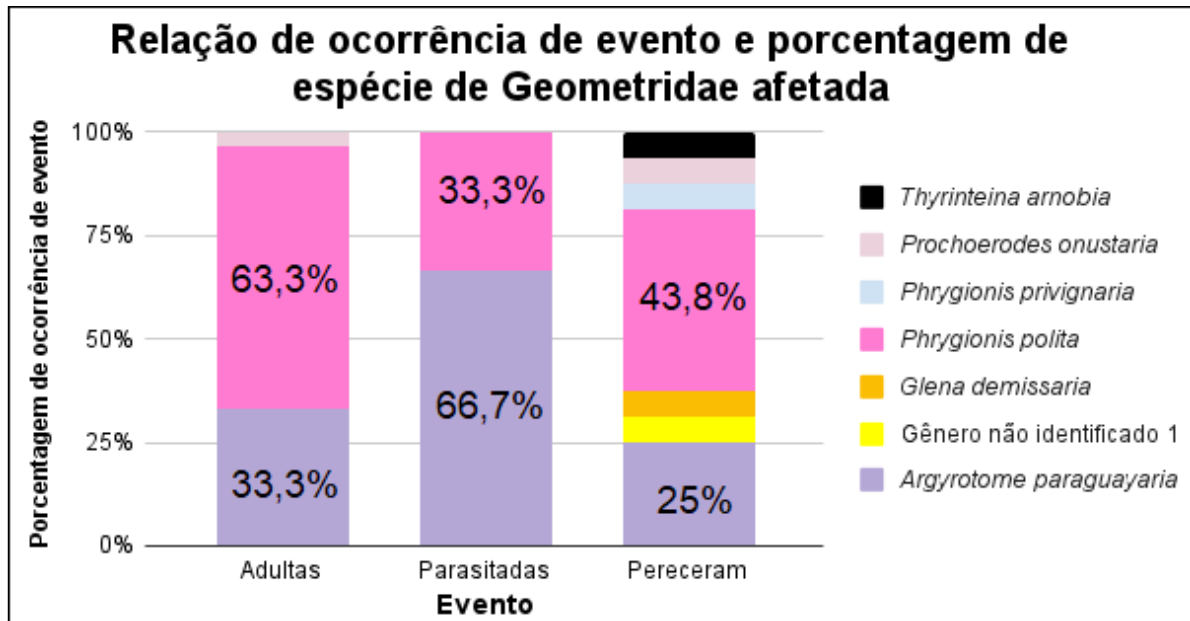


Figura 15. Relação de ocorrência de evento para as espécies de Geometridae estudadas na Trilha da Natureza (UFSCAR, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de *Myrsine umbellata*: tornaram-se adultas, foram parasitadas ou pereceram.

3.1.2. Área de Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP

Na área Cerrado Y da UFSCar, foram coletadas 441 larvas de Geometridae, sendo 92,3% dos gêneros identificados pertencentes à subfamília Ennominae e 7,7% à subfamília Sterrhinae. Onde 51,6% (258) das larvas coletadas atingiram o estágio adulto, 10,9% estavam parasitadas e 37,6% pereceram.

Foram identificados 13 gêneros divididos em 19 espécies e os 6 indivíduos que não puderam ser identificados, foram classificados em 4 morfoespécies diferentes: *Argyrotome paraguayaria* Schaus, 1927, Gênero não identificado 2, Gênero não identificado 3, Gênero não identificado 4, Gênero não identificado 5, *Glena demissaria* (Walker, 1860), *Glena unipennaria* (Guenée, 1858), *Glena* sp.3, *Iridopsis* sp. Warren, 1894, *Ischnopteris bifinita* (Walker, 1862), *Melanolophia* sp. Hulst, 1896, *Microgonia perfulvata* Dognin, 1916, *Opisthoxia* sp. Hübner, 1825, *Oxydia sociata* (Warren, 1895), *Pero* sp.1, *Pero* sp.2, *Phrygionis polita* (Cramer, 1780), *Phrygionis privignaria* (Guenée, 1858), *Pleuroprucha asthenaria* (Walker, 1861), *Prochoerodes onustaria* (Hübner, 1832), *Prochoerodes* sp.2, *Prochoerodes* sp.3 e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782). Indicando uma alta diversidade de larvas de Geometridae na área estudada utilizando espécimes de *Myrsine umbellata* como planta hospedeira.

Analisando o número de indivíduos coletados de cada morfoespécie em relação ao tópico evento (Fig. 16) as larvas pertencentes ao Gênero não identificado 2, Gênero não identificado 3, Gênero não identificado 4, *Glena* sp.3, *Pero* sp.1, *Pero* sp.2, *Prochoerodes* sp.2 e *Prochoerodes* sp.3 apresentaram índice de mortalidade de 100%. Enquanto, *Pleuroprucha asthenaria* e *Thyrintina arnobia*, com 1 representante de cada espécie coletado, tiveram taxa de 100% em larvas que completaram o ciclo de vida.

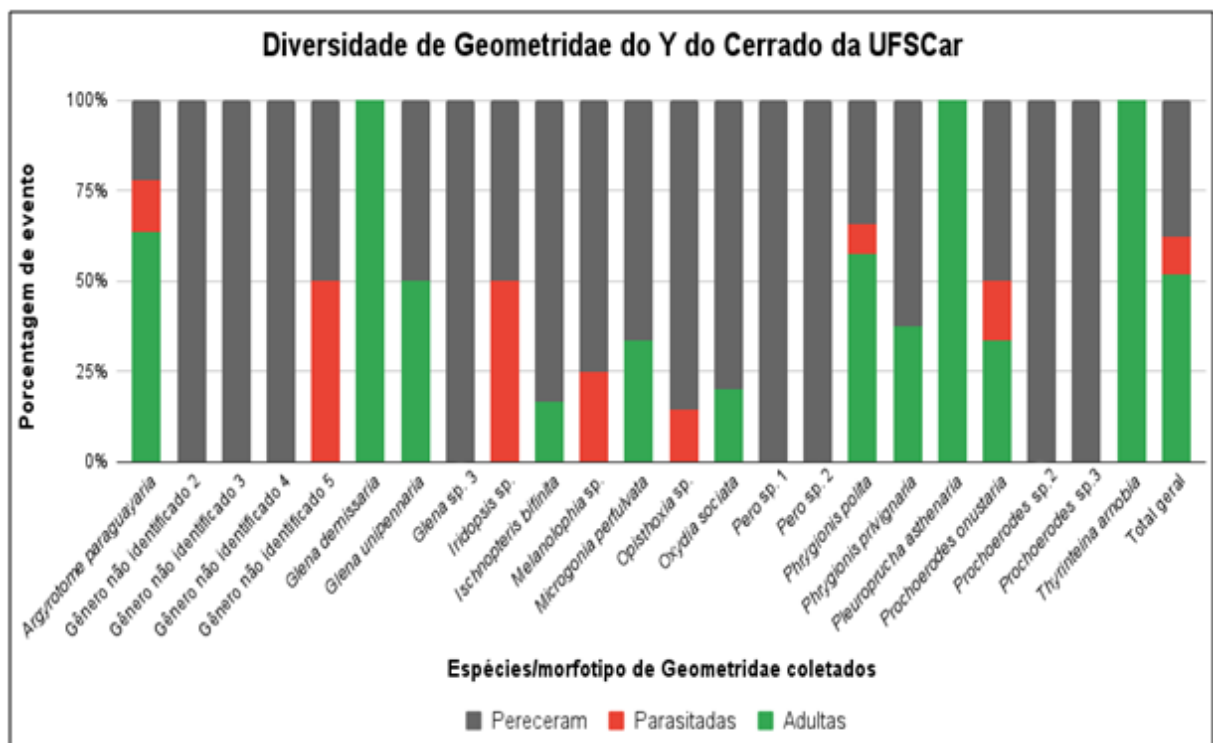


Figura 16. Comunidade de larvas Geometridae encontradas nas plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Percentual de evento entre tornaram-se adultas (cor verde), serem parasitadas (cor vermelha) ou perecerem (cor cinza) em relação às espécies descritas. Os indivíduos de Geometridae coletados estão organizados de acordo com seus nomes em ordem alfabética.

Semelhante à área Trilha da Natureza, na área Cerrado Y, as espécies pertencentes à tribo Palyadini foram as que apresentaram maior número de indivíduos coletados, dentre elas: *Phrygionis polita* representando 44,9% da diversidade da comunidade na área de estudo e *Argyrotope paraguayaria* com 34,9%. A soma do número de indivíduos das demais espécies da área Cerrado Y foi de 20,2%, diferentemente da encontrada na área Trilha da Natureza que foi igual a 10,9% (Fig. 17).

Phrygionis polita, apresentou maior número de indivíduos que completaram seu ciclo de vida com 50% de incidência seguido por *Argyrotope paraguayaria* com 43%. Em relação ao índice de parasitismo, *Argyrotope paraguayaria* apresentou

maior incidência com 47,8% dos casos, enquanto *Phrygonis polita* apresentou 34,8%. Em relação à mortalidade das larvas, *Phrygonis polita* também ficou em primeiro lugar com 40,7% dos casos, seguida por, *Argyrotope paraguayaria* com 20,4% das ocorrências (Fig. 18).

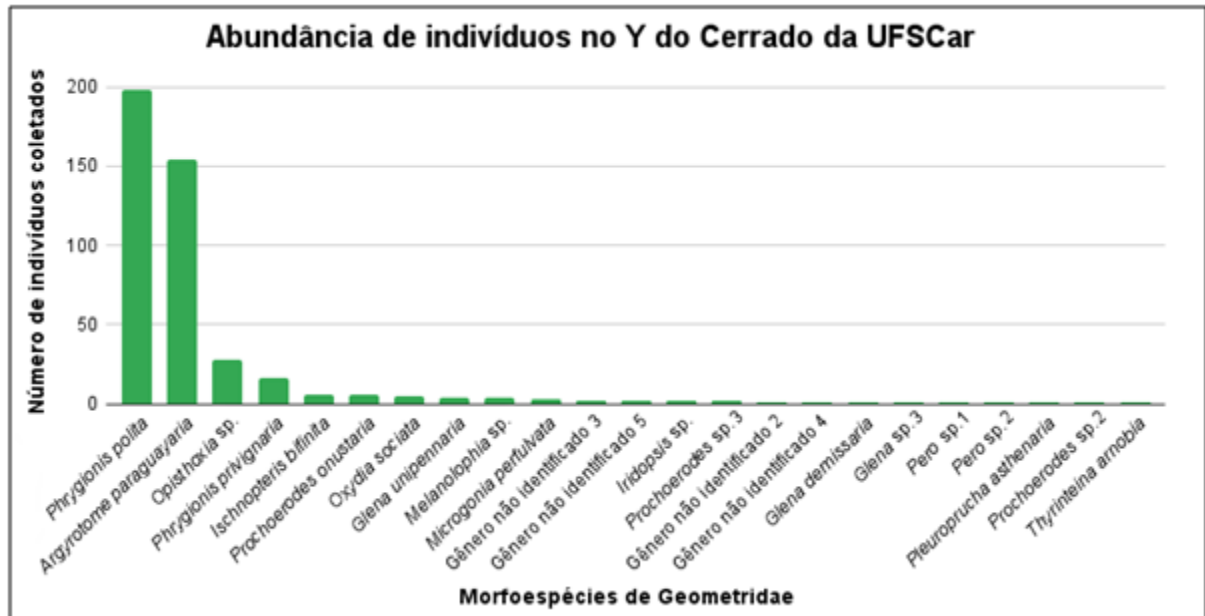


Figura 17. Número de larvas de Geometridae coletadas na área de Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de *Myrsine umbellata*.

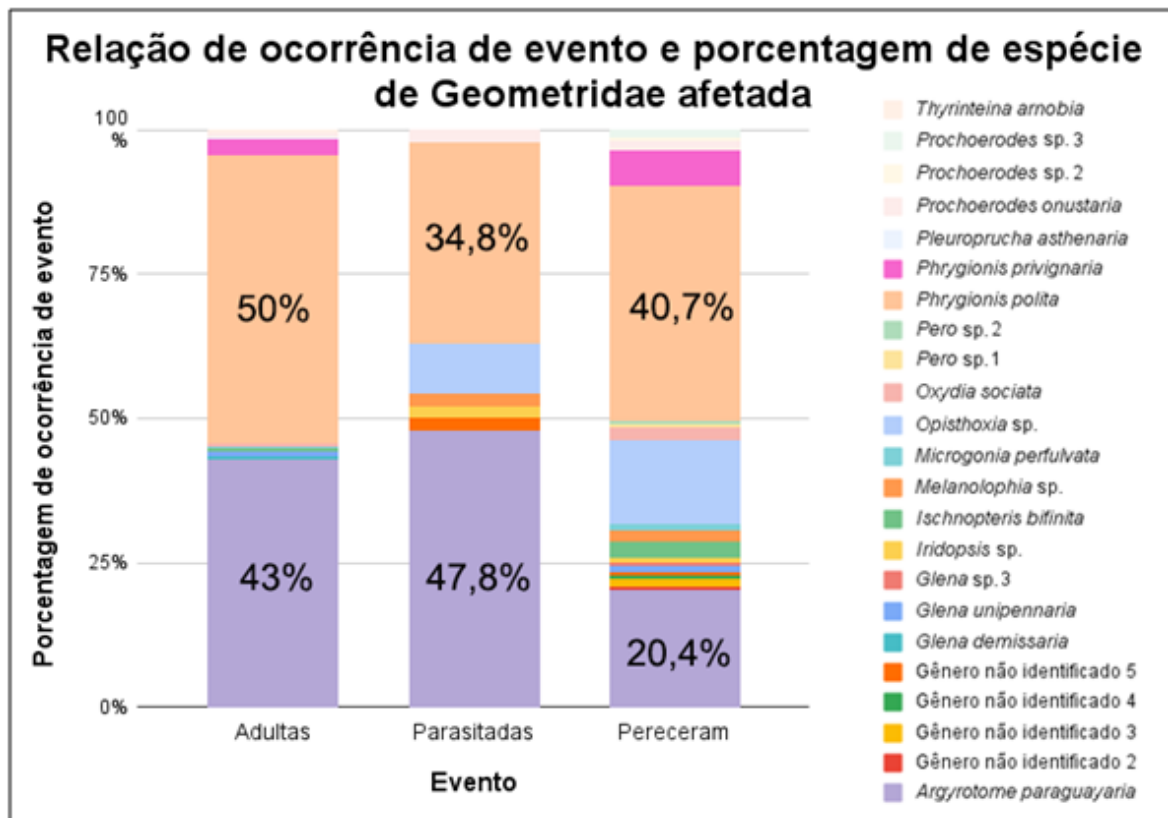


Figura 18. Relação de ocorrência de evento para as espécies de Geometridae estudadas no Cerrado Y (UFSCAR, São Carlos, SP) no período de Janeiro a Junho de 2022 se alimentando de *Myrsine umbellata*: tornaram-se adultas, foram parasitadas ou pereceram.

3.2. Larvas de Geometridae coletadas

a) Subfamília Ennominae

i. *Argyrotope paraguayaria* (Figs. 19 A, 20 A, 21 A)

As larvas de *Argyrotope paraguayaria* apresentaram coloração esverdeada, tom escuro que ia clareando a cada troca cefálica, além de cabeça e pernas alaranjadas, apresentavam 5 pontos pretos e uma faixa amarelada entre os segmentos abdominais. Ao começar o processo de pupa, após atingirem cerca de 3 cm de comprimento, as larvas mudaram sua coloração de verde para vermelho. O estágio de pupa (coloração amarela), durou em torno de 10 dias.

Foi a espécie que apresentou maior diversidade de parasitoides sendo parasitada com as seguintes morfoespécies: *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2, *Casinaria* sp.3, *Casinaria* sp.4, *Cotesia* sp.1, *Distatrix flavus* Rodrigues, Dias & Pentead-Dias, 2023, *Euplectrus* sp.2 e Tachinidae mf3. Além de 7 parasitoides que não emergiram do casulo e por isso não puderam ser identificados.

ii. *Glena* spp. (*Glena demissaria*, *Glena unipennaria* e *Glena* sp.3) (Figs. 19 B–D, 20 B–C, 21 B–C)

As larvas do gênero *Glena* apresentaram coloração esverdeada (corpo) e castanha/alaranjada (cabeça e pernas abdominais), variando os tons de acordo com seu crescimento e trocas cefálicas. Aquelas que cessaram seu crescimento, com cerca de 4,5 cm de comprimento, e começaram o processo de pupa (coloração avermelhada a quase preta), apresentaram durações diferentes em estágio de pupa. Por exemplo, a duração de pupa até emergência do adulto durou cerca de 17 dias para as fêmeas (2) e 11 dias para o macho (1).

Indivíduos desse gênero foram obtidas por Marconato *et al.* (2008) sobre *Erythroxylum microphyllum* St.-Hilaire, por Geraldo (2011) em *Copaifera langsdorffii* Desf., *Hyptis* sp., *Jacaranda* sp., *Rollinia* sp. e *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

iii. *Iridopsis* sp. (Fig. 19 E)

As larvas de *Iridopsis* apresentaram coloração verde clara, manchas castanhas nas regiões anterior (cabeça até segundo segmento torácico) e posterior (últimos segmentos abdominais), além das pernas, tanto torácicas quanto

abdominais, alaranjadas. No último instar, a coloração verde clara pelo corpo permaneceu, porém as manchas escuras cobriram mais partes do corpo, incluindo as pernas e a cabeça ficou na coloração laranja escura. Dos dois exemplares coletados, um pereceu (medindo 3,8cm de comprimento) e o outro estava parasitado. No entanto, o parasitoide não conseguiu formar seu casulo e veio a perecer.

iv. *Ischnopteris bifinita* (Figs. 19 F, 20 D, 21 D)

As larvas de *Ischnopteris bifinita* apresentaram coloração castanho-escura com manchas brancas; posteriormente a coloração passou a ser castanha, com um par de manchas amarelas no abdômen, além de outras manchas claras e escuras dispersas. Apenas uma larva chegou ao estágio pupal, após atingir 4 cm de comprimento; pupa de coloração castanha. A emergência do adulto (fêmea) se deu após 20 dias. As outras cinco larvas coletadas dessa espécie vieram a perecer.

v. *Melanolophia* sp. (Fig. 19 G)

As larvas de *Melanolophia* apresentaram coloração esverdeada, mas com cabeça e pernas torácicas alaranjadas. Foram obtidas quatro larvas desse gênero, três pereceram e uma foi parasitada por *Casinaria* sp.1 (Hymenoptera parasitoide).

vi. *Microgonia perfulvata* (Figs. 19 H, 20 E, 21 E)

As larvas de *Microgonia perfulvata* apresentaram coloração acastanhada, escurecendo após as ecdises e se assemelhando a galhos da planta. Das três larvas coletadas, apenas uma se desenvolveu até o estágio adulto; as demais pereceram. O crescimento da larva cessou quando ela atingiu cerca de 7 cm; o período entre formação de pupa (coloração castanha) e emergência do adulto durou 17 dias.

vii. *Opisthoxia* sp. (Fig. 19 I)

Nenhuma das larvas de *Opisthoxia* tornou-se adulta; 24 pereceram e quatro estavam parasitadas. Larvas eram de coloração cinza, variando a tonalidade e a quantidade de pontos pretos, brancos e amarelos. Algumas dessas larvas que pereceram logo após terem sido coletadas já haviam sido parasitadas e

apresentavam o orifício de saída dos parasitoides. Foi obtido apenas um parasitoide do gênero *Glyptapanteles* sp.1, os demais pereceram dentro de seus pupários.

viii. *Oxydia sociata* (Figs. 19 J, 20 F, 21 F)

Larvas de *Oxydia sociata* com coloração esverdeada inicialmente, característica que foi mudando para a cor bege após as trocas cefálicas. Das cinco larvas coletadas dessa espécie, apenas uma tornou-se adulta enquanto as demais pereceram. A mesma atingiu o ápice de seu crescimento com cerca de 5,5 cm de comprimento; seu período de pupa (coloração castanha alaranjada) até a emergência do adulto durou 19 dias.

ix. *Pero* spp. (*Pero* sp.1, *Pero* sp.2) (Fig. 19 K–L)

As larvas de *Pero* apresentaram coloração castanha-acinzentada, lembrando bastante um galho seco, alguns pontos pretos dispostos em pares e dois pares de protuberâncias amarelas no terceiro segmento abdominal (*Pero* sp.1), além de uma marca escura em formato de Y no segundo segmento abdominal. Sem motivos aparentes, duas larvas coletadas desse gênero vieram a perecer. *Pero* sp.1 chegou a sobreviver por 45 dias, chegando a 3 cm de comprimento.

x. *Phrygionis* spp. (*Phrygionis polita* e *Phrygionis privignaria*) (Figs. 19 M–N, 20 G–H, 21 G–H)

As larvas da espécie *Phrygionis polita* assemelhavam-se muito as da espécie *Argyrotope paraguayaria*, devido a coloração verde no corpo, cabeça amarelada/alaranjada e pernas abdominais vermelhas. Porém, diferenciavam-se por apresentar quatro pontos pretos entre os segmentos abdominais, enquanto *Argyrotope paraguayaria* apresentava cinco pontos pretos e pela cor verde se tornar mais escura no último ínstar. Larvas de ambas as espécies tornaram-se avermelhadas no período pré-pupal. Pupas de *Phrygionis polita* tem coloração castanho-amarelada.

Larvas de *Phrygionis privignaria* apresentaram coloração bem marcante, com cabeça, pernas e segmentos finais do abdômen laranja, corpo verde com uma linha preta dorsal, além de dois pontos brancos no segundo segmento abdominal. Pupas de coloração amarelo-escura.

Diferentemente de *Phrygionis polita*, que apresentou 19 larvas parasitadas, *Phrygionis privignaria* não apresentou nenhum indivíduo parasitado. Antes do processo de pupa, cresceram até 2 cm comprimento, enquanto *Phrygionis polita*, até 2,5 cm. O tempo entre estágio de pupa e emergência do adulto teve a mesma média em ambas as espécies, 10 dias.

Os indivíduos que parasitaram *Phrygionis polita* foram: *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2, *Casinaria* sp.3, *Charops lucianae* Santos & Onody, 2019, *Euplectrus* sp.1, *Euplectrus* sp.2, *Euplectrus* sp.3, Tachinidae mf2. Além de 5 parasitoides que não emergiram e conseqüentemente não puderam ser identificados.

xi. *Prochoerodes* spp. (*Prochoerodes onustaria*, *Prochoerodes* sp.2, *Prochoerodes* sp.3) (Figs. 19 P–R, 20 J, 21 J)

As larvas de *Prochoerodes* apresentaram coloração bem escura e o corpo filiforme nos primeiros dias de vida. Com o passar dos dias e trocas cefálicas, foram tornando-se castanhas e assemelhando-se a galhos secos. *Prochoerodes onustaria* apresentou ainda uma projeção com uma faixa clara em formato de "C" em volta. Antes de entrar em estágio de pupa, as larvas cresceram em torno de 6,5 cm de comprimento e o processo de pupa (coloração amarelada) até a emergência do adulto durou cerca de 11 dias. Um indivíduo foi parasitado por *Glyptapanteles* sp.2.

xii. *Thyrinteina arnobia* (Figs. 19 S, 20 K, 21 K)

As larvas de *Thyrinteina arnobia* apresentaram coloração acastanhada com manchas pretas, além de possuir um aspecto áspero que lembrava muito um galho. Sua pupa era castanho-escura, quase preta.

b) Subfamília Sterrhinae

i. *Pleuroprucha asthenaria* (Figs. 19 O, 20 I, 21 I)

A larva de *Pleuroprucha asthenaria* apresentou coloração castanha, com tons que variavam de castanho-claro a escuro e vários pontos brancos dispersos por todo corpo. Pupa amarelo-claro. A larva de último instar atingiu 2 cm de comprimento e o estágio de pupa foi de 6 dias.

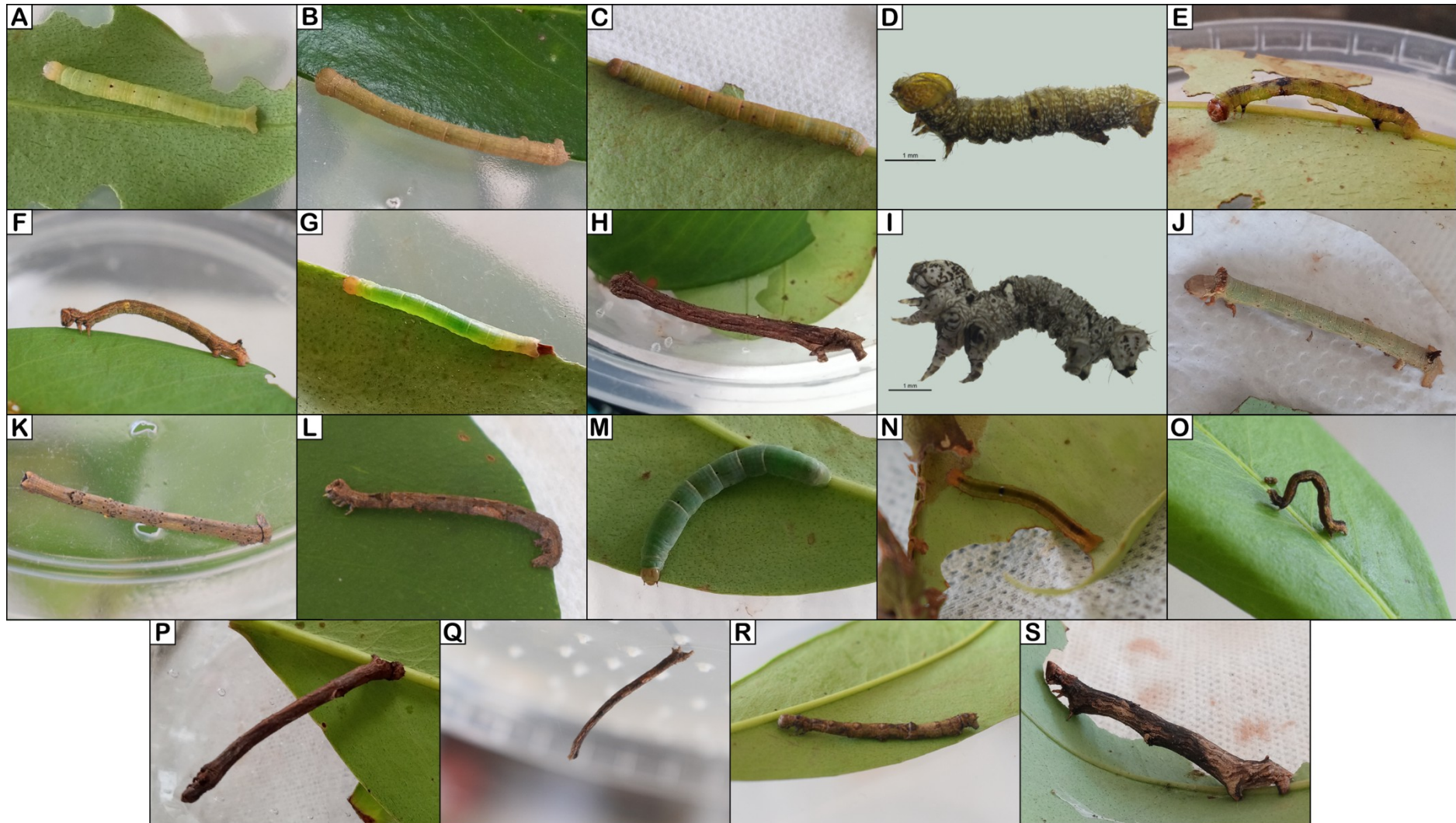


Figura 19. Larvas das espécies de Geometridae estudadas. A, *Argyrotome paraguayaria*; B, *Glana demissaria*; C, *Glana unipennaria*; D, *Glana* sp.3; E, *Iridopsis* sp.; F, *Ischnopteris bifinita*; G, *Melanolophia* sp.; H, *Microgonia pervulvata*; I, *Opisthoxia* sp.; J, *Oxydia sociata*; K, *Pero* sp.1; L, *Pero* sp.2; M= *Phrygionis polita*; N, *Phrygionis privignaria*; O, *Pleuroprucha asthenaria*; P, *Prochoerodes onustaria*; Q, *Prochoerodes* sp.2; R, *Prochoerodes* sp.3; S, *Thyrinteina arnobia*.

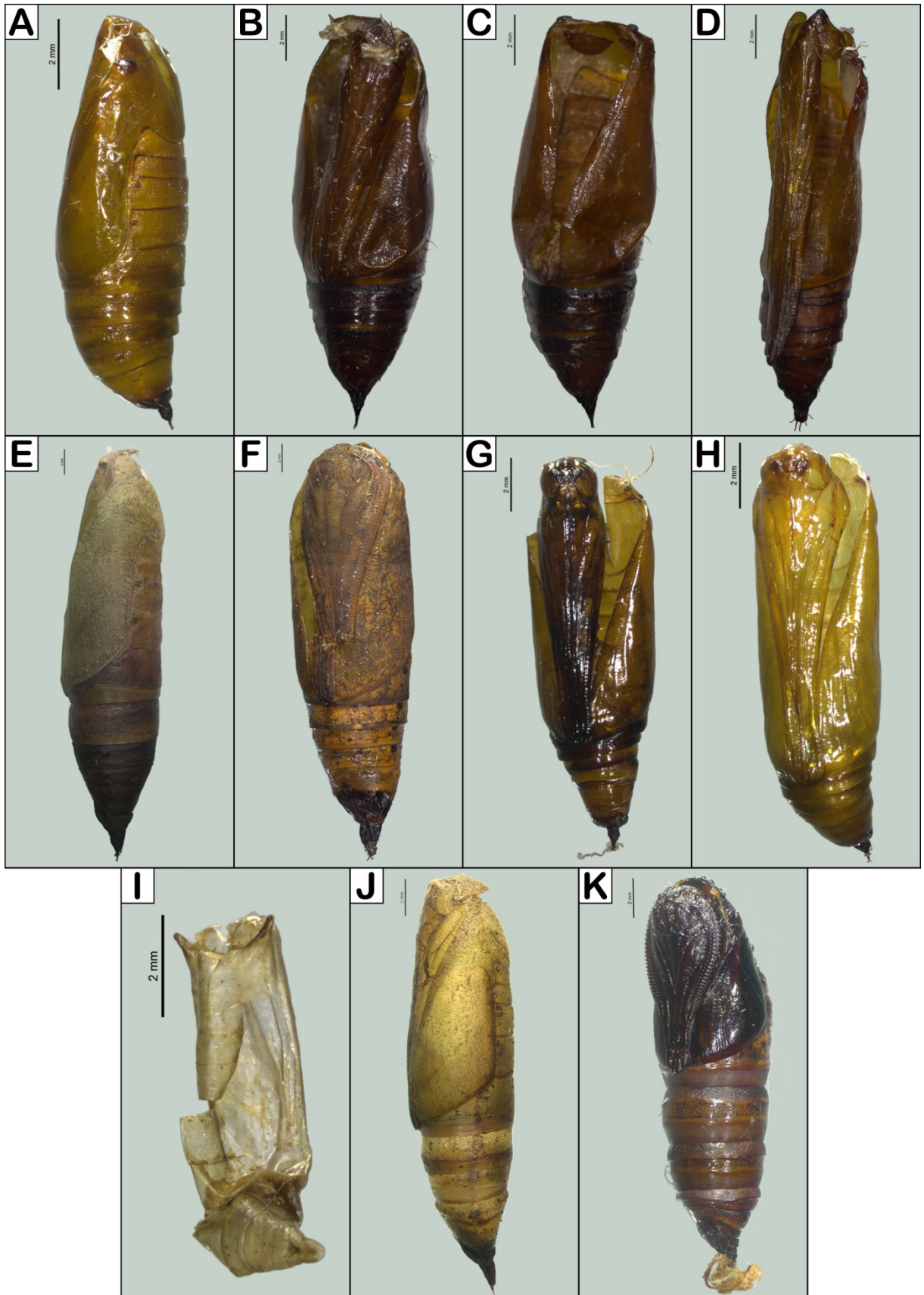


Figura 20. Pupas das espécies de Geometridae estudadas. A, *Argyrotope paraguayaria*; B, *Glena demissaria*; C, *Glena unipennaria*; D, *Ischnopteris bifinita*; E, *Microgonia pervulvata*; F, *Oxydia sociata*. G, *Phrygonis polita*; H, *Phrygonis privignaria*; I, *Pleuroprucha asthenaria*; J, *Prochoerodes onustaria*; K, *Thyrinteina arnobia*.

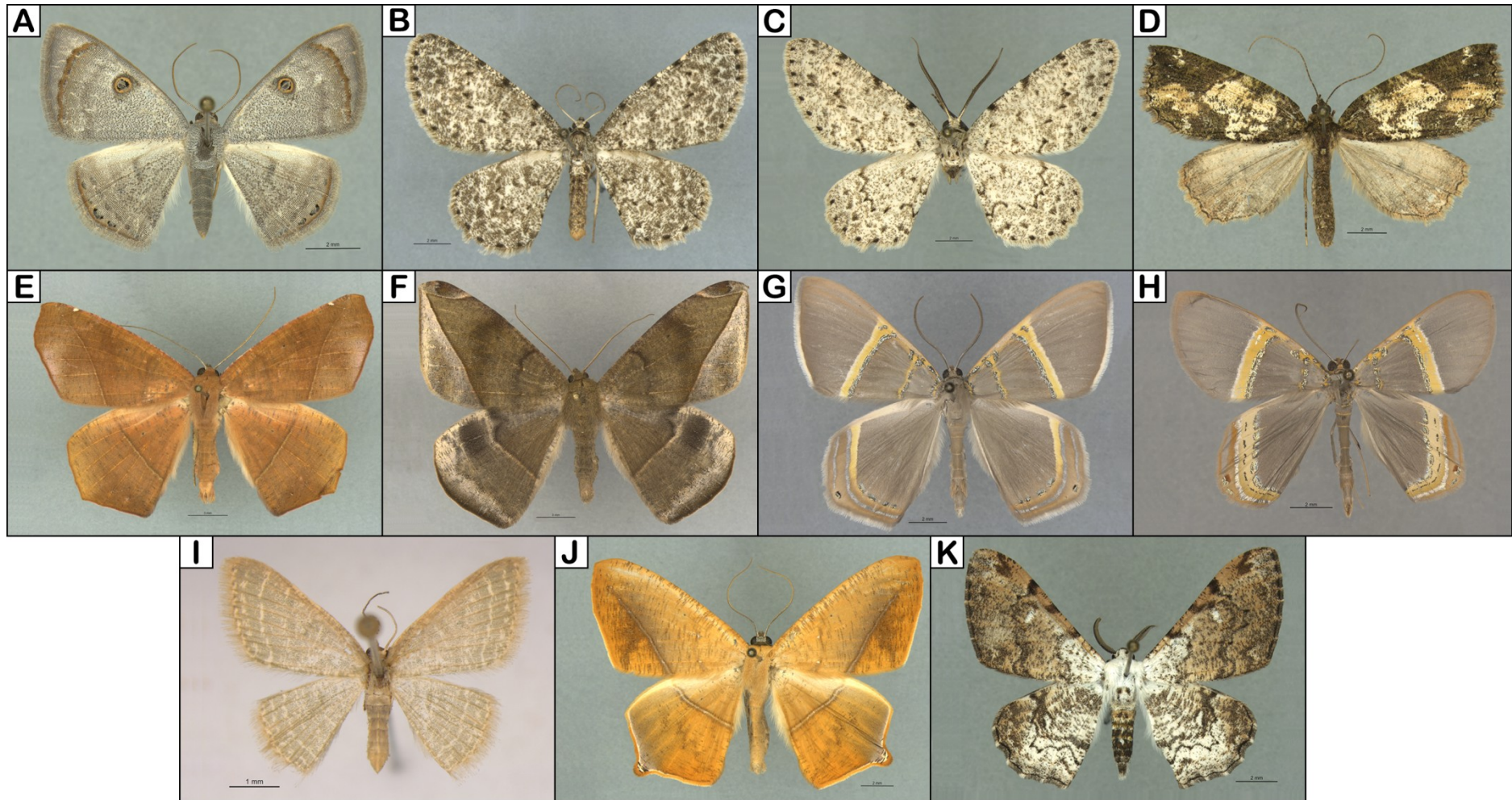


Figura 21. Adultos das espécies de Geometridae estudadas. A, *Argyrotome paraguayaria*; B, *Glena demissaria*; C, *Glena unipennaria*; D, *Ischnopteris bifinita*; E, *Microgonia pervolvata*; F, *Oxydia sociata*. G, *Phrygionis polita*; H, *Phrygionis privignaria*; I, *Pleuroprucha asthenaria*; J, *Prochoerodes onustaria*; K, *Thyrinteina arnobia*.

3.3. Diversidade de parasitoides nas áreas de Cerrado estudadas

Das 55 larvas de Geometridae parasitadas registradas na planta hospedeira *Myrsine umbellata* no período de Janeiro a Junho de 2022, 9 (16,4%) ocorreram na área de Cerrado conhecido como Trilha da Natureza e 46 (83,6%) na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP (Tabela 4). Mas, em decorrência dos parasitoides de hábito gregário das morfoespécies *Euplectrus* Westwood, 1832 (33 indivíduos emergidos) e *Glyptapanteles* sp.2 (30 indivíduos emergidos), o número total de parasitoides identificados foi igual a 112 indivíduos.

Tabela 4. Larvas de Geometridae parasitadas e seus respectivos parasitoides registradas durante o início de Janeiro e final de Junho de 2022 nas áreas de Cerrado conhecidas popularmente como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, no município de São Carlos, São Paulo - Brasil.

Geometridae			Parasitoides		
Área	Espécie ou morfotipo	Total	Espécie ou morfotipo	Emergência	Total
Trilha da Natureza	<i>Argyrotope paraguayaria</i>	1	<i>Casitaria</i> sp.1	Sim	1
		1	<i>Casitaria</i> sp.3	Sim	1
		3	<i>Cotesia</i> Cameron, 1891	Sim	3
		1	Tachinidae mf3	Sim	1
	<i>Phrygonis polita</i>	1	<i>Casitaria</i> sp.1	Sim	1
		1	<i>Casitaria</i> sp.3	Sim	1
1		Não identificado	Não	1	
Y do Cerrado da UFSCar	<i>Argyrotope paraguayaria</i>	2	<i>Casitaria</i> sp.1	Sim	2
		2	<i>Casitaria</i> sp.2	Sim	2
		1	<i>Casitaria</i> sp.4	Sim	1
		7	<i>Cotesia</i> Cameron, 1891	Sim	7
		3	<i>Distatrix flavus</i> Rodrigues, Dias & Pentead-Dias, 2023	Sim	3
		2	<i>Euplectrus</i> sp.2	Sim	7
	5	Não identificado	Não	7	
	Gênero não identificado 5	1	Tachinidae mf1	Sim	1
	<i>Iridopsis</i> sp.	1	Não identificado	Não	1
	<i>Melanolophia</i> sp.	1	<i>Casitaria</i> sp.1	Sim	1
	<i>Opisthoxia</i> sp.	1	<i>Glyptapanteles</i> sp.1	Sim	1
		3	Não identificado	Não	3
	<i>Phrygonis polita</i>	2	<i>Casitaria</i> sp.1	Sim	2
1		<i>Casitaria</i> sp.2	Sim	1	
2		<i>Charops lucianae</i> Santos & Onody, 2019	Sim	2	
2		Tachinidae mf2	Sim	2	
2		<i>Euplectrus</i> sp.1	Sim	8	
2		<i>Euplectrus</i> sp.2	Sim	16	
1		<i>Euplectrus</i> sp.3	Sim	2	
4		Não identificado	Não	4	
<i>Prochoerodes onustaria</i>	1	<i>Glyptapanteles</i> sp.2	Sim	30	
Total geral de Geometridae parasitadas		55	Total geral de parasitoides		112

Na área de Cerrado chamada de Trilha da Natureza, das 9 larvas de parasitoides que emergiram de seus hospedeiros, 8 (88,9%) tornaram-se adultos e dessa forma foram identificados; já na área Cerrado Y o número de larvas de parasitoides que tornaram-se adultas foi igual a 88 (85,4%) (Fig. 22). Dos 96 parasitoides que puderam ser identificados, visto que tornaram-se adultos, 96,9% foram da Ordem Hymenoptera e apenas 3,1% da Ordem Diptera.

Os indivíduos da ordem Diptera, foram identificados apenas em família (Tachinidae) enquanto que os Hymenoptera parasitoides foram identificados em nível de gênero (Fig. 23): *Casinarina* Holmgren 1859, *Charops lucianae* Santos & Onody, 2019, *Cotesia* Cameron, 1891, *Distatrix flavus* Rodrigues, Dias & Pentead-Dias, 2023, *Euplectrus* Westwood, 1832 e *Glyptapanteles* Ashmead, 1904.

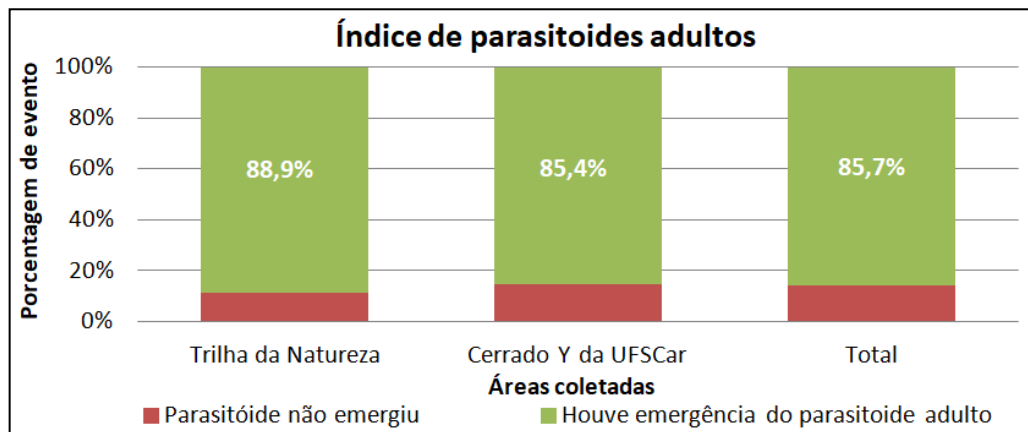


Figura 22. Relação entre o número de indivíduos de parasitoides registrados em larvas de Geometridae em plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP no período de Janeiro a Junho de 2022, e sua emergência do casulo quando adultos.

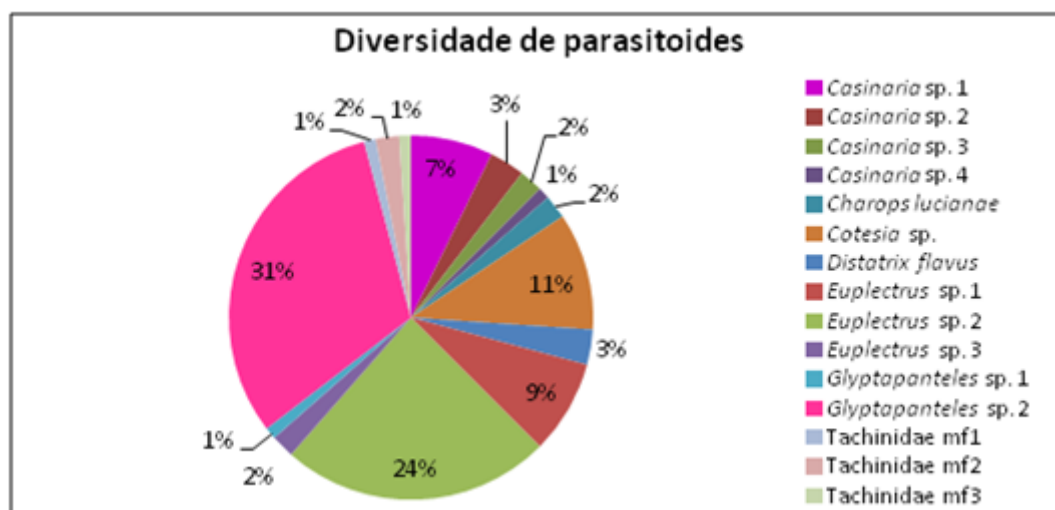


Figura 23. Diversidade de parasitoides adultos registrados parasitando larvas de Geometridae em plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* nas áreas de Cerrado conhecidas como Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP no período de Janeiro a Junho de 2022. Onde Tachinidae representa os indivíduos pertencentes a ordem Diptera e os demais gêneros descritos são pertencentes à ordem Hymenoptera.

Na área de Cerrado Trilha da Natureza (Fig. 24), foram registradas as morfoespécies *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.3, *Cotesia* sp., Tachinidae mf3 e um indivíduo que não pode ser identificado pois, não completou seu ciclo de vida (parasitoide adulto não emergiu do pupário). Tais parasitoides foram encontrados parasitando somente duas espécies de Geometridae: *Argyrotope paraguayaria* e *Phrygionis polita*. *Argyrotope paraguayaria* foi a espécie que apresentou maior diversidade de parasitoides com quatro morfoespécies (57,1%) diferentes. Além disso, as larvas de Geometridae apresentaram duas morfoespécies de parasitoides em comum: *Casinaria* sp.1 e *Casinaria* sp.3. A área Trilha da Natureza também apresentou morfoespécies diferentes das encontradas na área Cerrado Y: *Casinaria* sp.3 e Tachinidae mf3.

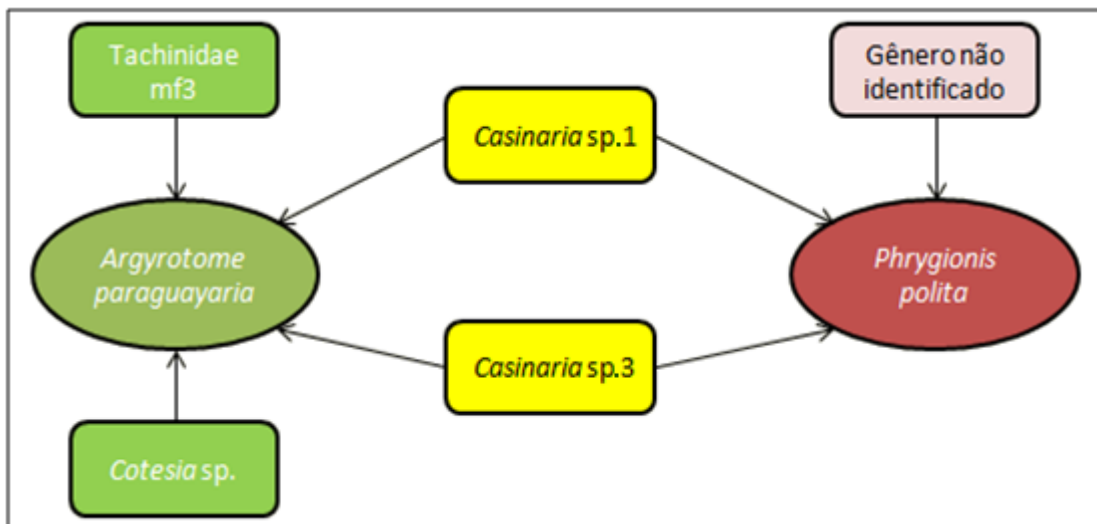


Figura 24. Diagrama representativo das espécies de larvas Geometridae utilizadas como hospedeiras pelas morfoespécies de parasitoides, encontradas associadas à *Myrsine umbellata* na área Trilha da Natureza, UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.

Na área Cerrado Y da UFSCar (Fig. 25), 15 parasitoides não puderam ser identificados pois não emergiram dos pupário; aqueles que emergiram quando adultos foram identificados em 13 morfoespécies diferentes de parasitoides: *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2, *Casinaria* sp.4, *Charops lucianae*, *Cotesia* sp., *Distatrix flavus*, *Euplectrus* sp.1, *Euplectrus* sp.2, *Euplectrus* sp.3, *Glyptapanteles* sp.1, *Glyptapanteles* sp.2, Tachinidae mf1 e Tachinidae mf2. Dessas 13, 10 morfoespécies (76,9%) foram diferentes daquelas encontradas na área Trilha da Natureza.

Foram parasitadas 8 morfoespécies de larvas Geometridae diferentes: *Argyrotope paraguayaria*, *Iridopsis* sp., *Melanolophia* sp., *Opisthoxia* sp., *Phrygionis*

polita, *Prochoerodes onustaria* e Gênero não identificado 5. Sendo a espécie *Phrygionis polita* a que apresentou maior diversidade de parasitoides com 8 morfoespécies (36,4%) diferentes, seguida por *Argyrotope paraguayaria* com 7 morfoespécies (31,8%).

Ainda, nessa área, três morfoespécies de parasitoides foram compartilhadas por três morfoespécies de Geometridae diferentes: *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2 e *Euplectrus* sp.2, por *Argyrotope paraguayaria*, *Melanolophia* sp. e *Phrygionis polita*, respectivamente.

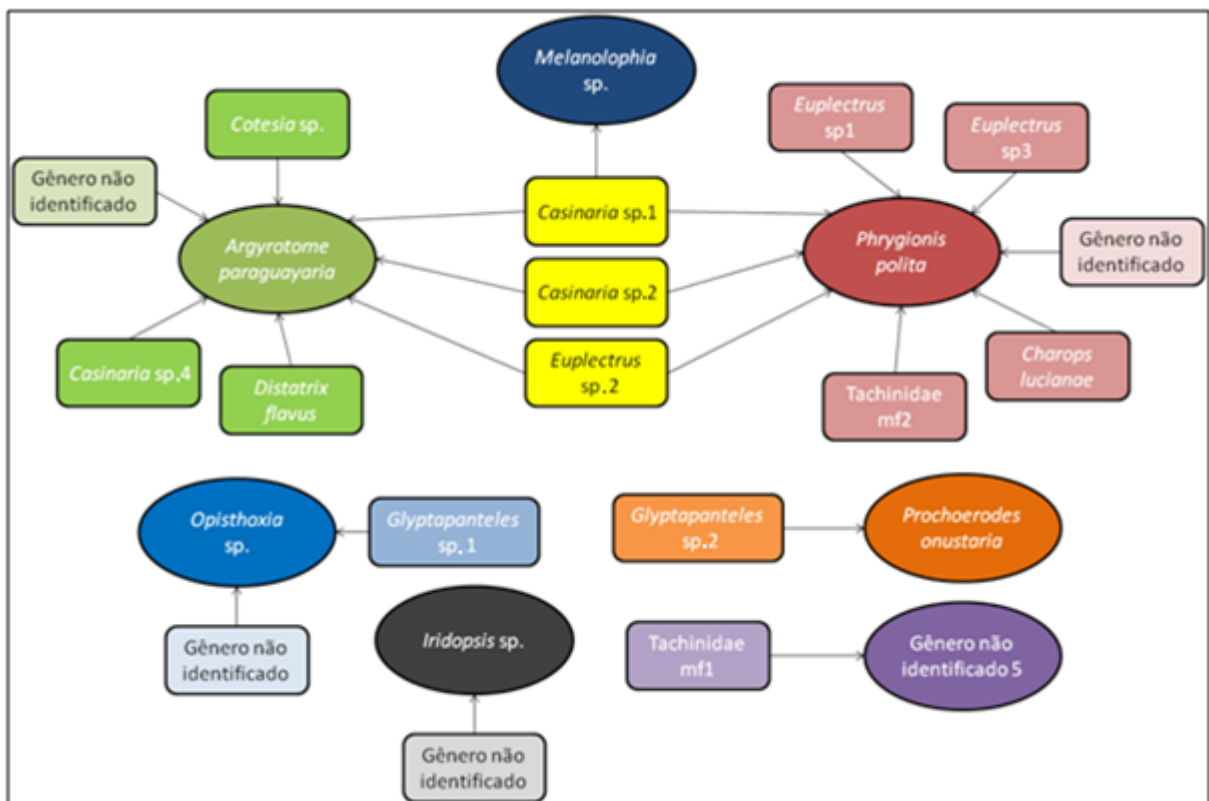


Figura 25. Diagrama representativo das espécies de Geometridae utilizadas como hospedeiras pelas morfoespécies de parasitoides, encontradas associadas à *Myrsine umbellata* na área Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.

Nas duas áreas de coleta, Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, identificou-se o total de 15 morfoespécies diferentes de parasitoides divididos em 7 gêneros distintos parasitando 6 morfoespécies de larvas Geometridae (Fig. 26). *Glyptapanteles* sp.2, por apresentar hábito gregário, foi a morfoespécie que apresentou maior abundância, com 30 indivíduos parasitoides em um único indivíduo de *Prochoerodes onustaria*. Já o gênero *Casinaria*, foi o que apresentou maior diversidade morfológica com quatro morfoespécies diferentes entre os gêneros dos parasitoides. As larvas Geometridae *Argyrotope paraguayaria* e

Phrygionis polita obtiveram a mesma quantidade de morfoespécies de parasitoides (9), sendo 4 (44,4%) em comum nos dois hospedeiros.

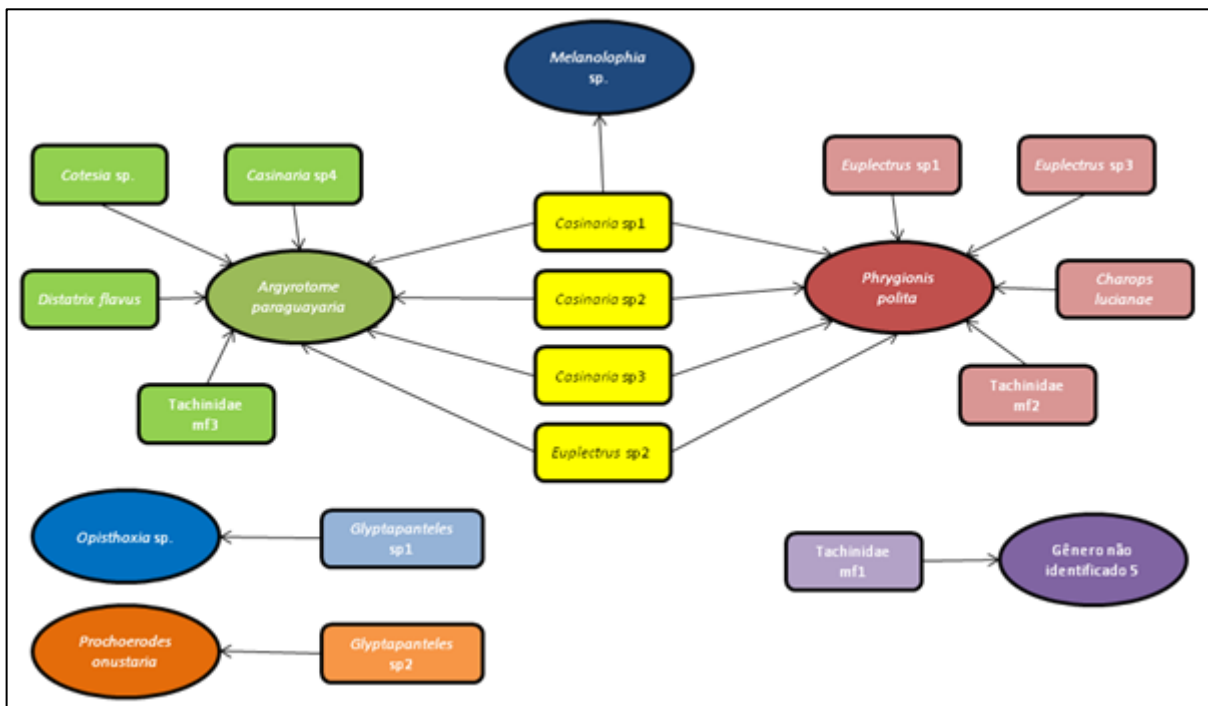


Figura 26. Diagrama representativo dos gêneros de Geometridae utilizados como hospedeiros pelos parasitoides, encontrados associados à *Myrsine umbellata* nas áreas Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, São Carlos, SP, no período de Janeiro a Junho de 2022. Em amarelo estão as morfoespécies de parasitoides que apresentaram larvas hospedeiras em comum.

Diante de todos os dados apresentados sobre os parasitoides encontrados nas duas áreas de coleta. O índice de Shannon-Weaver (H') indicou que a comunidade de parasitoides de larvas Geometridae da área Cerrado Y da UFSCar é mais diversa (1,94) que a comunidade de parasitoides de larvas Geometridae encontrados na área Trilha da Natureza (1,32) em plantas hospedeiras de *Myrsine umbellata* no período de Janeiro a Junho de 2022. Se usado o índice de Simpson (D), as comunidades de ambas as áreas apresentariam índices de diversidade parecidos, sendo 0,72 na área Trilha da Natureza e de 0,79 na área Cerrado Y da UFSCar. Relembrando que isto acontece, pois o índice de Shannon-Weaver (H') dá maior peso a riqueza de espécies do que o índice de Simpson (D).

Dessa forma, de acordo com o índice de Equabilidade de Pielou (J'), a comunidade presente na área Trilha da Natureza obteve como índice de equitabilidade valor igual a 0,95 enquanto na área Cerrado Y da UFSCar, o índice de equitabilidade da comunidade foi de 0,76. Ou seja, a comunidade de parasitoides de larvas Geometridae presente na área Cerrado Y da UFSCar apresenta maior diversidade, conseqüentemente menor índice de equitabilidade quando comparada

a comunidade de parasitoides de larvas Geometridae presente na área Trilha da Natureza que quase atingiu a uniformidade máxima representada pelo número 1.

3.3.1. Parasitoides descritos

a) Família Tachinidae

Representando 4% da diversidade dos parasitoides adultos emergentes nas duas áreas de coleta, Trilha da Natureza e Cerrado Y da UFSCar, sendo divididos em três morfoespécies diferentes, os dípteros da família Tachinidae parasitaram três larvas de Geometridae de espécies diferentes.

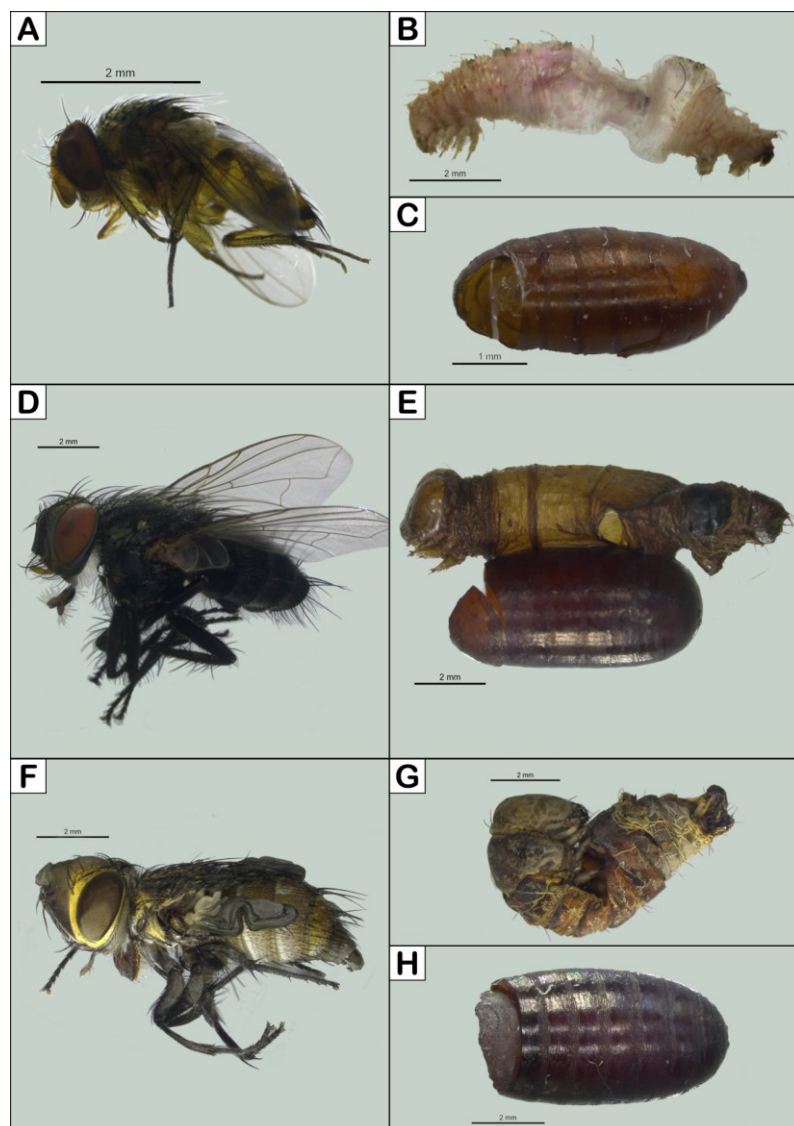


Figura 27. A–C:ciclo de Tachinidae mf1. A, parasitoide adulto em vista lateral; B, larva parasitada de gênero não identificado 2; C, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto. D–E,ciclo de Tachinidae mf2, onde D, parasitoide adulto em vista lateral; E, larva parasitada da espécie *Phrygonis polita* e o pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto. F–H:ciclo de Tachinidae mf3, onde F, parasitoide adulto em vista lateral; G, larva parasitada da espécie *Argyrotome paraguayaria*; H, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto.

O morfotipo Tachinidae mf1 (Figs. 27 A–C), de corpo amarelado e olhos vermelhos, parasitou a larva de Geometridae de Gênero não identificado 2 e permaneceu 7 dias no pupário.

O morfotipo Tachinidae mf2 (Figs. 27 D–E), de corpo escuro/preto e olhos vermelhos, parasitou a espécie *Phrygionis polita*, eclodindo do hospedeiro quando a larva já estava completamente desenvolvida, quando a mesma já media 2,5 cm de comprimento; também permaneceu 7 dias no pupário, até emergência do adulto.

O morfotipo Tachinidae mf3 (Figs. 27 F–H), de cabeça amarela, corpo e olhos marrons, parasitou uma larva de *Argyrotope paraguayaria*. Esse Tachinidae mf3, emergiu depois de 26 dias, quando a larva hospedeira já estava próxima ao estágio de pupa, em abrigo construído com folhas.

b) Família Eulophidae

O gênero *Euplectrus* (Fig. 28) (Hymenoptera, Eulophidae), apresenta distribuição cosmopolita, sendo cenobionte e ectoparasitoide gregário de larvas de Lepidoptera (Hanson & Gauld, 2006).

A oviposição das fêmeas acontece após o veneno paralisante ser injetado na larva hospedeira (Schauff & Janzen, 2001). As larvas já parasitadas não realizaram a ecdise; os ovos são postos em grupos externamente à larva hospedeira, na região dorsal ou dorso-lateral de um ou mais segmentos abdominais (entre A1 e A5); as larvas se alimentam através da cutícula, permanecendo presas na hospedeira por meio das peças bucais. Com uma substância produzida pelos túbulos de Malpighi (Schauff & Janzen, 2001), as larvas tecem casulos sob os despojos dos hospedeiros.

Representando 34% da diversidade dos parasitoides adultos emergentes neste trabalho, *Euplectrus* foi também o gênero que apresentou maior abundância. Foram obtidos 33 indivíduos pertencentes a este gênero, que emergiram de 5 larvas de *Phrygionis polita* e duas de *Argyrotope paraguayaria* coletadas na área Cerrado Y da UFSCar. Das larvas de *Phrygionis polita*, duas foram parasitadas com *Euplectrus* sp.1, duas com *Euplectrus* sp.2 e uma com *Euplectrus* sp.3; as duas larvas de *Argyrotope paraguayaria* foram parasitadas com *Euplectrus* sp.2, que apresentou 23 indivíduos adultos obtidos; sendo o gênero *Euplectrus* sp.2 o que apresentou maior número de indivíduos entre os *Euplectrus* spp. deste trabalho.

Cinco dos parasitoides não emergidos dos seus respectivos pupários apresentavam características do gênero *Euplectrus*.

Em Barros (2007), *Euplectrus* spp. ocorreram parasitando 10 larvas de *Phrygionis polita*, duas de *Phrygionis paradoxata* (Guenée, 1858), quatro de *Glena* sp. e quatro em espécies não identificadas. Novamente, o gênero *Phrygionis* foi o seu principal hospedeiro. Em outros trabalhos foram encontrados mais hospedeiros para este gênero de parasitoide, com destaque para os Geometridae *Sphacelodes vulneraria* (Hübner, 1823) (Schauff & Janzen, 2001); *Glena* sp., *Macaria brunneata* (Thunberg, 1784), *Prochoerodes forficaria* (Guenée, 1857), *Scopula emissaria* (Walker, 1861) (Noyes, 2002 *apud* Hanson & Gauld, 2006); *Hymenomima* sp., *Iridopsis sapulena* Schaus, 1897, *Semaeopus* sp., *Melanolophia* sp. (Fernandes, 2003); *Cyclomia mopsaria* Guenée, 1858 (Marconato, 2001), *Leuciris* sp. e *Prochoerodes* sp. (Osorio, 2005).

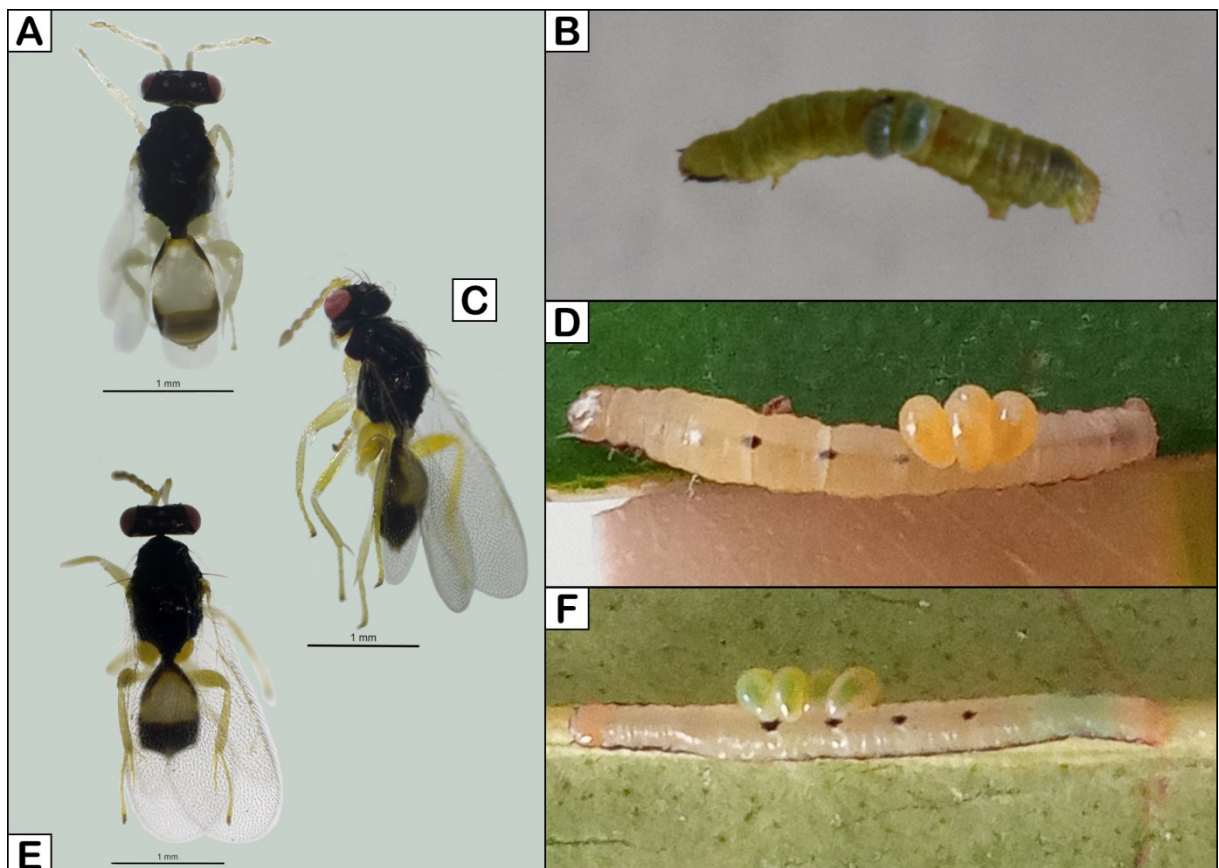


Figura 28. *Euplectrus* spp. A, *Euplectrus* sp.1, C, *Euplectrus* sp.2, E, *Euplectrus* sp.3. B, D, F, larva de *Phrygionis polita* ainda viva parasitada por *Euplectrus* sp.1 (B), *Euplectrus* sp.2 (D) e *Euplectrus* sp.3 (F).

c) Família Braconidae (Microgastrinae)

Dos 7 gêneros de parasitoides encontrados nas áreas de coletas, três pertencem à família Braconidae, subfamília Microgastrinae: *Cotesia* sp. *Distatrix flavus* e *Glyptapanteles* spp. Em número de indivíduos de parasitoides que completaram seu ciclo de vida, os Braconidae representaram 45,8% do total dos registros, sendo 33,3% na área Trilha da Natureza e 39,8% na área Cerrado Y da UFSCar.

i. *Cotesia* sp. (Fig. 29)

Foram obtidos 10 indivíduos do gênero *Cotesia*, que representaram 10,4% dos parasitoides e 22,7% dos Microgastrinae descritos. Ocorreram parasitando *Argyrotope paraguayaria* em ambas as áreas de estudo. O tempo médio entre formação de pupário (branco) até a emergência do parasitoide adulto foi de 6 dias. O gênero já havia sido descrito anteriormente em plantas da mesma região de coleta por Fernandes (2003) parasitando duas larvas de *Melanolophia* sp.

ii. *Distatrix flavus* (Fig. 30)

Distatrix, gênero neotropical, solitário ou gregário, com anteriormente 32 espécies descritas e apenas uma sendo brasileira, *Distatrix iglesiassi* Viereck, 1913 (Yu & Horstmann, 1997). Já havia sido identificado parasitando 9 famílias diferentes de Lepidoptera, principalmente Geometridae e Papilionidae (Fernandez-Triana *et al.* 2020). Além de ter sido citado no trabalho de Fernandes (2003) parasitando *Epidromia linearis* Guenée, 1852 (Erebidae), se alimentando de *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae).

Distatrix flavus Rodrigues, Dias & Penteado-Dias, 2023, foi descrita pela primeira vez durante a realização deste trabalho; representando 6,8% da diversidade da subfamília Microgastrinae e 3,1% da diversidade de parasitoides coletados nas duas áreas de estudo. A espécie foi descrita como a primeira ocorrência do gênero parasitando *Argyrotope paraguayaria* e tendo *Myrsine umbellata* como planta hospedeira; oito dias foi tempo médio entre formação de pupário até a emergência do parasitoide adulto (Anexo 1).

iii. *Glyptapanteles* spp. (*Glyptapanteles* sp.1, *Glyptapanteles* sp.2) (Figs. 31–32)

Glyptapanteles, gênero de distribuição cosmopolita, bastante comum e diverso, cenobionte endoparasitoide, podendo ser solitário ou gregário (Hanson & Gauld, 2006). Nesse estudo, com 70,5% da diversidade de Microgastrinae, o gênero apresentou o segundo maior índice de abundância (32%) de parasitoides com 31 indivíduos de duas morfoespécies que emergiram respectivamente, de *Opisthoxia* sp. (1 indivíduo) (Fig. 31) e *Procherodes onustaria* (30 indivíduos gregários) (Fig. 32). Ainda ocorreram cinco larvas que não completaram seu ciclo, que, pela morfologia dos pupários pertenciam a este gênero, parasitando: *Iridopsis* sp. (1), *Opisthoxia* sp. (3) e *Phrygionis polita* (1).

Glyptapanteles foi citado em outros trabalhos parasitando de forma solitária *Eois tegularia* (Guenée, 1857) e *E. glauculata* (Walker, 1863) por Braga (1997); e de forma gregária em *Semaeopus* sp., *Glena* sp., *Hymenomima* sp., *Physocleora* sp. Warren, 1897 por Fernandes (2003) e em *Macaria* sp. por Osorio (2005).

Ambos morfotipos amostrados apresentaram 6 dias entre formação de casulo (cinza-acastanhado) até a emergência do parasitoide adulto. Para a morfoespécie *Glyptapanteles* sp.2, a larva hospedeira permaneceu viva por vários dias após a emergência das larvas parasitoides e continuou a reagir defensivamente ao ser perturbada. Esse mesmo comportamento foi relatado por Fernandes (2003).

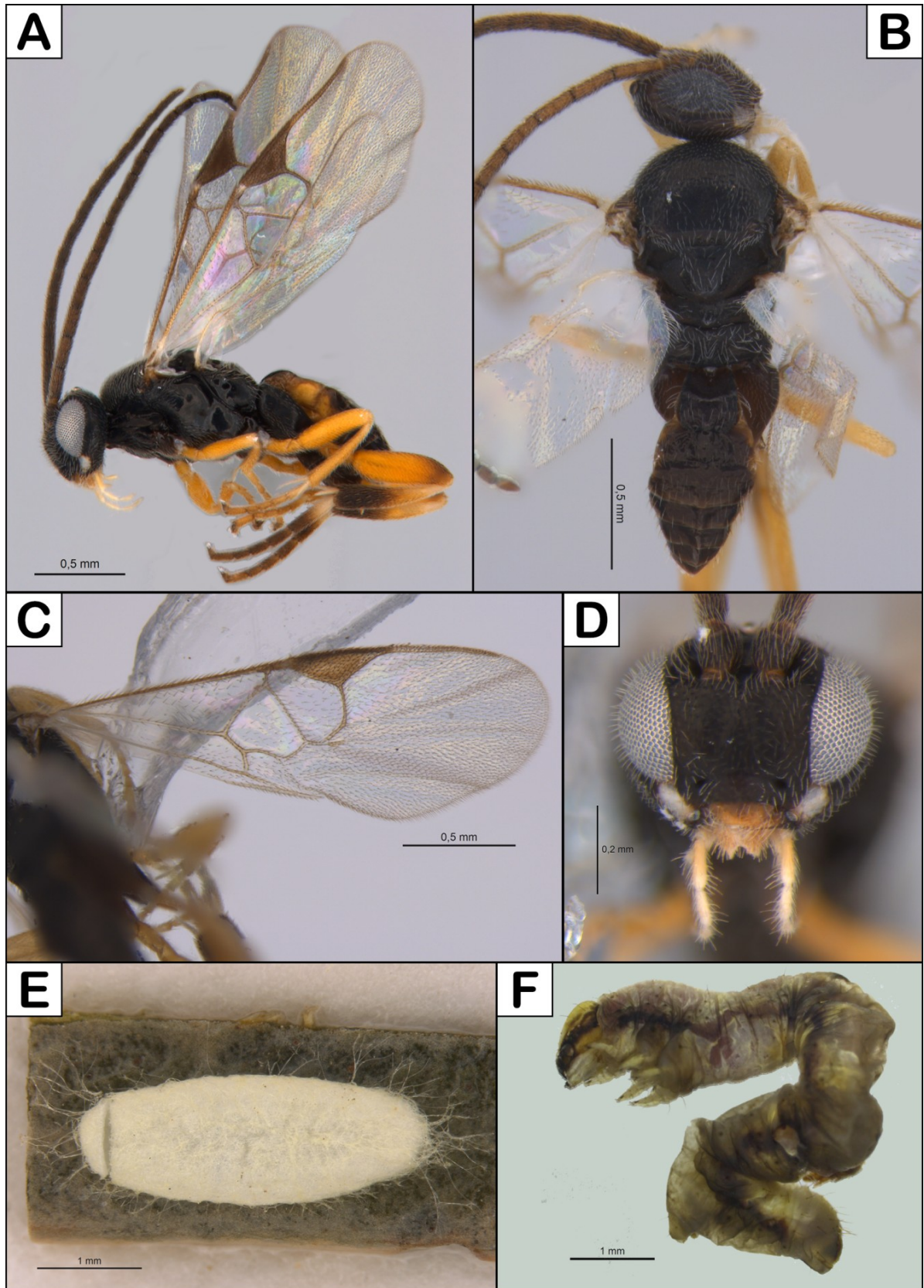


Figura 29. *Cotesia* sp. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupários após a emergência dos parasitoides adultos; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

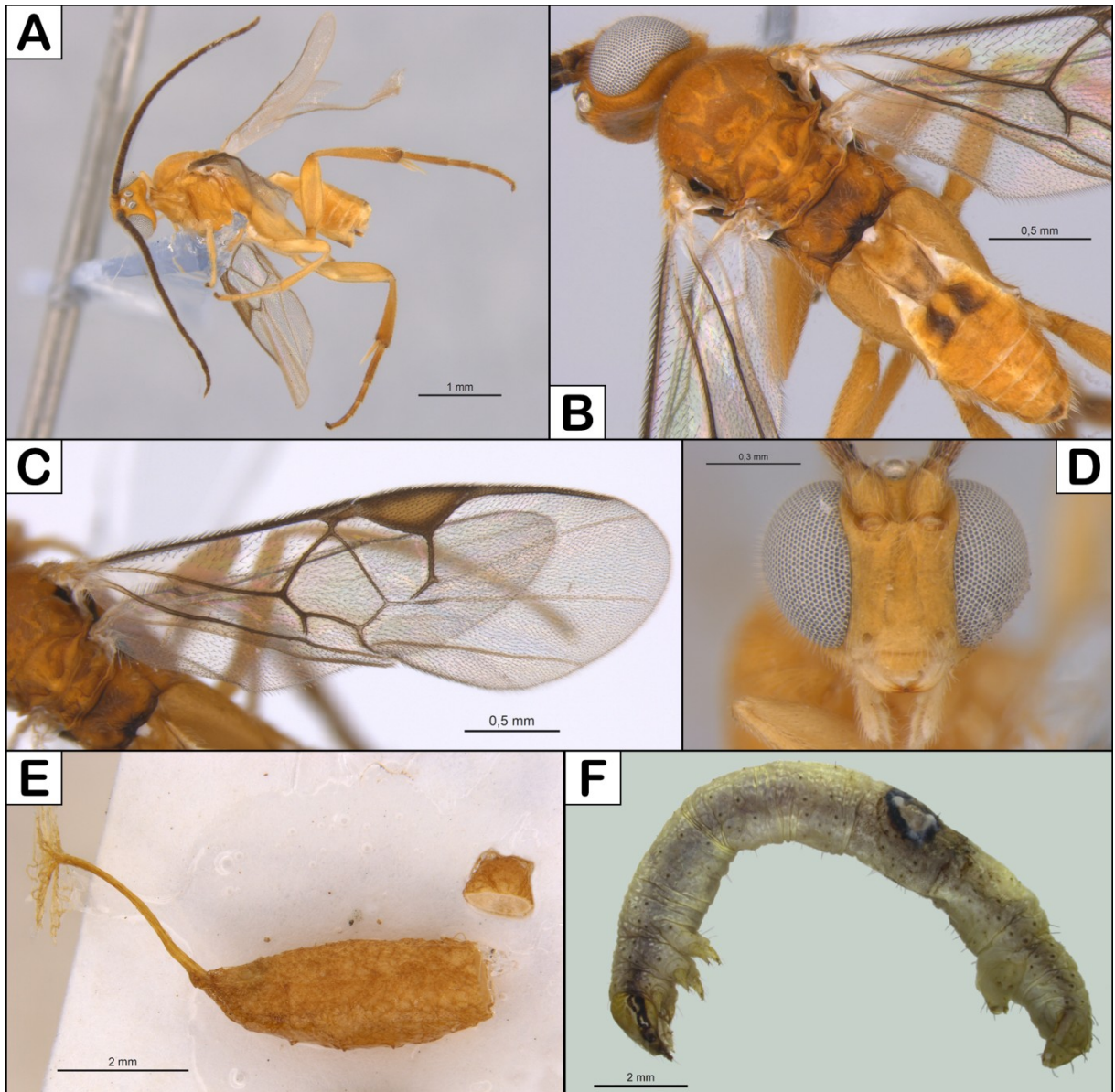


Figura 30. *Distatrix flavus*. A, fêmea adulta em vista lateral; B, fêmea adulta em vista dorsal; C, asas anteriores; D, cabeça vista frontal; E, pupário após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira de *Argyrotope paraguayaria* após emergência da larva parasitoide.

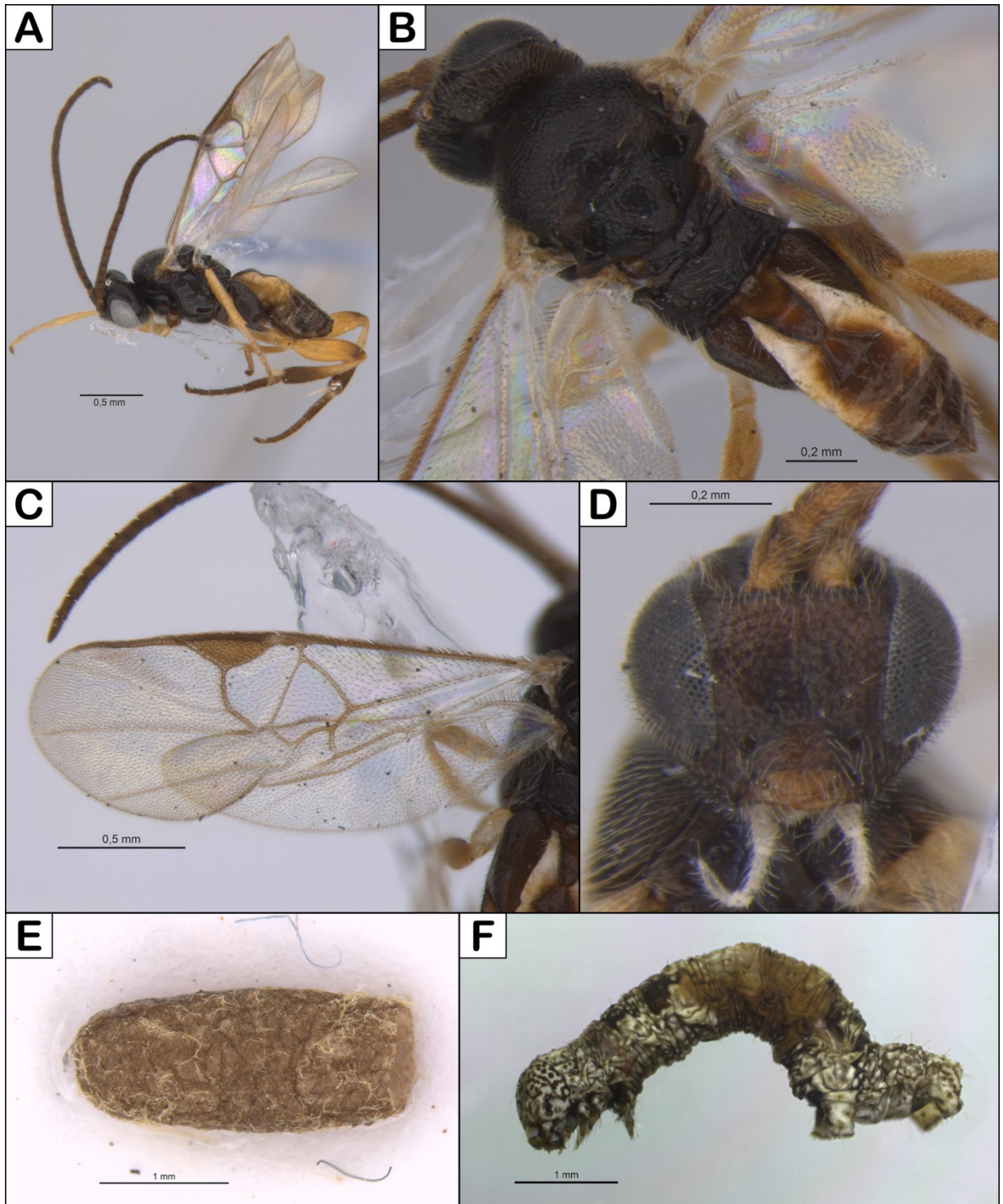


Figura 31. *Glyptapanteles* sp.1. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário após a emergência do parasitoide adulto; F, corpo da larva hospedeira de *Opisthoxia* sp. após a emergência da larva parasitoide.

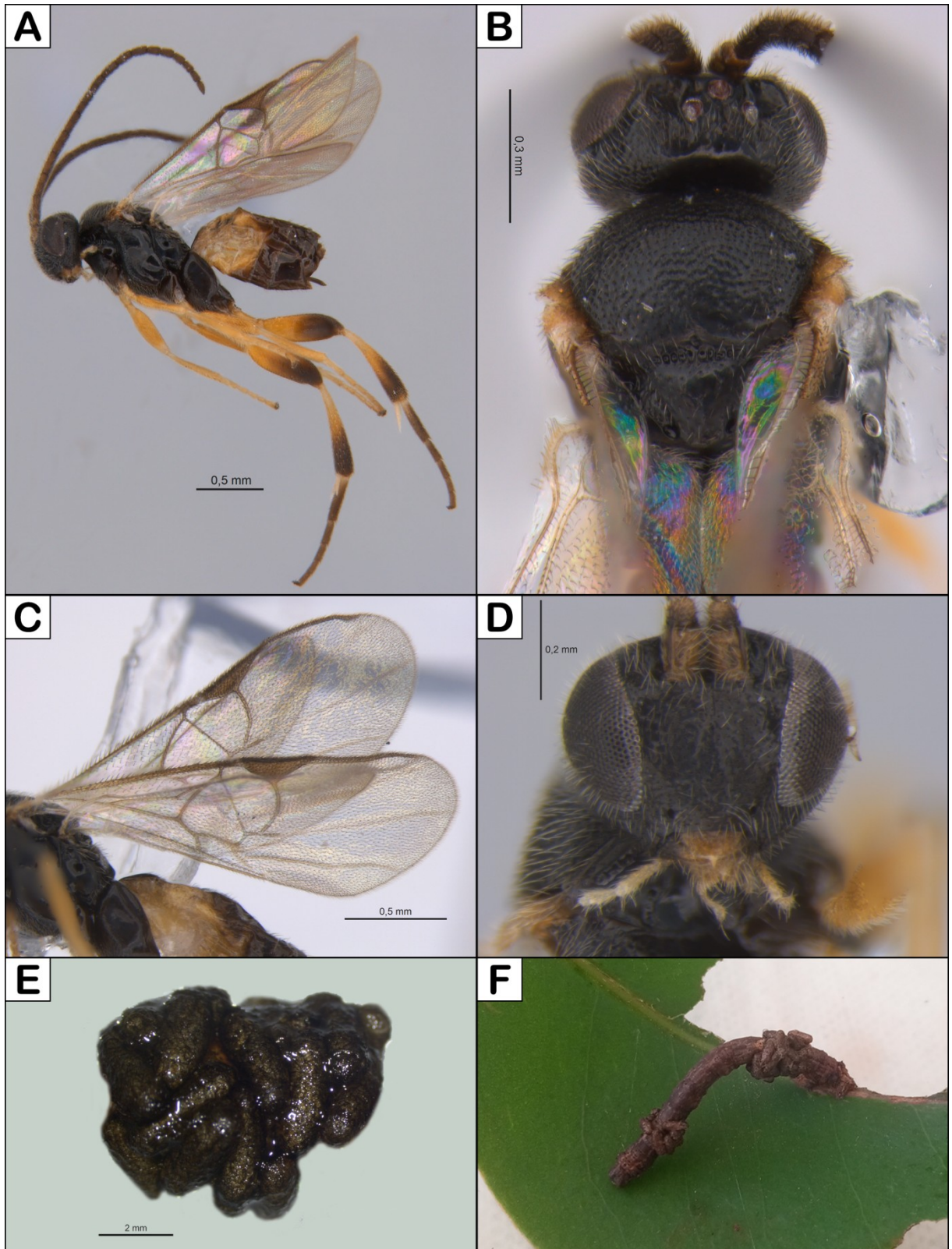


Figura 32. *Glyptapanteles* sp.2. A, adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça em vista frontal; E, pupários após a emergência dos parasitoides adultos; F, larva de *Prochoerodes onustaria*, ainda viva, com os parasitoides.

d) Família Ichneumonidae (Campopleginae)

Foram obtidos 15 indivíduos pertencentes à família Ichneumonidae, todos da subfamília Campopleginae, divididos em dois gêneros: *Casinaria* e *Charops*. Em número de indivíduos parasitoides que completaram seu ciclo de vida, os Campopleginae representaram 15,6% da diversidade nas duas áreas estudadas sendo 4,2% da área Trilha da Natureza e 11,5% da área Cerrado Y da UFSCar, separadamente.

Os parasitoides emergiram das larvas hospedeiras quando as mesmas estavam em penúltimo instar (*Casinaria* spp.) ou em estágio intermediário (*Charops lucianae*); empuparam em situação exposta, próximo aos despojos das larvas hospedeiras e na superfície inferior da folha ou na tampa dos potes. Seus pupários apresentaram diferenças de tamanho, eram elípticos, cor castanho-claro, de textura fibrosa, com padrão de manchas escurecidas nas extremidades e outras equidistantes (Figs. 33E, 34E, 35E, 36E) ou com padrão de manchas escurecidas nas extremidades e no centro (Fig. 37E), dispostas transversalmente.

i. *Casinaria* spp. (*Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2, *Casinaria* sp.3 e *Casinaria* sp.4) (Figs 33–36)

O gênero *Casinaria* spp. representou 13,5% da diversidade de parasitoides que ocorreram em ambas áreas de estudo; representando 86,7% da diversidade dos Campopleginae coletados. Apresentou 4 morfoespécies diferentes nomeadas como *Casinaria* sp.1, *Casinaria* sp.2, *Casinaria* sp.3 e *Casinaria* sp.4., respectivamente com tempo médio em dias do período no casulo: 7 (sp.1), 6 (sp.2), 9 (sp.3) e 6 (sp.4) dias. Dos 14 espécimes, um não emergiu de seu pupário não podendo ser identificado.

Casinaria sp.1 (sete indivíduos) parasitou indivíduos de *Argyrotope paraguayaria* e *Phrygionis polita* em ambas as áreas de estudo, além de também parasitar um indivíduo de *Melanolophia* sp. presente somente na área Cerrado Y da UFSCar. *Casinaria* sp.2 (três indivíduos) e *Casinaria* sp.3 (dois indivíduos) parasitaram larvas de *Argyrotope paraguayaria* e *Phrygionis polita*; *Casinaria* sp.2 ocorreu na área Cerrado Y da UFSCar, e *Casinaria* sp.3 na área Trilha da Natureza. O único espécime de *Casinaria* sp.4 ocorreu na área Cerrado Y da UFSCar parasitando larva de *Argyrotope paraguayaria*.

O gênero *Casinaría* sp. já havia sido encontrado parasitando outros gêneros de Geometridae. Geraldo (2011) citou o parasitoide sobre larva de *Prochoerodes* sp. sobre plantas de *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC.; Fernandes (2003) citou um indivíduo do gênero que emergiu da larva de *Hymenomima conia* Prout, 1931.

ii. ***Charops lucianae* (Fig 37)**

Charops lucianae representou 13,3% da diversidade de Campopleginae coletados, apenas 2,1% da diversidade de parasitoides encontrados em todo trabalho. Com uma média de 8 dias no período no puário, foram encontradas duas larvas parasitando dois indivíduos de *Phrygonis polita* na área Cerrado Y da UFSCar.

O gênero *Charops* sp. foi citado anteriormente por Yu & Horstmann (1997) parasitando 12 membros de famílias diferentes de Lepidoptera, entre os Geometridae foram: *Ectropis* sp., *Garaeus* sp., *Hypagyrtis* sp. e *Lambdina* sp.; Marconato (2001) registrou parasitismo em *Cyclomia mopsaria*, *Glena* sp. e *Iridopsis fulvitincta*; Fernandes (2003) em *Oxydia vesulia*; Barros (2007) utilizando três larvas de *Prochoerodes* sp. e uma larva de Geometridae não identificada como hospedeiros. Geraldo (2011) citou o gênero parasitando seis espécies diferentes de hospedeiros sobre cinco tipos de plantas: *Macaria rigidata*, *Eois tegularia*, *Physocleora dimidiaria*, além de *Hymenomina* sp. e um indivíduo não identificado, sob *Jacaranda mimosifolia*, *Piper mollicomum*, *Hyptis* sp., *Sebastiania brasiliensis*.

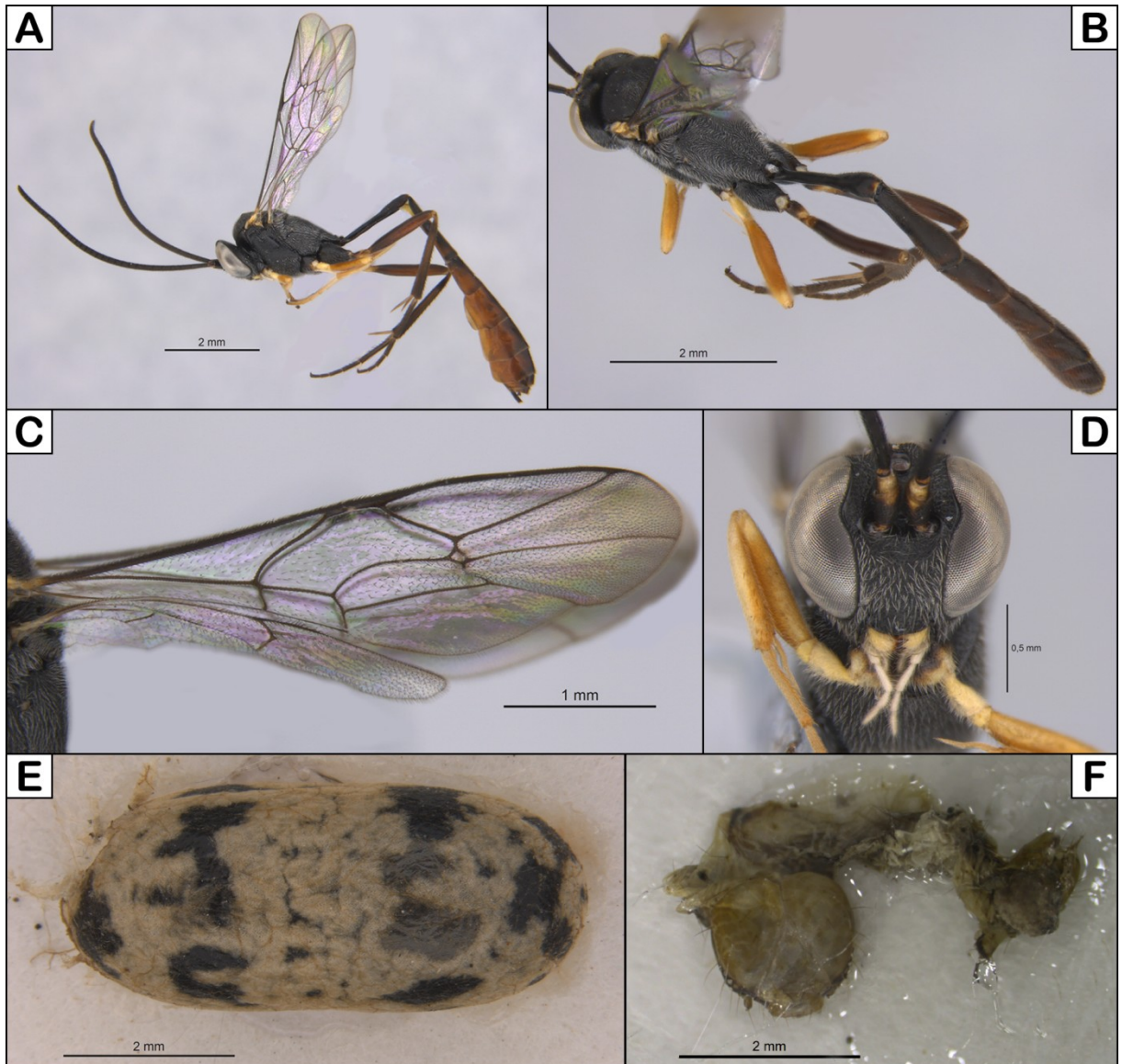


Figura 33. *Casinaria* sp.1. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

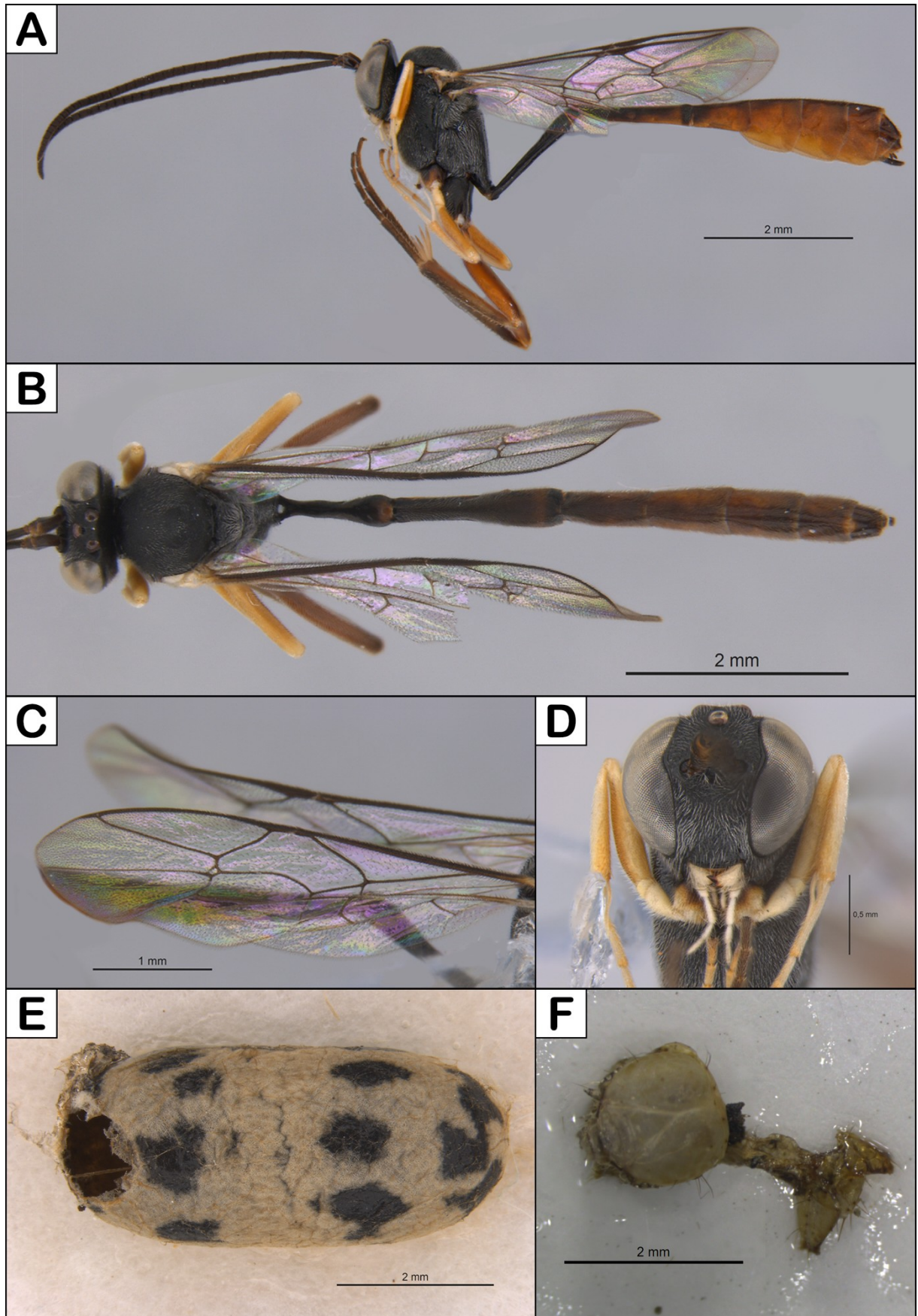


Figura 34. *Casinaria* sp.2. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas ; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

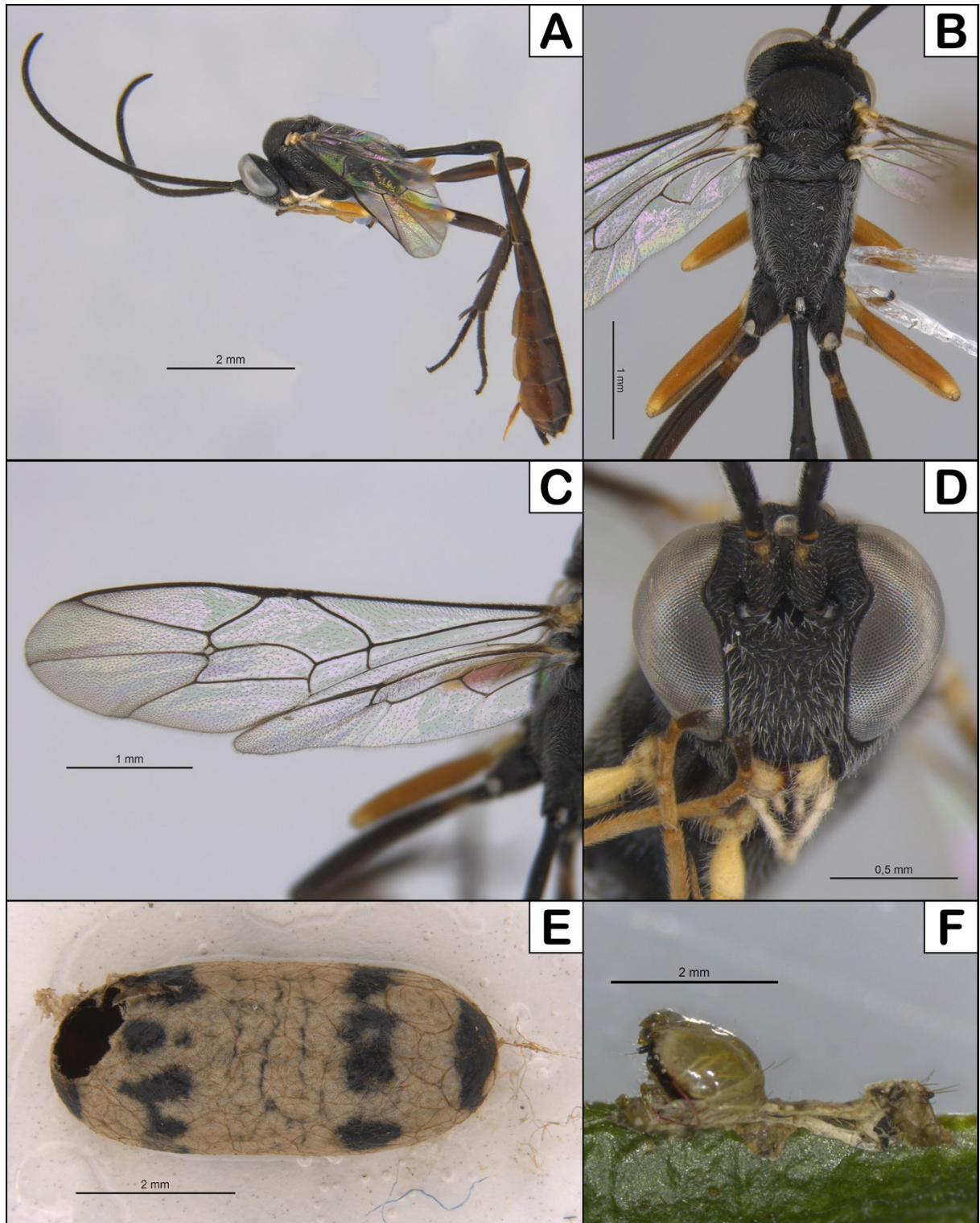


Figura 35. *Casinaria* sp.3. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

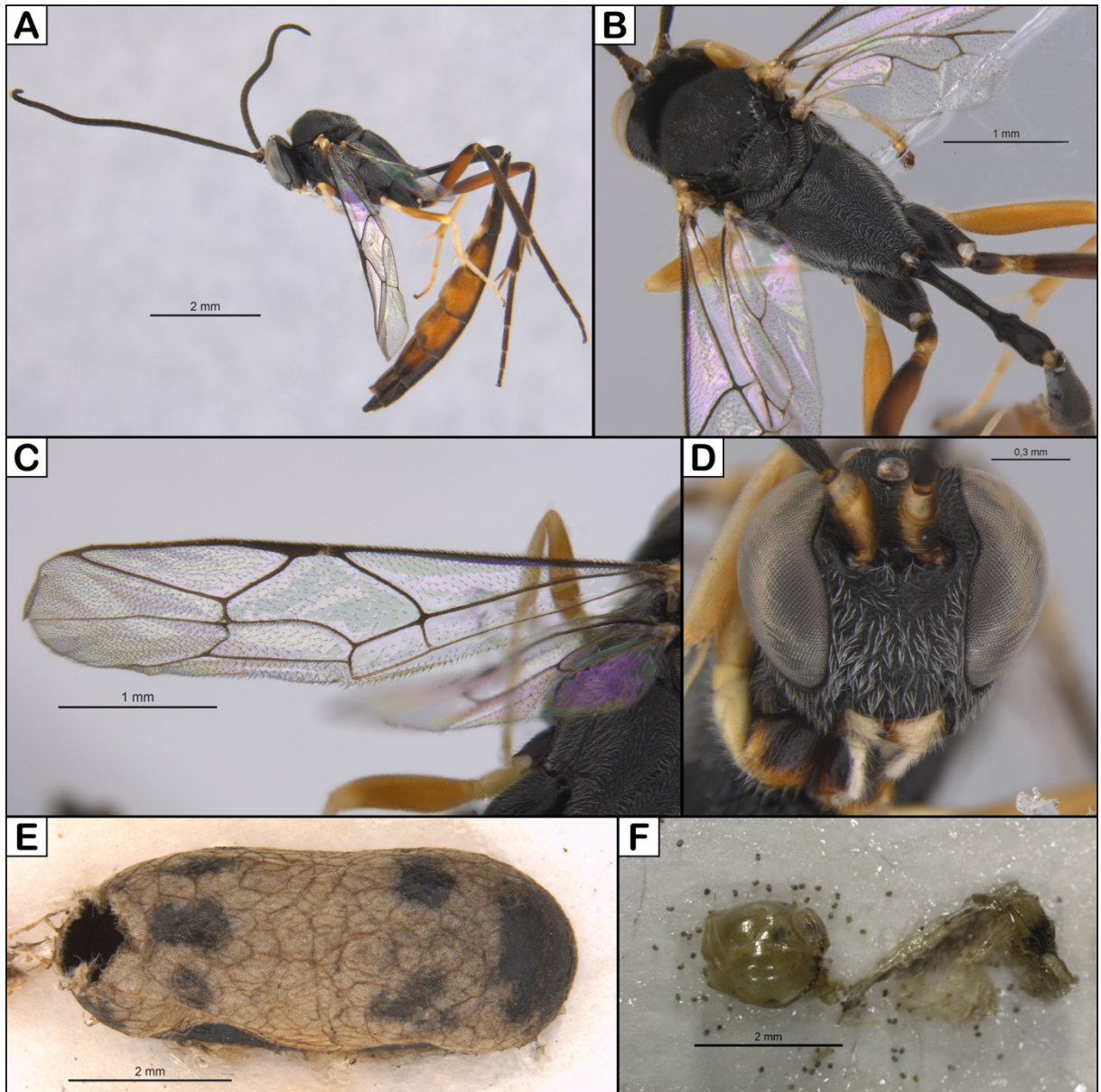


Figura 36. *Casinaria* sp.4. A. adulto em vista lateral; B, adulto em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

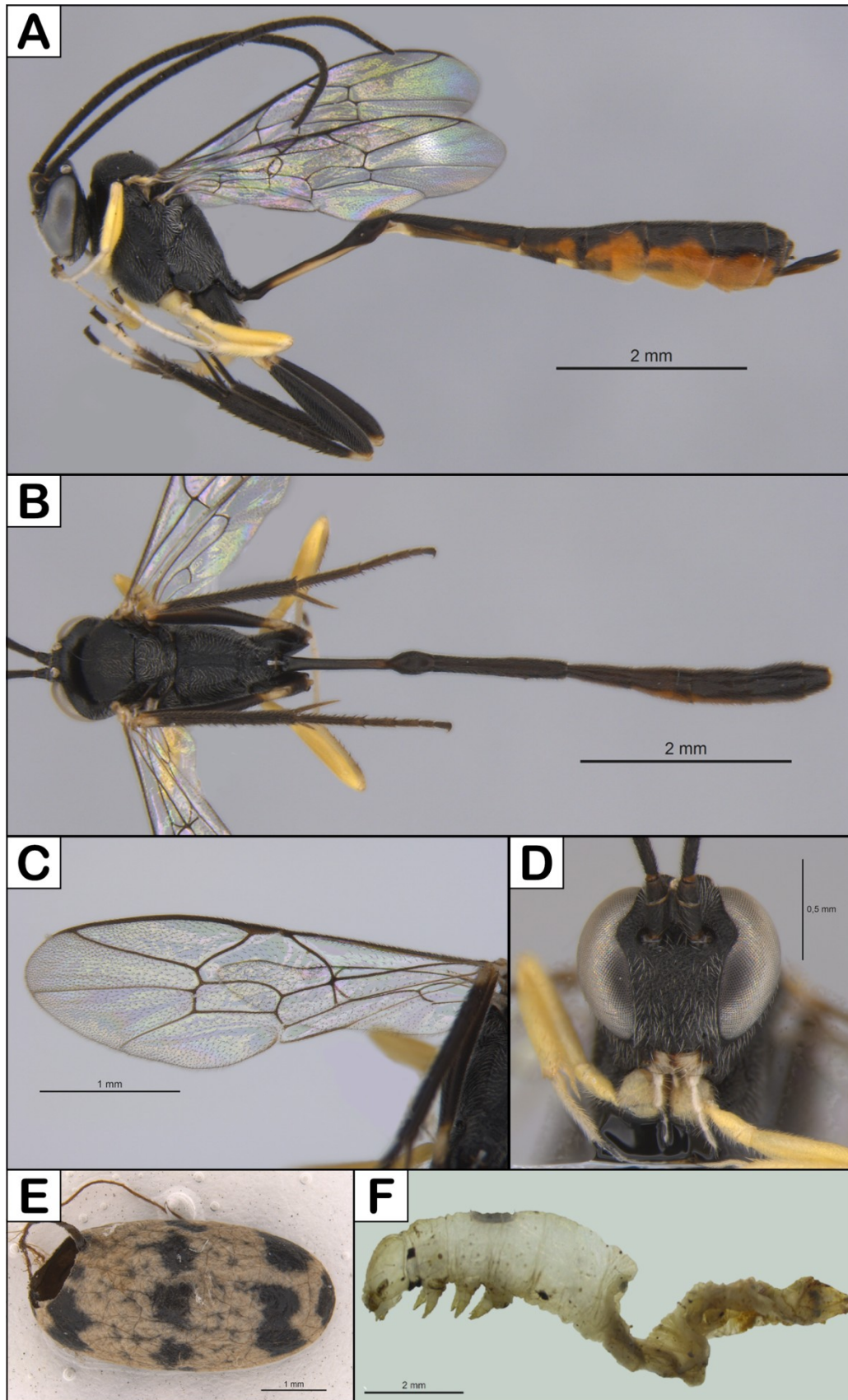


Figura 37. *Charops lucianae*. A, fêmea em vista lateral; B, fêmea em vista dorsal; C, asas; D, cabeça vista frontal; E, pupário aberto após a emergência do parasitoide adulto; F, larva hospedeira após emergência da larva parasitoide.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados faunísticos obtidos neste trabalho em plantas de *Myrsine umbellata* Mart. de áreas de Cerrado da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, foi possível contribuir para o conhecimento dos estágios imaturos dos Geometridae, especialmente aqueles pertencentes à tribo Palyadini, incluindo sua morfologia, aspectos bionômicos e parasitoides. Visto que os Palyadini foram o grupo que apresentou maior abundância de indivíduos e maior ocorrência de parasitismo, onde as espécies *Phrygionis polita* Cramer, 1780 e *Argyrotome paraguayaria* Schaus, 1927 apresentaram maior abundância e maior índice de parasitismo, respectivamente.

Glyptapanteles sp. (Hymenoptera, Braconidae, Microgastrinae) e *Euplectrus* sp. (Hymenoptera, Eulophidae), de hábito gregário, foram os gêneros que apresentaram maior abundância de parasitoides adultos emergidos. Enquanto *Casinaria* spp. (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae) apresentou maior diversidade de morfoespécies. Ainda, obteve-se o primeiro registro de *Distatrix flavus* Rodrigues, Dias & Penteado-Dias, 2023.

Por fim, as comunidades tanto de larvas Geometridae que se alimentam de *Myrsine umbellata* Mart. quanto de seus parasitoides presentes na área Cerrado Y da UFSCar, área de Cerrado preservado, apresentaram maior diversidade, consequentemente menores índices de equitabilidade quando comparadas as comunidades de larvas Geometridae e seus parasitoides presentes na área Trilha da Natureza, São Carlos, SP, área de Cerrado em recuperação após incêndio.

Referências bibliográficas

- ABRAHAM, D.; RYRHOLM, N.; WITZELL, H.; HOLLOWAY, J. D.; SCOBLE, M. J.; ARAB, A. & BENTO, J. M. S. Plant volatiles: new perspectives for research in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 151-158. 2006.
- ALHO, C. JR. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estudos avançados**, v. 26, p. 151-166, 2012.
- ALTIERI, M. A.; LETOURNEAU, D. K.; RISCH, S. J. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 2, n. 2, p. 131-169, 1984.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, CHASE, M. W., CHRISTENHUSZ, M. J., FAY, M. F., BYNG, J. W., JUDD, W. S. *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.
- ARAB, A.; BENTO, J. M. S. Plant volatiles: new perspectives for research in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 151-158, 2006.
- BACKES, P., IRGANG, B. Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico. **Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz**, v. 1, p. 278, 2002.
- BARBOSA, P.; BENREY, B. The influence of plants on insect parasitoids: implications for conservation biological control. In: **Conservation biological control**. Academic Press, p. 55-82.1998.
- BARROS, L. T. E. Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados a *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez, 1902 (Myrsinaceae) na região de São Carlos, SP. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de São Carlos. 2007.
- BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Bioma Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 1-4, 2011.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **An introduction to the study of insects**. New York, USA, Holt, Rinehart & Winston, 1971.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D. XU. Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian Savana (Cerrado), 19986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. **Land Use Policy**, v. 25, p. 579-595, 2008.
- CARDINALE, B. J., DUFFY, J. E., GONZALEZ, A., HOOPER, D. U., PERRINGS, C., VENAIL, P., NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012.
- CHAO, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. **Biometrics**, p. 783-791, 1987.
- CHAO, A. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. **Scandinavian Journal of statistics**, p. 265-270, 1984.

- CHAO, A.; JOST, L. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. **Ecology**, v. 93, n. 12, p. 2533-2547, 2012.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 929. 2013.
- COLEY, P. D.; BARONE, J. A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual review of ecology and systematics**, p. 305-335, 1996.
- COOK, M. A.; SCOBLE, M. J. Tympanal organs of geometrid moths: a review of their morphology, function, and systematic importance. **Systematic Entomology**, v. 17, n. 3, p. 219-232, 1992.
- COSTA LIMA, A. Duas espécies de *Gitona* predadoras de coccídeos do gênero *Orthezia* (Diptera: Drosophilidae). **Arthropoda**, v. 1, p. 247-253, 1950.
- COSTA, F. Plantas hospedeiras, insetos folívoros e o terceiro nível trófico. **La Insígnia**, Ecologia, p. 1-11, 2004.
- COSTA, V. A.; PERIOTO, N. W. Tecnologia sustentável: Insetos parasitoides. 2017.
- DE MELO, R. L., PRATISSOLI, D., POLANCZYK, R. A., TAVARES, M., MILANEZ, A. M., MELO, D. F. Ocorrência de *Trichospilus diatraeae* (Hym.: Eulophidae) em broca-das-cucurbitáceas, no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 228-230, 2011.
- DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T. & TUMLINSON, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, n. 6685, p. 570-573, 1998.
- DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C.; CAMARGO, A. J. A. Host plants of lepidopteran caterpillars in the Cerrado of the Distrito Federal, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 45, n. 2, p. 107-122, 2001.
- DUARTE, M.; MARCONATO, G.; SPECHT, A. & M. M. CASAGRANDE. Lepidoptera. Capítulo 37, p. 625-682. In: Rafael, J. A.; Melo, G. A. R.; Carvalho, C. J. B.; Casari, S. A. & R. Constantino (eds). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 796 p., 2012.
- EHRlich, P. R.; RAVEN, P. H. Butterflies and plants: a study in coevolution. **Evolution**, p. 586-608, 1964.
- FERNANDES, A. L. T., Partelli, F. L., Bonomo, R., Golynski, A. A moderna cafeicultura dos Cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 231-240, 2012.
- FERNANDES, L. B. dos R. Hymenoptera parasitoides de larvas de Lepidoptera associadas a *Croton floribundus* Spreng (Euphorbiaceae). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de São Carlos. 2003.
- FERNANDES, P. A.; PESSÔA, V. L. S. O cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 7, p. 19-37, 2011.

FORISTER, M. L.; NOVOTNY, V.; PANORSKA, A. K.; BAJE, L.; BASSET, Y.; BUTTERILL, P. T.; CIZEK, L.; COLEY, P. D.; DEM, F.; DINIZ, I. R.; DROZD, P.; FOX, M.; GLASSMIRE, A. E.; HAZEN, R.; HRCEK, J.; JAHNER, J. P.; KAMAN, O.; KOZUBOWSKI, T. J.; KURSAR, T. A.; LEWIS, O.T.; LILL, J.; MARQUIS, R. J.; MILLER, S. E.; MORAIS, H. C.; MURAKAMI, M.; NICKEL, H.; PARDIKES, N. A.; RICKLEFS, R. E.; SINGER, M. S.; SMILANICH, A. M.; STIREMAN, J. O.; VILLAMARÍN-CORTEZ, S.; VODKA, S.; VOLF, M.; WAGNER, D. L.; WALLA, T.; WEIBLEN, G. D. DYER, L. A. The global distribution of diet breadth in insect herbivores. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 2, p. 442-447, 2015.

FREITAS, M. F. *Myrsine in: Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10223>>. Acesso em: 22 set. 2022

FREITAS, M. F.; CARRIJO, T. T.; LUNA, B. N. de. Sinopse dos gêneros de Primulaceae no Brasil. **Rodriguésia**, v. 68, p. 129-142, 2017.

FREITAS, M. F.; KINOSHITA, L. S. Myrsine (Myrsinoideae-Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, p. 167-189, 2015.

GARZÓN-ORDUÑA, I. J. A new species of *Ophthalmoblysis* Scoble, 1995 (Geometridae: Ennominae) from México with 'sleepy' eyespots. **Zootaxa**, v. 4706, n. 3, 2019.

GAULD, I. D. The Ichneumonidae of Costa Rica, 2. **Memoirs American Entomology Institute**, v. 57, n. 1, 485 p., 1997.

GAULD, I. D. The Ichneumonidae of Costa Rica, 3. **Memoirs American Entomology Institute**, v. 63, n. 1, 453 p., 2000.

GAULD, I. D.; BOLTON, B. **The Hymenoptera**. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 332 p. 1996.

GERALDO, M. Larvas de Geometridae (Lepidoptera) e seus parasitoides em sub-bosque nativo na Universidade Federal de São Carlos, Campus São Carlos, Estado de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de São Carlos. 2011.

GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton University Press, 1994.

GOULET, H.; HUBER, J. T. **Hymenoptera of the world: an identification guide to families**. Ottawa, Ontario. 1993.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S.; MCINNES, K. H.; HOENEN, S. M. M. **Os insetos: um resumo de entomologia**. Roca, 2007.

HANSON, P. E.; GAULD, I. D. (Ed.). Hymenoptera de la región Neotropical. **The American Entomological Institute**, Gainesville, 994 p., 2006.

HANSON, P. E.; GAULD, I. D. (Ed.). **The Hymenoptera of Costa Rica**. Oxford: Oxford University Press, 1995.

HOLTZ, A. M.; OLIVEIRA, H. G.; ZANUNCIO, J. C.; SARMENTO, R. A.; RIBEIRO, A. N.; OLIVEIRA, C. L. & MARINHO, J. S. Ação de plantas por meio de infoquímicos sobre o segundo e terceiro níveis tróficos. **Bioscience Journal**, 2006.

JANZEN, D. H.; HALLWACHS, W. Caterpillars, pupae, butterflies and moths of the ACG. Disponível em: < <http://janzen.sas.upenn.edu/> >. Acesso em: 26 set. 2022

JUNG-MENDAÇOLLI, S. L. & BERNACCI, L. C. In: WANDERLEY, M. G. L., SHEPHERD, G. J, MELHEM, T. S. M. & GIULIETTI, A. M. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo - Volume 4**. Editora Rima, 432p, 2006.

KLINK, C. A. AND MACHADO, R. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KRISTENSEN, N. P.; SCOBLE, M. J.; KARSHOLT, O. L. E. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. **Zootaxa**, v. 1668, n. 1, p. 699–747-699–747, 2007.

LIMA, C. **Insetos do Brasil**. Escola Nacional de Agricultura, 1940.

LIMA, T. C. Modelagem **dos vetores de mudança na paisagem no bioma Cerrado**. 56 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Editora Plantarum, 384 p. 2002

MARCONATO, G. Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados a *Erythroxyllum microphyllum* (Erythroxyllaceae) na Região de São Carlos, SP. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos. 2001.

MARCONATO, G.; DIAS, M. M.; PENTEADO-DIAS, A. M. Larvas de Geometridae (Lepidoptera) e seus parasitóides, associadas a *Erythroxyllum microphyllum* St.-Hilaire (Erythroxyllaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, p. 296-299, 2008.

MARINHO, C. F.; DA SILVA, R. A.; ZUCCHI, R. A. **Chave de identificação de Braconidae (Alysiinae e Opiinae) parasitóides de larvas frugívoras na região Amazônica**. 2011.

MORAIS, H. C.; DINIZ, I. R.; SILVA, D. Caterpillar seasonality in a central Brazilian Cerrado. **Revista de Biologia Tropical**, v. 47, n. 4, p. 1025-1033, 1999.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NEW, T. R. **Lepidoptera and conservation**. John Wiley & Sons, 2013.

NOVAES, P., MOLINILLO, J. M., VARELA, R. M., MACIAS, F. A. Ecological phytochemistry of Cerrado (Brazilian savanna) plants. **Phytochemistry reviews**, v. 12, n. 4, p. 839-855, 2013.

NOYES, J. S. **Interactive catalogue of world Chalcidoidea 2001**. Taxapad and the Natural History Museum, London. 2002.

OGWENO MIDIWO, J., YENESEW, A., JUMA, B. F., DERESE, S., AYOO, J. A., ALUOCH, A. O., GUCHU, S. Bioactive compounds from some Kenyan ethnomedicinal plants: Myrsinaceae, Polygonaceae and *Psiadia punctulata*. **Phytochemistry Reviews**, v. 1, n. 3, p. 311-323, 2002.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and Woody flora of the Cerrado biome. In: **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, p. 91-120. 2002.

ONODY, H. C. **Estudo dos Campopleginae (Hymenoptera, Ichneumonidae) neotropicais com ênfase na fauna da Mata Atlântica, Brasil**. 2005.

OSORIO, T. C. Estágios imaturos de geometridae (Lepidoptera) associados à *Stryphnodendron* spp.(Mimosaceae) em área de Cerrado no município de São Carlos, SP. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de São Carlos. 2005.

PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Induced synthesis of plant volatiles. **Nature**, v. 385, n. 6611, p. 30-31, 1997.

PERIOTO, N. W.; LARA, R. I. R.; SELEGATTO, A., LUCIANO, E. S. Himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) coletados em cultura de café *Coffea arabica* L.(Rubiaceae) em Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 71, n. 1, p. 41-44, 2004.

PINHEIRO, A. L., CARMO, A. P. T. D. Contribuição ao estudo tecnológico da canela-azeitona, *Rapanea ferrugínea* (Ruiz e Pav.) Mez, uma espécie pioneira: I-características anatômicas da madeira. **Ciências Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 121-145, 1993.

PITKIN, L. M. Neotropical ennomine moths: a review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). **Zoological journal of the Linnean Society**, v. 135, n. 2-3, p. 121-401, 2002.

POWELL, J. A.; OPLER, P. A. **Moths of western North America**. Berkeley: University of California Press, 2009.

PROVETE, D. B.; SILVA, FR da; SOUZA, T. G. Estatística aplicada à ecologia usando o R. **São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista**, p. 1-122, 2011.

REDONDO, V. M.; GASTON, J.; GIMENO, R. **Geometridae Ibericae**. Brill, 2013.

SCHAUFF, M. E.; GATES, M.; LA SALLE, J. **Familia eulophidae. Introducción a los Hymenoptera de La Región Neotropical**. **Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC**, p. 755-760, 2006.

SCHAUFF, M. E.; JANZEN, D. H. Taxonomy and ecology of Costa Rican *Euplectrus* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of caterpillars. *Taxonomía y ecología de los*

Euplectrus costarricensis (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoides de larvas de mariposas. **Journal of Hymenoptera Research**, v. 10, n. 2, p. 181-230, 2001.

SCOBLE, M. J. A review of the moth tribe Palyadini with the description of a new genus (Geometridae: Ennominae). **Systematic Entomology**, v. 20, n. 1, p. 35-58, 1995.

SCOBLE, M. J. A taxonomic revision of the genera *Phrygionis* Hübner and *Pityeja* Walker (Geometridae: Ennominae, Palyadini). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 111, n. 2, p. 99-160, 1994.

SCOBLE, M. J. **Geometrid Moths of the World: a Catalogue (Lepidoptera: Geometridae)** XXV, 1.016 p. (2 volumes). Collingwood: CSIRO Publishing. 1999.

SHARKEY, M. J. Family Braconidae, p. 362-395. In: H. GOULET & J. T. HUBER (eds.). **Hymenoptera of the world: An identification guide to families**. Ottawa, Research Branch Agriculture Canada Publication 1894/E, vii + 668 p. 1993.

SIHVONEN, P., MUTANEN, M., KAILA, L., BREHM, G., HAUSMANN, A., STAUDE, H. S. Comprehensive molecular sampling yields a robust phylogeny for geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae). **PloS one**, v. 6, n. 6, p. e20356, 2011.

SILVA, F. D., ASSAD, E. D., EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 69-88, 2008.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M.; Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **Bioscience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

SOUZA, C. S. Hymenoptera parasitoides associados à Geometridae (Lepidoptera) em quatro áreas da Fazenda Canchim (Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP) com ênfase nos Microgastrinae (Braconidae) e Campopleginae (Ichneumonidae). **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

SOUZA, L.; BRAGA, S. M. P.; CAMPOS, M. J. O. Himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em área agrícola de Rio Claro, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, p. 465-469, 2022.

STEHR, F. W. Order Lepidoptera, introduction part. **Immature insects**, v. 1, p. 288-305, 1987.

VENDRAMIM, J. D. O controle biológico e a resistência de plantas. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**, 2002.

WALKER, A. K. A new species of Choeras (Braconidae: Microgastrinae) widespread in New Zealand. **New Zealand Entomologist**, v. 19, n. 1, p. 43-48, 1996.

WANDERLEY, M. G. L., SHEPHERD, G. J., MELHEM, T. S., GIULIETTI, A. M., KIRIZAWA, M. FLORA fanerogâmica do estado de São Paulo, **Editores RiMa**, São Paulo, v. 4, p. 432, 2005.

WHITFIELD, J. B. Subfamily Microgastrinae. p. 333-364. In: R. A. WHARTON; P. M. MARSH & M. J. SHARKEY (eds.). **Manual of the New World Genera of the family**


Braconidae (Hymenoptera). Washington, DC, The International Society of Hymenopterists. Special Publication 1, 439 p. 1997.

XU, Z. & CHANG, L. Primulaceae. In: **Identification and Control of Common Weeds: Volume 3.** Springer, Singapore. p. 51-81. 2017

YU, D. D.; HORSTMANN, K. A catalogue of Ichneumonidae (Hymenoptera). **Memoirs of the American Entomological Institute.** v.58. 1558 p. 1997.

YU, D. S.; VAN ACHTERBERG, K.; HORSTMANN, K. Taxapad 2016 – World Ichneumonoidea 2015. Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution Ontario: Nepean, Canada: On USB Flash Drive, 2016.

Anexo 1 - Artigo New Species of *Distatrix* Mason, 1981 (Hymenoptera: Braconidae) from Brazil, with biological notes.

 Zootaxa 5285 (2): 389–396
<https://www.mapress.com/zt/>
 Copyright © 2023 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
 ISSN 1175-5334 (online edition)

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5285.2.11>
<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:5256D44D-2338-4CA5-8722-D6756AC083AC>

New Species of *Distatrix* Mason, 1981 (Hymenoptera: Braconidae) from Brazil, with biological notes

ELIZABETH MOREIRA RODRIGUES^{1*}, ANGÉLICA MARIA PENTEADO-DIAS² & MANOEL MARTINS DIAS³

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, CP 676, CEP 13 565-905, São Carlos, SP, Brazil. [✉ b3th.mr@gmail.com](mailto:b3th.mr@gmail.com); [🌐 https://orcid.org/0000-0001-9958-0719](https://orcid.org/0000-0001-9958-0719)

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, CP 676, CEP 13 565-905, São Carlos, SP, Brazil. [✉ angelica@ufscar.br](mailto:angelica@ufscar.br); [🌐 https://orcid.org/0000-0002-8371-5591](https://orcid.org/0000-0002-8371-5591)

³Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, CP 676, CEP 13 565-905, São Carlos, SP, Brazil. [✉ manoelmd@ufscar.br](mailto:manoelmd@ufscar.br); [🌐 https://orcid.org/0000-0003-0726-7069](https://orcid.org/0000-0003-0726-7069)

*Corresponding author: [✉ b3th.mr@gmail.com](mailto:b3th.mr@gmail.com)

Abstract

A new species of the genus *Distatrix* Mason, 1981 (Hymenoptera: Braconidae) from Brazil is described and illustrated. This parasitoid was reared from larvae of *Argyrotope paraguayaria* Schaus, 1927 (Lepidoptera: Geometridae: Palyadini), feeding on *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae). This is the first record of parasitism in the genus.

Key words: taxonomy, parasitoid, Microgastrinae, *Argyrotope*, Geometridae, Primulaceae

Introduction

The genus *Argyrotope* Warren, 1894 (Lepidoptera: Geometridae: Palyadini) has distribution throughout Central and tropical South America (Scoble 1995). According to Pitkin (2002) the genus comprises 13 species of moths with scattered metallic scales and fore wing with prominent, partly metallic eyespot. Janzen & Hallwachs (2022) recorded larvae of *Argyrotope alba* (Druce, 1892) feeding on *Ardisia revoluta* Kunth (Primulaceae) in Costa Rica. In the present study larvae of *Argyrotope paraguayaria* were recorded feeding on *Myrsine umbellata* Mart. (Primulaceae) and parasitized by a *Distatrix* species.

Distatrix Mason, 1981, a microgastrine genus of solitary or gregarious endoparasitoid wasps belonging to the family Braconidae, is known from all biogeographical regions except Australasia (Yu *et al.* 2016), and is usually uncommon (Whitfield *et al.* 2009).

Distatrix currently includes 32 described species parasitizing nine families of Lepidoptera, mainly Geometridae and Papilionidae (Fernandez-Triana *et al.* 2020). The New World species were revised recently (Grinter *et al.* 2009). *Distatrix iglesiasi* (Viereck, 1913) is the only species recorded from Brazil (São Paulo) (Yu *et al.* 2016). The genus may be distinguished by the lack of upper groove on the pronotum, fore wing with second submarginal cell open distally and straight or weakly concave hairless edge of vannal lobe (Mason 1981). Some species have the female with large compound eyes, covering most of head. This character and the largely xanthic color suggest nocturnal habits (Whitfield & Scaccia 1996). Apical segment of the front tarsus of female often with a spine, propodeum weakly sculptured, first and second metasomal tergites usually smooth, the second subtriangular with poorly defined margins posteriorly; ovipositor and sheaths short, bare or minutely setose; hypopygium evenly sclerotized all over. In many cases the genus is characterized by brown yellowish and pedunculated cocoon, attached in the abaxial part of the leaves (Nixon 1965; Whitfield & Scaccia 1996; Whitfield *et al.* 2009) and when gregarious, the cocoons imitate the heads of flowers (Whitfield 1997).

Distatrix is relatively rare in collections and have been little studied biologically and taxonomically. The results presented here expand the knowledge of this genus and may encourage new surveys on parasitoid fauna to be carried out in poorly sampled areas.

Material and methods

Larvae of Geometridae (Lepidoptera) (n=497) feeding on *Myrsine umbellata* were collected using the active method of entomological umbrella, from January to June 2022 in a Cerrado area at Federal University of São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil. Leaves of the host plant were used in the laboratory to feed the larvae. Daily observations were taken on the emergence of parasitoids, which were collected and preserved in 92 % alcohol. Generic identification of Microgasterinae was carried out following the key of Whitfield (1997). The identification of different species of *Distatrix* was carried based on the available literature: Nixon 1965; Mason 1981; Grinter *et al.* 2009, Fernandez-Triana *et al.* 2020.

The studied material is deposited in the “Taxonomic Collection of the Department of Ecology and Evolutionary Biology of UFSCar (DCBU)”. Morphological terminology follows Sharkey & Wharton (1997), and microsculpture terminology follows Harris (1979). Images of the specimens were obtained using a Leica DFC295 camera attached to a Leica M165C stereomicroscope and stacked with the Leica Application suite software v3.7.0. Pictures were later processed using Adobe Photoshop.

Results and discussion

From the 497 Geometridae larvae collected, 174 larvae were identified as *Argyrotope paraguayaria* and of these, three (Figs 18, 20, 22) were parasitized by *Distatrix flavus* n. sp.

Distatrix flavus n. sp. Rodrigues, Dias & Pentead-Dias

(Figs 1–17, 19, 21, 23)

Genus *Distatrix* Mason, 1981

Distatrix Mason, 1981: 93. Gender: feminine. Type species: *Apanteles papilionis* Viereck, 1912, by original designation.

Holotype: Body length 2.0 mm; fore wing length 2.0 mm.

Material examined: Holotype female (DCBU 494.436), “Brasil, São Paulo, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos”, 21°58' 08.1"S 47°51' 55.5"W, 17.III.2022, E. M. Rodrigues col. Paratype female (DCBU 494.422); “Brazil, São Paulo, São Carlos, Universidade Federal de São Carlos”, 21°58' 10.6"S 47°51' 52.8"W, 07.V.2022, E. M. Rodrigues col. Paratype male, (DCBU 494.421), “Brazil: São Paulo, São Carlos, área de Cerrado, Universidade Federal de São Carlos, 21°58' 18.4"S 47°51' 57.9"W, 01.VI.2022, E. M. Rodrigues col.

Color: Head honey-yellow, except maxillary palps and labial palps light yellow, mandibles with brownish tip. Antenna with flagellomeres brown and scape mottled yellow. Mesosoma honey-yellow. Legs pale honey-yellow except telotarsus of fore- and mid legs; hind legs honey-yellow except brown tarsus and apex of tibia. Tibial spurs pale honey-yellow. Wings hyaline, proximal venation of fore wing even brownish, anterior apex of stigma more darkly pigmented. Metasoma honey yellow, except hypopygium, ovipositor and sheaths infuscated.

Head (Figs 3–4): Eyes very large, the face is longer than wide; posterior ocellus separated from the eye-margin by a distance smaller than the longer diameter of the ocellus. Antenna long measuring approximately 3.4 mm.

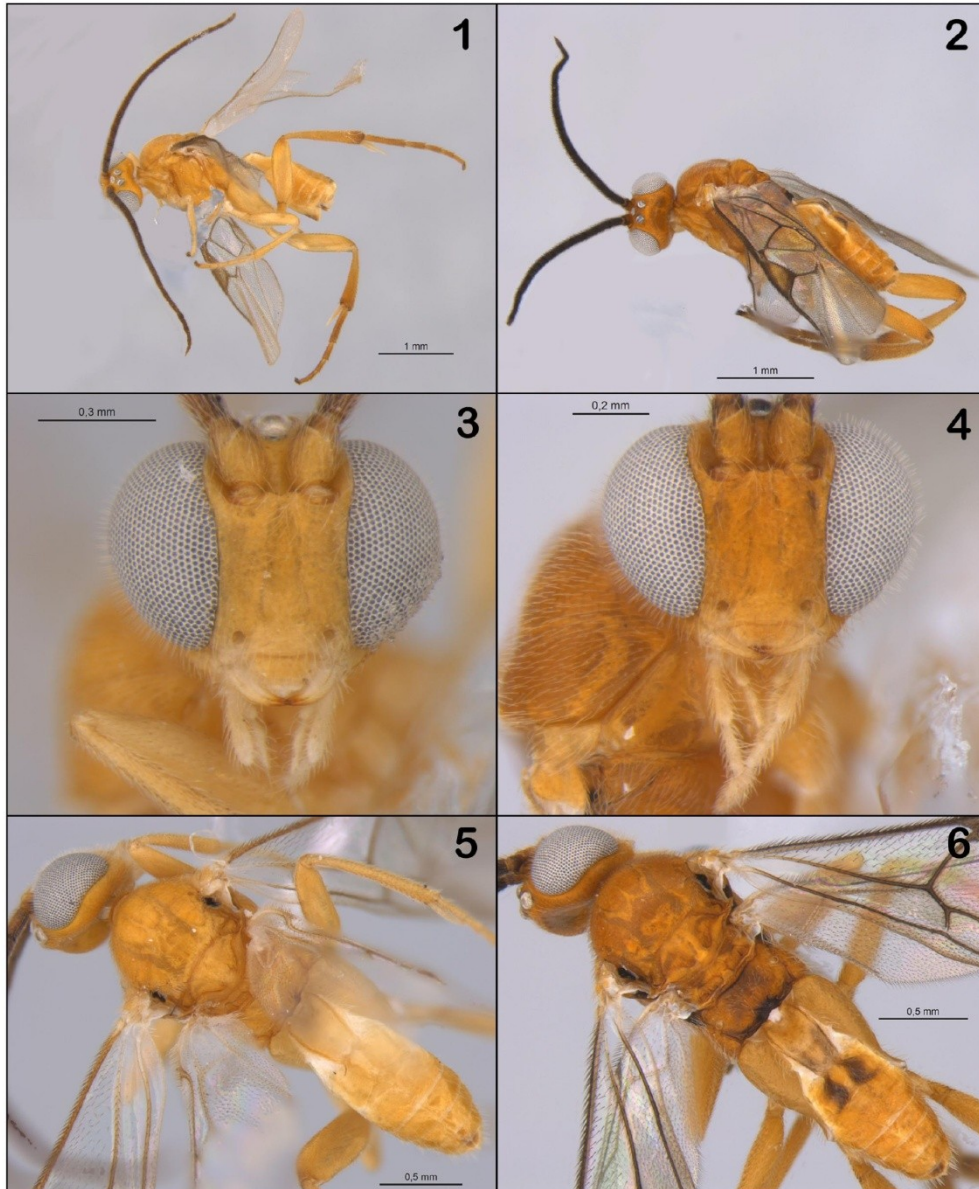
Mesosoma (Figs 5–6): Mesoscutum evenly and superficially stippled, surface otherwise polished; width at the tegula a little greater than the width of the head. Hind coxa long, extending beyond forth metasomal tergite in dorsal view. Apical segment of the front tarsus with a conspicuous spine, the segment emarginate opposite to the spine is medially constricted.

Wings (Figs 7–8): Setae become denser distally. Second submarginal cell open distally, m-cu tubular, RS absent. 2r of fore wing arched, meeting 2 + 3RS at reduced knob. 2CUa very faded brown, curving apically away from union of 1m-cu & 1CU; 2Cub faded brown and very straight. Hind wing with vannal lobe reduced, flattened subapically hairless, SC+R narrowing greatly after departing from apical edge of wing.

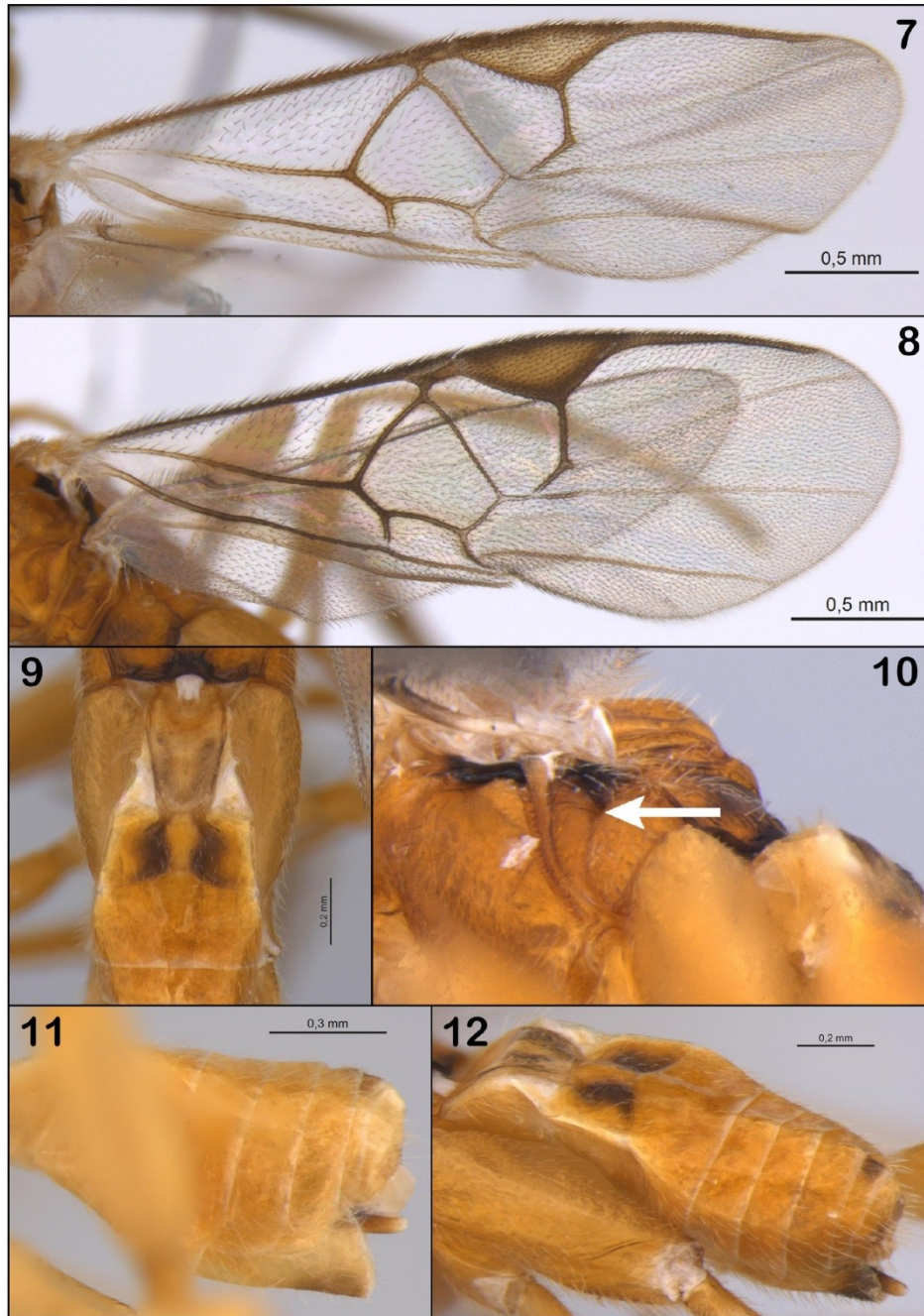
Metasoma (Figs 9–12): Tergite I weakly sculptured, 2.0 x longer than wide at widest point, subparallel sides and narrowing posteriorly and then rounded at posterior end, with wide excavation medially over anterior half; moderately arched in profile. raised medial region of tergite II with a faint diamond shape; apical margin of tergum 2 concave and median region strongly elevated. Apical bristles of the ovipositor sheath sparse and of reduced size, less than half the apical width of the sheaths.

Male (Figs 13–17): Similar to female, except for part of mesosoma and all metasoma black; nerves of wings light yellow; eyes of normal microgastrine proportions with genae and postgenae visible in lateral view.

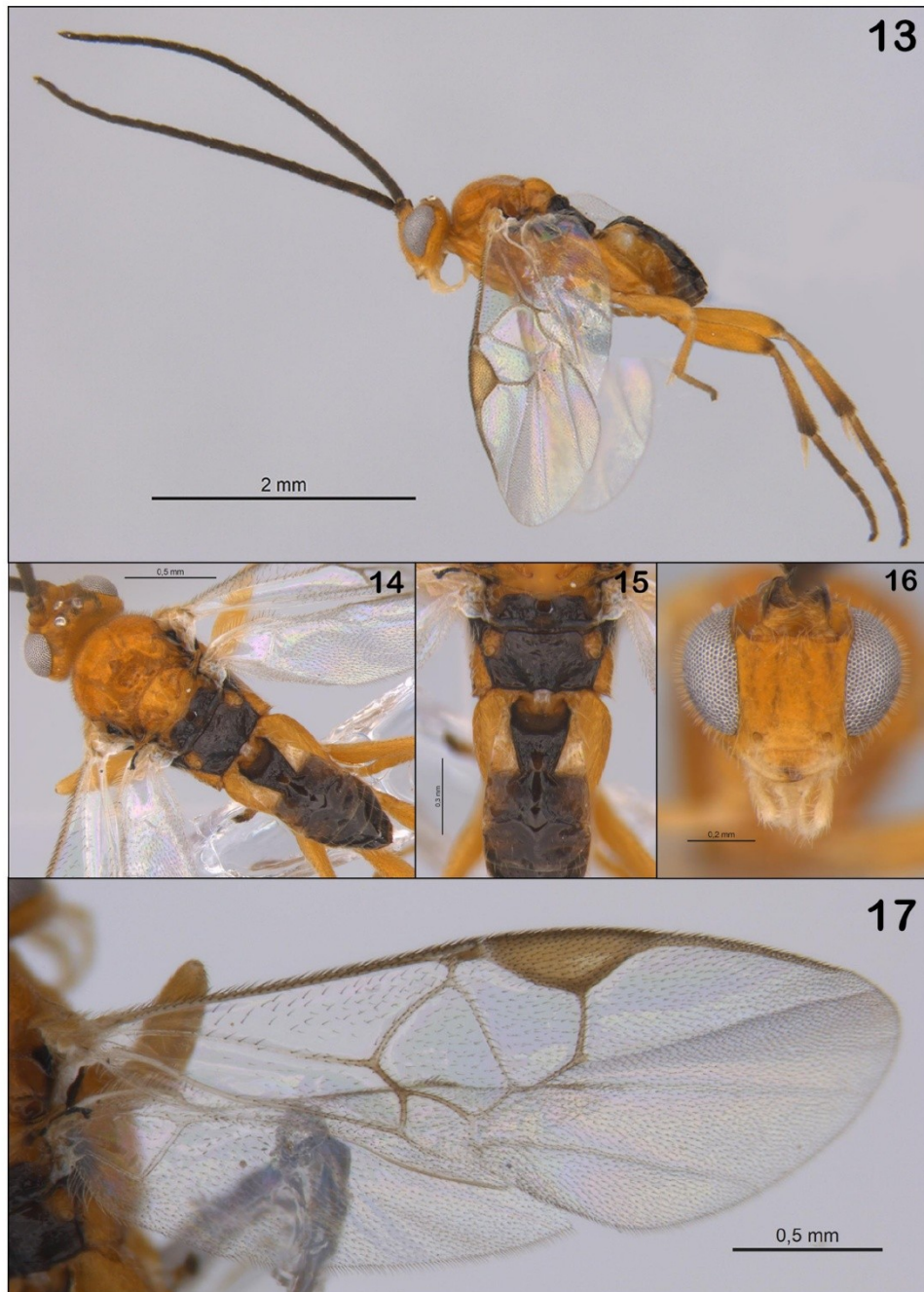
Cocoon (Figs 19, 21, 23): Light brown in color, tough. Surface coarsely woven and attached to an asymmetrical silken stalk (peduncle) at one end to host plant substrate, cocoon with approximately $1.4 \times$ peduncle length. The wasp emerged from the opposite end of the stalk, leaving a detached cap.



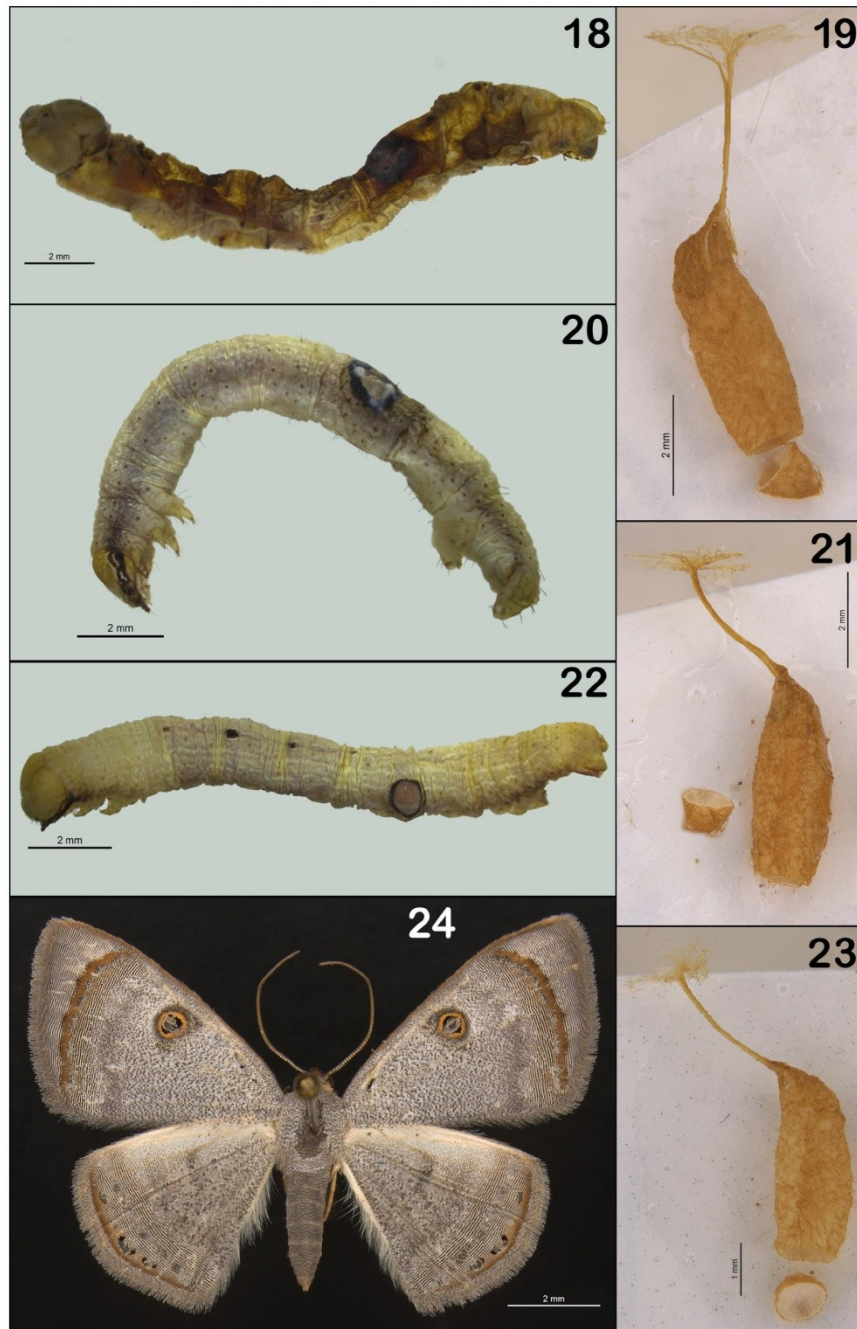
FIGURES 1–6. *Distatrix flavus* n. sp. 1, 3, 5, Holotype female: 1, habitus lateral; 3, head, frontal view; 5, habitus dorsal; 3, fore wing. 2, 4, 6. Paratype female: 2, habitus lateral; 4, head, frontal view; 6, habitus dorsal.



FIGURES 7–12. *Distatrix flavus* n. sp. 7, 11, Holotype female: 7, fore wing; 11, metasoma lateral. Paratype female: 8, fore wing; 9, tergites I-III; 10, metapleuron; 12, metasoma lateral.



FIGURES 13–17. *Distatrix flavus* n. sp. 13–17, Paratype male: 13, habitus lateral; 14, habitus dorsal; 15, part of mesosoma and metasoma, dorsal; 16, head, frontal view; 17, fore wing.



FIGURES 18–24. *Argrotome paraguayaria*. 18, 20, 22, parasitized larvae; 24, adult. *Distatrix flavus* n. sp. 19, 21, 23, cocoons.

Variation: The holotype and paratype female are similar, although there is some infuscation on propodeum, first two and last tergites in paratype.

Distribution: Brazil, São Paulo, São Carlos.

Biology. Host: Larvae of *Argyrotope paraguayaria* (Fig. 24) found in penultimate instar feeding on *Myrsine umbellata* in a Cerrado area. Figures 18 to 23 show the parasitized larvae and respective cocoons of the parasitoids that constitute the type-material: holotype, female (Fig. 18), cocoon (Fig. 19) on 19.III.2022 and the wasp emerged on 26.III.2022; paratype female (Fig. 20), cocoon (Fig. 21) on 08.V.2022 and the wasp emerged on 26.V.2022; paratype male (Fig. 22), cocoon (Fig. 23) on 01.VI.2022 and the wasp emerged on 12.VI.2022. The wasp larvae emerged from a hole at middle of the body of the host larva.

Diagnostic characters: This new species is similar in morphology to *Distatrix teapae* (Nixon, 1965), sharing with it and *D. antirrheae* Whitfield & Grinter, 2009, *D. belliger* (Wilkinson, 1929), *D. loreta* Grinter, 2009, *D. pandora* Grinter, 2009, *D. pitillaensis* Grinter 2009, *D. solanae* Whitfield, *D. vigilis* Grinter, 2009, and *D. xanadon* Grinter, 2009 the enlarged eyes. Differs from *D. teapae* in having the coloration yellow, including the head; hind tibia and hind tarsomeres infuscated (*D. teapae* is mostly reddish yellow; the head is dark, the hind femur and hind tibia tipped infuscated); tergite 2 forming a faint diamond shape (*D. teapae* tergite 2 defined by a suture forming a triangular field). With *D. pandora*, *D. flavus* n.sp. shares a deep lateral metapleural pit and a raised medial region of tergite II with a faint diamond shape. The new species differs from *D. iglesiassi* (Viereck, 1913), *D. pandora* and *D. teapae* for predominant yellow color, including the head. *D. iglesiassi* is the only species previously recorded from Brazil (Yu *et al.*, 2016).

Taxonomic coverage of the world's species is incomplete. In recent works, Yu *et al.* (2016) and Fernandez-Triana *et al.* (2020) cited the parasitism record of 32 species of *Distatrix*, including the parasitism of nine Lepidoptera families, mainly Geometridae and Papilionidae, and Fernandez-Triana *et al.* (2020) believes that the genus may exceed 50 species. Thus, this work expands the geographic distribution and records of hosts and plants associated with the genus. Since *Distatrix flavus* n.sp. is recorded for the first time for Brazil in larvae of *Argyrotope paraguayaria* (Geometridae), in plants of *Myrsine umbellata* (Primulaceae).

Acknowledgements

“Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico (CNPq) and Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides (INCT/HYMPAR)” provided the financial support. We thank Maria de Fátima Freitas from the Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro for the identification of plant species, Airton Santo Soares for assistance in the collections of material, and Luciana dos Reis Fernandes for taking the pictures.

References

- Fernandez-Triana, J., Shaw, M.R., Boudreault, C., Beaudin, M. & Broad, G.R. (2020) Annotated and illustrated world checklist of Microgastrinae parasitoid wasps (Hymenoptera, Braconidae). *ZooKeys*, 920, 1–1089.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.920.39128>
- Grinter, C.C., Whitfield, J.B., Connahs, H., Dyer, L.A., Hallwachs, W., Janzen, D.H. & Miller, J. (2009) A key to New World *Distatrix* Mason (Hymenoptera: Braconidae), with descriptions of six new reared Neotropical species. *Journal of Insect Science (Online)*, 9 (1), 29.
<https://doi.org/10.1673/031.009.2901>
- Janzen, D.H. & Hallwachs, W. (2022) Caterpillars, pupae, butterflies and moths of the ACG. Available from: <http://janzen.sas.upenn.edu/> (accessed 20 November 2022)
- Mason, W.R.M. (1981) The polyphyletic nature of *Apanteles* Foerster (Hymenoptera: Braconidae): A phylogeny and reclassification of Microgastrinae. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 113 (115), 1–147.
<https://doi.org/10.4039/entm113115fv>
- Nixon, G.E.J. (1965) A reclassification of the tribe Microgasterini (Hymenoptera: Braconidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology*, Supplement, 2, 1–284.
<https://doi.org/10.5962/p.144036>
- Pitkin, L.M. (2002) Neotropical ennomine moths: a review of the genera (Lepidoptera: Geometridae). *Zoological journal of the*

- Linnean Society*, 135 (2–3), 121–401.
<https://doi.org/10.1046/j.1096-3642.2002.00012.x>
- Scoble, M.J. (1995) A review of the moth tribe Palyadini with the description of a new genus (Geometridae: Ennominae). *Systematic Entomology*, 20 (1), 355–358.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1995.tb00082.x>
- Whitfield, J.B., Rodriguez, J.J., Masonick, P.K. & Miller, J. (2009) Reared microgastrine wasps (Hymenoptera: Braconidae) from Yanayacu Biological Station and environs (Napo Province, Ecuador): diversity and host specialization. *Journal of Insect Science*, 9, 31.
<https://doi.org/10.1673/031.009.3101>
- Whitfield, J.B. & Scaccia, B. (1996) A new species of *Distatrix* (Hymenoptera Braconidae) from California, with biological notes. *Proceedings-Entomological Society of Washington*, 98, 308–313. [<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fbiostor.org%2Freference%2F56780>]
- Whitfield, J.B. (1997) Subfamily Microgastrinae. In: Wharton, R.A., Marsh, P., Sharkey, M., *Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera)*. Special publication of the International Society of Hymenopterists, Washington, pp. 391.
- Yu, D., Achterberg, C.V. & Horstmann, K. (2016) *Catalogue of Ichneumonoidea (Hymenoptera)*. *Taxapad*. Ottawa, Ontario. [database on flash-drive]