
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE

DIVERSIDADE DE FORÍDEOS PARASITOIDES (DIPTERA: PHORIDAE) EM
DIFERENTES PAISAGENS E SUA INTERAÇÃO COM *Atta sexdens*
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

TATIANE APARECIDA DOMINGUES DA SILVA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE

DIVERSIDADE DE FORÍDEOS PARASITOIDES (DIPTERA: PHORIDAE) EM
DIFERENTES PAISAGENS E SUA INTERAÇÃO COM *Atta sexdens*
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

TATIANE APARECIDA DOMINGUES DA SILVA

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Câmpus
de Rio Claro, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestra em Ecologia, Evolução e
Biodiversidade.

Orientador: Prof^o. Dr^o Claudio José Von Zuben
Co-orientador: Prof^o. Dr^o Odair Correa Bueno

S586d

Silva, Tatiane Aparecida Domingues da

Diversidade de forídeos parasitoides (Diptera: Phoridae) em diferentes paisagens e sua interação com *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) /

Tatiane Aparecida Domingues da Silva. -- Rio Claro, 2023

76 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Claudio José Von Zuben

Co-orientador: Odair Correa Bueno

1. Ecologia. 2. Diversidade. 3. Controle Biológico. 4. Formicidae. 5. Phoridae. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIVERSIDADE DE FORÍDEOS PARASITÓIDES (DIPTERA: PHORIDAE) EM DIFERENTES PAISAGENS E SUA INTERAÇÃO COM *Atta sexdens* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

AUTORA: TATIANE APARECIDA DOMINGUES DA SILVA

ORIENTADOR: CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN

COORIENTADOR: ODAIR CORREA BUENO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Claudio José Von Zuben

Prof. Dr. CLAUDIO JOSÉ VON ZUBEN (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro

Thalles Platiny Lavinsky Pereira

Prof. Dr. THALLES PLATINY LAVINSKY PEREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Entomologia / University of Alaska Fairbanks

Maria Santana de Castro Morini

Profa. Dra. MARIA SANTINA DE CASTRO MORINI (Participação Virtual)
Núcleo de Ciências Ambientais / Universidade de Mogi das Cruzes

Rio Claro, 27 de julho de 2023

Com gratidão, dedico este trabalho a Deus, devo a Ele tudo o que sou, aos que amo e a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos a toda minha família, que sempre me incentivaram a estudar e me proporcionaram condições para que eu pudesse seguir meus sonhos.

Ao meu amor Alex Carciragui, que esteve ao meu lado em todas as circunstâncias deste trabalho, sempre me auxiliando desde as coletas em campo até a elaboração de mapas, obrigada por acreditar em mim, sem você ao meu lado tudo teria sido mais difícil. Esta dissertação também é um pouco sua.

Ao Prof. Dr. Claudio José Von Zuben pela orientação e conversas me mostrando o melhor caminho a se seguir. Ao Prof. Dr. Odair Correa Bueno, pela co-orientação e todo suporte ao longo desses cinco anos em que faço parte de seu laboratório.

À universidade Estadual Paulista (UNESP) e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, pela formação. Ao laboratório de Entomologia (LENT) e o laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC) por me acolher desde 2018, se tornando minha segunda casa.

Aos meus amigos do LAFC; Danilo, Rapha, Matheus, Jani, Mery, Duda, Raul, Ray, Paulo, muito obrigada pelas conversas, opiniões, cafés da tarde com muitas risadas e em especial as meninas Malu e Sofia pelo auxílio com a dissecação de apenas 18.000 formigas rs. À Amanda e Bia, pelos auxílios ao longo desse período. Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma.

Aos Professores Dr. José Silvio Govone e Fernando José Von Zuben pelo auxílio com as análises dos dados. Ao Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro por esclarecer as minhas dúvidas sempre que precisei.

Ao Prof. Dr. José Paulo Leite Guadanucci, pela disponibilização do Estereomicroscópio que utilizei para a realização das fotografias; e ao Victor Ghirotto, pela ajuda e dicas com o uso do equipamento.

Ao Tiago Aguiar, por compartilhar seus conhecimentos sobre o software R e me ajudar com as análises.

Ao casal Cesar Leite e Bruna Lucheze pela dedicação com as filmagens dos forídeos e pela disponibilização do material.

Aos Drs. Thalles Platiny Lavinsky Pereira e Cliver Fernandes Farder Gomes, por todo auxílio com a identificação das espécies de forídeos.

Ao Ricardo Schmidt, pela liberação de sua propriedade Fazenda Poço Fundo e ao ICMBio, IPA e FEENA, pela autorização para as coletas das formigas nos espaços.

Às formigas-cortadeiras e moscas parasitoides que me apresentaram sobre suas interações e o quão incrível é a natureza que não faz nada em vão, toda minha admiração e respeito por esses seres.

A todos e todas que de alguma maneira estiveram envolvidos e colaboraram para chegarmos até aqui, muito obrigada.

E a Deus, aquele que me deu sabedoria e inteligência para trilhar meus caminhos.

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

“Às vezes ouço passar o vento; e só de ouvir o vento passar, vale a pena ter nascido”.

Fernando Pessoa

RESUMO

Dentre toda a diversidade de formigas-cortadeiras, a espécie *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae), conhecida popularmente como saúva-limão, é apontada como uma das pragas mais avassaladoras, provocando grandes prejuízos econômicos em muitas culturas no Brasil. A princípio, o método de controle mais utilizado para esses insetos, é o químico. No entanto, o uso abusivo desse método tem gerado vários efeitos negativos devido ao impacto ambiental causado. Diante disso, nas últimas décadas aumentaram os estudos envolvendo diferentes formas de manejo para o controle desses insetos pragas. Um grupo considerável de inimigos naturais das formigas-cortadeiras são as moscas parasitoides da família Phoridae. Essas moscas causam a morte da formiga hospedeira e são responsáveis também por provocar mudanças na atividade de forrageamento das operárias, havendo assim, a necessidade de, aperfeiçoar os conhecimentos sobre esse grupo. Logo, a presente pesquisa pretendeu avaliar a diversidade e porcentagem de parasitoidismo dos forídeos parasitoides e sua interação com a *Atta sexdens*. Diante disso, experimentos de coleta em ninhos naturais de *A. sexdens* foram realizados em três paisagens diferentes: Área florestal e área de transição entre urbano e florestal ambas no município de Rio Claro, SP e área rural-agrícola localizada no município de Ipeúna, SP. As coletas ocorreram ao longo de doze meses, considerando o período de estação chuvosa e seca dos locais. Com isso, 18.000 operárias foram coletadas ao total, correspondendo a dois ninhos diferentes para cada localidade. A manutenção das operárias foi realizada em laboratório, mantidas em B.O.D. a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80% UR, onde, as operárias eram observadas diariamente, a fim de detectar o parasitoidismo. E com isso, a porcentagem final do estudo foi de 11%, em que, o maior valor ocorreu na estação seca, da mesma maneira que, a maior abundância das moscas também ocorreu na estação seca do ano, com emergência de 1.118 moscas, já na estação chuvosa o total foi de 861 emergências. Apenas a paisagem rural apresentou uma maior abundância de moscas na estação chuvosa, apresentando também uma maior riqueza de moscas, se igualando a paisagem urbana, sendo que ambas as paisagens apresentaram sete espécies. Ao todo, considerando as três paisagens, houve a emergência de oito espécies de moscas parasitoides, possuindo uma porcentagem de 46,2% de sucesso de sobrevivência das moscas. As espécies identificadas foram: *Apocephalus* sp. 1 amostrado apenas na área urbana; *Apocephalus* sp. 2 foi amostrada apenas na área rural e estação chuvosa; *Apocephalus attophilus* esteve presente nos três ambientes e possuiu a maior abundância; as demais espécies *Apocephalus vicosae*; *Eibesfeldtphora declinata*; *Eibesfeldtphora elongata*; *Eibesfeldtphora tonhascai* e *Myrmosicarius grandicornis* ocorreram nos três ambientes com aparição nas duas estações do ano. Com isso, a pesquisa apresentou importantes levantamentos a respeito da diversidade de moscas parasitoides e suas interações com a formiga-cortadeira da espécie *Atta sexdens*.

Palavras-chave: Formigas-Cortadeiras; Diptera; Parasitoidismo; Variáveis abióticas; Sazonalidade.

ABSTRACT

Among the diverse variety of leaf-cutter ants, the species *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae), commonly known as the "saúva-limão" or lemon ant, is recognized as one of the most devastating pests, causing significant economic losses to many crops in Brazil. Initially, the most commonly used method to control these insects is chemical. However, the excessive use of this method has led to various negative effects due to its environmental impact. Consequently, in recent decades, studies investigating different management approaches to control these pest insects have increased. A considerable group of natural enemies of leaf-cutter ants are parasitoid flies from the family Phoridae. These flies cause the death of the host ant and also induce changes in the foraging activity of worker ants, which highlights the need to enhance knowledge about this group. Therefore, this research aimed to assess the diversity and percentage of parasitism by phorid parasitoids and their interaction with *Atta sexdens*. To achieve this, collection experiments were conducted at natural nests of *A. sexdens* in three different landscapes: a forested area and a transition area between urban and forested areas, both in the municipality of Rio Claro, SP, and a rural-agricultural area located in the municipality of Ipeúna, SP. Collections were carried out over twelve months, considering both the rainy and dry seasons of the locations. In total, 18.000 worker ants were collected, corresponding to two different nests for each location. The maintenance of the worker ants took place in the laboratory, kept at 25 ± 1 °C and 80% RH in a B.O.D. chamber. The ants were observed daily to detect parasitoidism. The final study revealed a parasitoidism percentage of 11%, with the highest value occurring in the dry season. Similarly, the highest abundance of flies also occurred during the dry season, with 1.118 emergences, while during the rainy season, there were 861 emergences. Only the rural landscape presented a higher abundance of flies during the rainy season, and it also exhibited a greater richness of fly species, matching the urban landscape, with both having seven species. In total, considering all three landscapes, eight species of phorid parasitoid flies emerged, with a survival success rate of 46,2% for the flies. The identified species were as follows: *Apocephalus* sp. 1, found only in the urban area; *Apocephalus* sp. 2, sampled only in the rural area during the rainy season; *Apocephalus attophilus*, present in all three environments and with the highest abundance; the other species, *Apocephalus vicosae*; *Eibesfeldtphora declinata*; *Eibesfeldtphora elongata*; *Eibesfeldtphora tonhascai*; and *Myrmosicarius grandicornis*, occurred in all three environments and appeared in both seasons of the year. Thus, the research provided significant insights into the diversity of phorid parasitoid flies and their interactions with the leaf-cutter ant species *Atta sexdens*.

Keywords: Leaf-cutter ants; Diptera; Parasitoidism; Abiotic variables; Seasonality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

- Figura 1** - Localização do município de Rio Claro, SP, Brasil.....30
- Figura 2** - Localização do município de Ipeúna, SP, Brasil30
- Figura 3** - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área de transição urbano-florestal31
- Figura 4** - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área rural-agrícola.....33
- Figura 5** - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área florestal.....34
- Figura 6** - Representação da manutenção das operárias de *Atta sexdens*. A) Formigas alocadas em placas de Petri, separadas em Ninho 1A e Ninho 1B; B) Dieta sólida oferecida às operárias 39
- Figura 7** - Representação da manutenção dos imaturos de forídeos. A) Formigas mortas alocadas em microtubos, devidamente identificadas; B) Pupas alocadas em potes de polipropileno, devidamente identificadas.....40
- Figura 8** - Espécie não identificada. (A) Imagem frontal: Diptera sp.; (B) Imagem lateral: Diptera sp 49
- Figura 9** - Espécies de moscas parasitoides emergidas de *A. sexdens* em laboratório. (A) *Apocephalus attophilus*; (B) *Apocephalus vicosae*; (C) *Apocephalus* sp. 1; (D) Imagem lateral do ovipositor de *Apocephalus* sp. 2; (E) *Eibesfeldtphora declinata*; (F) *Eibesfeldtphora elongata*; (G) *Eibesfeldtphora tonhascai*; (H) *Myrmosicarius grandicornis*.....55

Figura 10 - Número total de emergência em laboratório das espécies de moscas parasitoides e ocorrência nos respectivos ninhos amostrados em cada paisagem. Palavras 1A e 1B fazem referências aos ninhos utilizados. (RA) Rural-Agrícola; (AF) Área Florestal; (UF) Urbano-Florestal. A largura dos arcos é proporcional à quantidade para cada espécie59

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem mensal de operárias de *A. sexdens* parasitadas, de acordo com as estações do ano44

Gráfico 2 - Média mensal da Temperatura (°C) e Precipitação (mm) de Rio Claro, SP e região, ao longo do período que sucederam as coletas das operárias de *A. Sexdens* 45

Gráfico 3 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na área florestal. (A) Temperatura; (B) Umidade relativa do ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação 46

Gráfico 4 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na área rural-agrícola. (A) Temperatura; (B) Umidade relativa do ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação47

Gráfico 5 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na transição urbano-florestal. (A) Temperatura; (B) Umidade relativa do ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação48

Gráfico 6 - Visualização da mediana e desvio padrão. As barras representam o desvio padrão; linhas contínuas atravessando a barra representam a mediana e círculos coloridos representam os valores de abundância. Letras distintas indicam os valores significativamente diferentes 57

QUADROS

Quadro 1 - Locais amostrados ao longo do estudo e respectivas coordenadas geográficas e elevação dos ninhos utilizados para as coletas das formigas. N1A: ninho classificado como 1A; N1B: ninho classificado como 1B.....37

Quadro 2 - Sinais de parasitoidismo de cada espécie de mosca parasitoide54

Quadro 3 - Resultados do teste Kruskal-Wallis e teste *Post-hoc* de Dunn referentes à abundância de moscas parasitoides entre as paisagens57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Uso e ocupação do solo na área de transição urbano-florestal. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%)	32
Tabela 2 - Uso e ocupação do solo na área rural-agrícola. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%)	33
Tabela 3 - Uso e ocupação do solo na área florestal. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%).....	35
Tabela 4 - Valor total de formigas parasitadas e larvas eclodidas nas três paisagens separadas por estações chuvosa e seca. (AF) Área Florestal; (RA) Rural-Agrícola; (UF) Urbano-Florestal.....	43
Tabela 5 - Total de moscas parasitoides emergidas em laboratório e respectivas paisagens. AF (Área Florestal); RA (Rural-Agrícola); UF (Urbano-Florestal)	50
Tabela 6 - Diversidade total de moscas parasitoides em todas as paisagens e estações do ano. AF (Área Florestal); RA (Rural-Agrícola); UF (Urbano-Florestal)	51
Tabela 7 - Diversidade total de moscas parasitoides nas estações Seca e Chuvosa	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF - Área Florestal

APP - Área de Preservação Permanente

CEAPLA - Centro de Análise e Planejamento Ambiental

FEENA - Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade

GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAFC - Laboratório de Formigas-Cortadeiras

ONU - Organização das Nações Unidas

POPs - Poluentes Orgânicos Persistentes

RA - Rural-Agrícola

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UCs - Unidades de Conservação

UF - Urbano-Florestal

UNESP - Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Formigas-cortadeiras.....	20
2.2 <i>Atta sexdens</i>	21
2.3 Controle das formigas-cortadeiras	22
2.4 Phoridae.....	24
2.5 Interação entre forídeos parasitoides e formigas-cortadeiras	25
3 OBJETIVO GERAL	28
3.1 Objetivos específicos.....	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Descrição das áreas de estudo	29
4.2 Coleta de dados	31
4.3 Coletas em campo.....	35
4.4 Manutenção em laboratório	38
4.5 Criação dos forídeos parasitoides	39
4.6 Dissecção das formigas	40
4.7 Identificação dos forídeos parasitoides	40
4.8 Análise de dados	41
5 RESULTADOS	42
5.1 Porcentagem de parasitoidismo das formigas	42
5.2 Variáveis abióticas	44
5.3 Diversidade	48
5.3.1 Riqueza na paisagem florestal.....	52
5.3.2 Riqueza na paisagem rural-agrícola	52
5.3.3 Riqueza na paisagem urbano-florestal	53
5.4 Identificação dos forídeos parasitoides	53
5.5 Paisagens	56
6 DISCUSSÃO	60
7 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente natural, as mudanças provocadas por ações antrópicas modificam a estrutura das paisagens, como a perda de algumas de suas características, o que por sua vez altera os grupos de animais, especialmente as comunidades de insetos (BROWN, 1991). Tal mudança no ambiente pode prejudicar grupos de insetos que são inimigos naturais de outras espécies (ALMEIDA *et al.*, 2008); esse processo pode incluir o isolamento e redução dos habitats, consequentemente provocados pela maior fragmentação das paisagens. Com isso, pode-se presumir que a distribuição, abundância, riqueza e período de atividade dos organismos podem ser afetados negativamente (ARANDA; GRACIOLLI, 2015; FOLGARAIT *et al.*, 2005; HUNTER, 2002).

Diferentes paisagens incluem diversas espécies de Formicidae. As formigas são insetos que integram uma importante porção da fauna e são bem distribuídas nos vários ecossistemas terrestres, exceto nos polos. As formigas são eussociais, ou seja, vivem em colônias complexas e podem chegar a milhares de indivíduos, possuem castas reprodutivas e estéreis, realizam a divisão de tarefas, cuidado com a prole e sobreposição de gerações (WILSON, 1971). O sucesso evolutivo desses insetos pode ser atribuído ao comportamento social, que permite a execução de atividades complexas a partir da cooperação mútua (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Atualmente, Formicidae possui 16.625 espécies válidas, 346 gêneros, 16 subfamílias existentes sendo Myrmicinae a maior entre elas, com seis tribos válidas e 13.863 espécies descritas (ANTWEB, 2023; BOLTON, 2023). Dentre essas, a tribo Attini, compreende os gêneros mais diversos, no qual está inserido o grupo de formigas que são cultivadoras de fungo mantendo uma relação simbiótica (SCHULTZ; BRADY, 2008). Essa associação ocorre há aproximadamente 50 milhões de anos, e proporcionou às formigas a cultivarem seu próprio alimento e modificarem seu estilo de vida de predador-coletor para então “agricultoras” como são chamadas atualmente (MUELLER *et al.*, 2005; SCHULTZ; BRADY, 2008; WARD *et al.*, 2015; WEBER, 1966). O jardim de fungo é cultivado no interior dos ninhos, e os substratos utilizados mudam conforme o gênero da formiga (DE FINE LICHT; BOOMSMA, 2010; LEAL; OLIVEIRA, 1998, 2000; SCHULTZ; BRADY, 2008).

A tribo Attini (Hymenoptera: Formicidae: subfamília: Myrmicinae) possui 48 gêneros válidos (BOLTON, 2023). São espécies endêmicas da região Neotropical até o sul da região Neártica, em que dentro dessa faixa as formigas Attini se dividem em diferentes Biomas, como por exemplo, do deserto do Arizona (EUA) onde ocorre a espécie *Trachymyrmex arizonensis*

Wheeler (RABELING *et al.*, 2007), até a floresta Amazônica com espécie do gênero *Atta* (SOLOMON *et al.*, 2008).

Ao longo do processo evolutivo, a tribo Attini teria se divergido em dois clados: as Paleoattini e Neoattini (SCHULTZ; BRADY, 2008). O grupo das Paleoattini apresenta características basais, como por exemplo: possuem colônias pequenas com operárias que apresentam apenas um tamanho (monomórficas) e poucas câmaras de fungos, se dedicando à agricultura básica, onde o substrato utilizado no jardim de fungo das formigas é composto por fezes e carcaças de artrópodes, assim como, material vegetal morto (MEHDIABADI; SCHULTZ, 2009). Três gêneros fazem parte desse grupo, sendo: *Mycocepurus*, *Myrmicocrypta* e *Apterostigma*.

O grupo das Neoattini possuem características evolutivas mais derivadas quando comparadas ao grupo das Paleoattini, e também podem ser subdivididos em dois grupos, o grupo das Neoattini mais basais e um grupo mais derivado. Embora seja um grupo com maior número de espécies, sua filogenia é menos compreendida, de maneira que, muitos gêneros da tribo não possuem uma posição filogenética estabelecida.

Os gêneros mais derivados das Neoattini, e que possuem estudos com mais ênfase, se tratam de espécies de importância econômica, entre as quais estão os gêneros *Atta*, *Acromyrmex* e o gênero recentemente descrito *Amoimyrmex* (CRISTIANO *et al.*, 2020). Esses gêneros representam as verdadeiras formigas-cortadeiras, pois todas as espécies contidas realizam o corte de material vegetal fresco e o carrega até seus ninhos, o que serve de substrato para o crescimento de seu fungo simbiote, sendo esse a base alimentar da colônia (DE FINE LICHT; BOOMSMA, 2010; DELLA LUCIA, 2011). Para isso elas adquiriram ao longo de sua evolução, comportamentos de preparar esse substrato que têm como ação inicial a decomposição e incorporação do material (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; MUELLER *et al.*, 2001). As diferentes castas de formigas-cortadeiras são responsáveis por exercer diferentes funções que são desempenhadas na colônia (WILSON, 1971).

A grande extensão dos formigueiros e a intensa atividade de corte de material vegetal, com preferência por espécies vegetais que podem ser dos grupos das dicotiledôneas, monocotiledôneas ou ambas (BORBA *et al.*, 2006), faz com que esses insetos recebam o *status* de pragas agrícolas de grande relevância pelos danos que ocasionam nas áreas de reflorestamento e demais culturas (VILELA, 1986). Contudo, este *status* de praga para a economia está diretamente relacionado à atividade humana inadequada de cultivo, associada à introdução de espécies exóticas pelo ser humano e à preferência das formigas por esses vegetais (CHERRETT, 1986; DELLA LUCIA; VILELA, 1993; WEBER, 1966; WILSON, 1986).

Em razão disso, diversos estudos buscam métodos de controle adequados para minimizar os prejuízos causados pelas formigas-cortadeiras, entre eles estão o controle químico, controle biológico, controle mecânico, entre outros (BOARETTO; FORTI, 1997; BRITTO *et al.*, 2016; DELLA LUCIA *et al.*, 2014; MONTROYA-LERMA *et al.*, 2012).

A princípio, o método de controle de formigas-cortadeiras mais utilizado é o químico, com o oferecimento de iscas tóxicas, pós-secos ou nebulização de compostos inseticidas, porém, seu uso irregular e abusivo tem gerado vários efeitos negativos devido ao impacto ambiental constatado (TATAGIBA-ARAÚJO *et al.*, 2012), pois, os principais componentes desses produtos são fipronil e sulfluramida, altamente tóxicos ao meio ambiente. Entre os problemas que podem ser citados, destacam-se os efeitos adversos sobre os inimigos naturais, decréscimo de insetos benéficos, a ressurgência de pragas e a resistência das mesmas, resultantes toxicidades nos alimentos consumidos, contaminação em corpos d'água e resíduos no solo (FAN *et al.*, 2018).

As alternativas utilizadas atualmente que não fazem o uso de químicos no controle de formigas pragas estão associadas ao uso de microrganismos entomopatogênicos (SANTOS; OLIVEIRA; SAMUELS, 2007), combinação de plantas com agentes patogênicos em formulações de iscas granuladas (HERRERA, 2009) e extratos de plantas (BUENO *et al.*, 2004). O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surgiu devido à preocupação ambiental com o objetivo de minimizar os efeitos provocados pelo uso de defensivos químicos de forma que o controle por agentes biológicos seja potencializado, permitindo a combinação de outros tipos de controle, deste modo ocasionando na redução da aplicação dos métodos químicos (GALLO *et al.*, 2002).

Visando um método de controle alternativo, a utilização de inimigos naturais relacionados ao controle de formigas-cortadeiras vem apresentando um crescente uso potencial (GUILLADE; FOLGARAIT, 2014). Dentre os inimigos naturais que estão associados às formigas-cortadeiras, existem os fungos entomopatogênicos, predadores e parasitoides. Entre os organismos parasitoides existe um pequeno grupo de Hymenoptera, em especial a família Diapriidae e outro grupo dos Diptera, ao qual são pertencentes as moscas da família Phoridae (Insecta: Diptera) (DELLA LUCIA, 2011).

As moscas parasitoides, de modo geral, possuem o tamanho pequeno variando de 0.395 a 6 mm de comprimento (BROWN *et al.*, 2010; 2018), e seus hábitos alimentares quando adulto diferem dependendo da espécie. Os adultos possuem diferentes hospedeiros, porém, o comportamento larval é o mesmo para a gama de espécies distintas, no qual, o forídeo oviposita no corpo do hospedeiro, e no final do desenvolvimento larval, provocam a morte do mesmo

(DISNEY, 1994). Moscas dessa família foram descritas na literatura em associação de parasitoidismo com besouro adulto, gastrópodes, minhocas, milípedes, do mesmo modo que, espécies que são parasitoides de insetos sociais, como formigas, cupins, abelhas e vespas.

Certos gêneros de Phoridae como a *Megaselia* spp. podem também, provocar miíases em humanos e gados e colonizar carcaças, auxiliando dessa forma no cálculo do Intervalo *Post Mortem* (IPM) em entomologia forense (COUPLAND; BARKER, 2004).

Condições ambientais como tipos diferentes de paisagens e diferentes áreas de restauração florestal, são capazes de modificar a dinâmica das comunidades vegetais e reduzir a eficácia de inimigos naturais (FERREIRA, 2017), modificando desta forma as interações entre espécies. Fatores como luminosidade, umidade, temperatura e fatores bióticos, como o fluxo de formigas nas trilhas de forrageio ou na entrada dos olheiros, tamanho da cápsula cefálica, entre outros, parecem limitar também a atuação desses parasitoides. Estudos indicam que as condições ambientais precisam estar favoráveis para a oviposição das espécies de forídeos (ALMEIDA; WIRTH; LEAL, 2008).

Em busca de avanços nas alternativas para o controle químico de formigas-cortadeiras e, pretendendo também compreender melhor as interações entre forídeos parasitoides e seus hospedeiros nos diferentes sistemas de paisagens onde estas formigas ocorrem, se fazem necessárias pesquisas de interação formigas-dípteros parasitoides, que podem auxiliar e colaborar para a empregabilidade desses inimigos naturais em programas de biocontrole de formigas consideradas como espécies-praga.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Formigas-cortadeiras

As formigas conhecidas popularmente como cortadeiras são insetos eussociais pertencentes à família Formicidae, tribo Attini, subtribo Attina, divididos em quatro gêneros válidos: *Atta* contendo vinte e três espécies, *Acromyrmex* possuindo sessenta e nove espécies, *Amoimyrmex* com três espécies e *Pseudoatta* com duas espécies (ANTWEB, 2023) sendo esse, um parasita social de várias espécies de *Acromyrmex* (FOWLER, 1983).

A distribuição das formigas-cortadeiras ocorre da região Neotropical até o sul da região Neártica, compreendendo entre o sul da Argentina até o sul dos Estados Unidos, exceto no Chile e em algumas ilhas do Caribe onde exemplares de cortadeiras não foram demonstrados (BARRERA *et al.*, 2022; CRISTIANO *et al.*, 2020). São importantes insetos modificadores dessas regiões, seja pelo efeito da sua ampla área de distribuição, ou pela possibilidade de ocupar inúmeros habitats (DELLA LUCIA *et al.*, 2014; HÖLLDOBLER; WILSON, 2010).

Essas espécies possuem uma relação simbiótica com um fungo basidiomiceto da espécie *Leucoagaricus gongylophorus* (Agaricales: Agaricaceae). Durante o voo nupcial, a fêmea reprodutora deixa o seu ninho de origem, e com ela, há um pequeno fragmento do fungo simbionte, sendo que a formiga até então chamada de içá ou tanajura carrega-o em sua cavidade infrabucal.

Todo ano, colônias de formigas-cortadeiras produzem formigas aladas e férteis, as quais saem para o voo nupcial, decorrendo durante a época chuvosa do ano, onde a fêmea é fertilizada por vários machos (poliandria), o que lhe garante espermatozoides para o resto de sua longa vida, em que as rainhas armazenam esse esperma em uma bolsa chamada de “espermoteca” (FJERDINGSTAD; BOOMSMA; THORÉN, 1998; MARINHO *et al.*, 2011).

Subsequentemente ao acasalamento, a formiga içá retira suas asas, o que facilita em sua locomoção para cavar o local do novo ninho. Diante disso, a formiga passa a ser chamada de rainha, e esta, regurgita o fungo, iniciando assim o seu cultivo e a postura de seus ovos. Quando as primeiras operárias eclodirem, elas começarão a cultivar e se alimentar do jardim de fungo.

Essas formigas possuem um importante papel partindo do ponto de vista ecológico, auxiliando significativamente no ecossistema ao qual elas vivem, sendo consideradas assim, como engenheiras do ecossistema melhorando as propriedades químicas e físicas do solo (CORRÊA *et al.*, 2010; FARJI-BRENER; GHERMANDI, 2008; WIRTH *et al.*, 2003).

Durante a construção de seus ninhos as formigas causam o revolvimento do solo, gerando câmaras e galerias subterrâneas, possibilitando dessa forma a penetração de raízes

nessas áreas, por conta da maior aeração, tal como, a maior drenagem no solo. Essas alterações físico-químicas do solo são conhecidas como bioturbação. Além disso, o forrageamento das formigas proporciona a ciclagem de nutrientes, aumentando a matéria orgânica, e também, a dispersão secundária de sementes (DELLA LUCIA, 2011; GAMA *et al.*, 2019).

Já pelo ponto de vista econômico, as formigas-cortadeiras possuem habilidades em forragear plantas não nativas, como, *Eucalyptus* e *Pinus*, entre outras culturas (AMANTE, 1967; MARICONI, 1970; ZANETTI *et al.*, 2014), sendo que o corte intenso do material vegetal na agrossilvicultura, classifica as formigas-cortadeiras como pragas-chaves (HÖLLDOBLER; WILSON, 2010), provocando perdas significativas de biomassa vegetal, assim como, perdas econômicas, podendo alcançar bilhões de dólares com base em estimativas globais (MONTROYA-LERMA *et al.*, 2012).

No entanto, as operárias também possuem preferência por determinadas plantas monocotiledoneas e dicotiledoneas, cuja seiva é utilizada como complemento alimentar das operárias adultas, e o vegetal como substrato para o desenvolvimento de seu fungo simbiote (FORTI; ANDRADE, 1999; LITTLEDYKE; CHERRETT, 1976; QUINLAN; CHERRETT, 1979). Alguns autores inferem que os nutrientes como proteínas, carboidratos, compostos secundários de defesa da planta e lipídios podem influenciar na escolha do corte, uma vez que esses compostos podem ser benéficos ou prejudiciais à colônia e ao seu fungo mutualista (DELLA LUCIA *et al.*, 1995; SANTOS *et al.*, 2015; 2019). No Brasil, as cortadeiras que se destacam pertencem ao gênero *Atta* e estão presentes quase que em todo território nacional (GUÉNARD *et al.*, 2017).

2.2 *Atta sexdens*

A *Atta sexdens* Linnaeus, 1758, conhecida como saúva-limão, possui esse nome, pois, quando sua cabeça é amassada ou esmagada, esta, exala um característico cheiro de limão, o que torna fácil a identificação desse inseto em campo (DELLA LUCIA, 2011). Assim como as demais formigas do gênero *Atta*, a *Atta sexdens* possui divisão de castas com polietismo morfológico, em que as operárias realizam diferentes tarefas dentro da colônia, e são classificadas como: operárias mínimas, responsáveis pelo cuidado com o jardim de fungo e alimentação dos imaturos; já as operárias médias realizam o forrageamento, explorando a área externa do ninho para a coleta de material vegetal; e finalmente as operárias maiores chamadas de “soldados”, que realizam a defesa do ninho contra predadores (MUELLER, 2002; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; WILSON, 1980).

Essa espécie é encontrada em toda América do Sul, e é apontada como uma das pragas mais avassaladoras provocando grandes prejuízos à agrossilvicultura (DELLA LUCIA *et al.*, 2014), devido ao corte intenso e desfolha das culturas em qualquer fase de crescimento, por exemplo, em silvicultura composta por *Pinnus* com menos de 10 anos, as perdas podem ocorrer em até 50% da produção da madeira (HERNÁNDEZ; JAFFÉ, 1995).

Na silvicultura de *Eucalyptus*, a saúva-limão é tida como uma das principais pragas, em especial, nos estágios de muda e no início da fase de brotação (BOARETTO; FORTI, 1997). Os prejuízos causados pelas cortadeiras atingem grandes escalas, sendo difíceis de estimar. Grande parte das estimativas de danos provocados é fornecida pelo setor florestal, e demonstram que o custo em manejo gira em torno de 30%, devido ao monitoramento e controle dessas espécies (DELLA LUCIA; AMARAL, 2020).

Por conta desse *status*, muitos estudos têm investigado as técnicas eficazes para o controle dessas formigas, porém, elas são consideradas de difícil combate. Seus mecanismos comportamentais e fisiológicos lhes proporcionam resistir aos efeitos das diferentes formas de controle.

Para resistir aos efeitos de patógenos, tanto no ninho como em seu corpo, as formigas combinam diversos mecanismos de defesa. Dentre os métodos desses insetos, podem ser citados: a remoção dos indivíduos contaminados do ninho, comportamento de limpeza (*grooming*), produção de antibióticos por microrganismos presente em sua cutícula, tal como, a secreção de compostos antimicrobianos provenientes das glândulas exócrinas dessas formigas, destacando-se a metapleurale (ORTIUS-LECHNER *et al.*, 2000), exclusiva nos Formicidae.

Embora o controle biológico tenha demonstrado resultados promissores, ainda não é eficiente em campo para as formigas-cortadeiras e necessita de melhorias na empregabilidade de diferentes técnicas, pois, as cortadeiras contam com a alta capacidade de detectar e se restabelecer contra agentes patogênicos em ambientes naturais (BOARETTO; FORTI, 1997; BRITTO *et al.*, 2016; MONTROYA-LERMA *et al.*, 2012).

2.3 Controle das formigas-cortadeiras

Existem muitas formas de controle das formigas-cortadeiras, e são classificados como: controle mecânico, físico, cultural, químico e biológico.

O controle mecânico constitui-se em destruir por completo o ninho de formigas através da escavação, fazendo uso de ferramentas, ou através da aração e gradagem do solo. Essa

técnica se torna viável para ninhos jovens de até 1,5 metros de profundidade ou ninhos com até quatro meses (BOARETTO; FORTI, 1997; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O controle físico baseia-se na proteção da planta através de obstáculos que impedem a formiga de chegar às partes vegetativas destas. Algumas barreiras físicas podem ser construídas de maneira artesanal, ou serem adquiridas comercialmente, no entanto, esse método dificilmente é relevante em áreas com grandes culturas (ANJOS; DELLA LUCIA; MAYHÉ-NUNES, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O controle cultural faz o uso de armadilhas nas culturas, como a utilização de gergelim (*Sesamum indicum* L.). O uso dessa planta em áreas cultivadas ou de reflorestamento, levam as formigas a cortarem e transportarem folhas e sementes desta planta, acarretando assim na redução do crescimento de seu fungo simbiote, uma vez que, folhas e sementes do gergelim possuem uma substância tóxica conhecida por sesamina a qual apresenta atividade fungicida e inseticida (BURG; MAYER, 2001; PERES FILHO; DORVAL, 2003).

Controle químico é a metodologia mais utilizada atualmente para o controle dessas formigas (ZANETTI *et al.*, 2014). Faz o uso de iscas granuladas, pós secos e termonebulização. Os princípios ativos mais utilizados são: fipronil e sulfluramida, ambos, apresentam toxicidade aguda para aves, mamíferos, ambientes aquáticos e são prejudiciais também à saúde humana (BRITTO *et al.*, 2016, ZANETTI *et al.*, 2014; ZANUNCIO *et al.*, 2016). A sulfluramida foi considerada como um poluente orgânico persistente (POPs) na Convenção de Estocolmo, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2005 (FSC, 2007; UNEP, 2009), sofrendo restrições por órgãos de certificação florestal (ZANUNCIO *et al.*, 2016).

Por outro lado, o controle biológico consiste na utilização de inimigos naturais das formigas, como agentes entomopatogênicos (bactérias e fungos), tal quais predadores e parasitoides (DELLA LUCIA; VILELA, 1993). A utilização de inimigos naturais relacionados ao controle de formigas-cortadeiras vem ganhando um amplo reconhecimento (GUILLADE; FOLGARAIT, 2014), como é o caso da investigação sobre o potencial uso desses inimigos naturais no controle das populações dessas formigas, uma vez que esses seres são importantes componentes na cadeia alimentar. Entre os inimigos naturais das formigas-cortadeiras destacam-se, os predadores que são compostos por aves e pássaros (ANJOS *et al.*, 1998), anfíbios, répteis, mamíferos e outros artrópodes como aracnídeos e a espécie de besouro *Canthon virens* Mannerheim (Coleoptera: Scarabaeidae), responsável por decapitar as fêmeas reprodutoras, no momento em que essas formigas recém fecundadas iniciam a busca para fundação de seus novos ninhos (ARAÚJO *et al.*, 2015). O uso de microrganismos, como fungos entomopatogênicos e micoparasitas do fungo mutualista, atualmente, tem sido o mais estudado

para o controle biológico de formigas-cortadeiras (TRAVAGLINI *et al.*, 2018). E por fim, é conhecido o grupo dos insetos parasitoides de formigas, em que se destacam as vespas da família Diapriidae (Hymenoptera) e as moscas da família Phoridae (Insecta: Diptera) (DELLA LUCIA, 2011).

2.4 Phoridae

Os forídeos parasitoides são pertencentes à família Phoridae; seu nome popular é originário da palavra grega *phora*, que tem o significado de “movimento rápido”, devido ao seu deslocamento ágil.

A família Phoridae se distribui em todas as regiões biogeográficas com a maior diversidade nos trópicos (DISNEY, 1994) possuindo cerca de 4.856 espécies em 287 gêneros (PAPE; THOMPSON, 2023; PHORID CATALOG, 2023). Possuem diferentes espécies, com hábitos alimentares distintos, em que nos estágios de vida larval, essas moscas podem ser predadores, saprófagas, cleptoparasitas, herbívoras e parasitoides especializados (DISNEY, 1994; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Essas moscas possuem o tamanho pequeno (BROWN *et al.*, 2010; 2018), e pouco se sabe sobre sua biologia e comportamento quando os adultos não estão desempenhando o ataque a seus hospedeiros. Contudo, estudos mostraram que possivelmente a fonte alimentar primária nos indivíduos adultos, é composto por soluções açucaradas, adquiridas por meio da seiva de plantas ou néctar de flores, assim como ocorrem às espécies que são predadoras de insetos (DISNEY, 1994).

Ao longo da evolução, os forídeos parasitoides têm demonstrado uma alta adaptação, para uma variada gama de hospedeiros, sendo relatados casos de parasitoidismo em cupins (Isoptera), abelhas (Apidae), formigas (Formicidae) e milípedes (Diplopoda) entre outros organismos (BROWN, 2006; DISNEY, 1994). Por conta da potencialidade das moscas parasitoides no controle biológico, foi implementado nos Estados Unidos na década de 90 o controle biológico clássico para controle das formigas-de-fogo das espécies *Solenopsis richteri* Forel e *Solenopsis invicta* Buren (GRAHAM *et al.*, 2003), introduzidas acidentalmente nos Estados Unidos e se tornando espécies pragas em áreas de agricultura, pecuária, equipamentos eletrônicos e provocando riscos para a saúde humana (OI; PORTER, 2022).

As moscas utilizadas no programa de controle biológico pertencem ao gênero *Pseudacteon*, e possuem o hábito de decapitar a formiga atacada e empupar dentro da cápsula cefálica do hospedeiro (PORTER *et al.*, 1995). A utilização dessas moscas parasitoides em campo foi possível por conta de muitas pesquisas que se estabeleceram para descobrir sobre

sua bioecologia e comportamento (PORTER *et al.*, 2004; VÁZQUEZ *et al.*, 2004). Diante disso, torna-se necessário ampliar o conhecimento das demais espécies de forídeos parasitoides, também, para as formigas-cortadeiras, a fim de inferir sobre o seu potencial como agentes em programa de controle biológico (BRAGANÇA *et al.*, 1998; TONHASCA; BRAGANÇA, 2000).

De acordo com Bragança (2011), são conhecidos onze gêneros da família Phoridae, que são moscas parasitoides das formigas-cortadeiras. Dentre esses, destacam-se quatro gêneros mais frequentes e com maior número de espécies, incluindo os gêneros *Apocephalus*, *Myrmomicarius*, *Eibesfeldtphora* parasitoide específico do gênero *Atta* e finalmente *Neodohrniphora* parasitoide específico do gênero *Acromyrmex* (DELLA LUCIA, 2011; URIBE *et al.*, 2014). São também os mais estudados e os que dispõem de maiores informações na literatura sobre comportamento e locais de ataques às operárias, taxas de parasitoidismo, distribuição das espécies, entre outros.

2.5 Interação entre forídeos parasitoides e formigas-cortadeiras

Os forídeos parasitoides utilizam as formigas como seus hospedeiros para completarem seu desenvolvimento e se tornarem adultos. A fêmea do forídeo parasitoide sobrevoa sobre trilhas, áreas de forrageamento e entradas de ninhos de formigas até escolher o indivíduo alvo. Dessa forma, essas moscas utilizam seus ovipositores para introduzir ovos múltiplos ou únicos, podendo variar o local de postura no corpo do hospedeiro dependendo da espécie do forídeo. A mosca se aproxima do corpo da formiga, desferindo então o ataque. Deste modo, a larva vai eclodir dentro do corpo da formiga, alimentando-se do tecido interno (BRAGANÇA *et al.*, 2002; BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006; TONHASCA *et al.*, 2001). No momento da pupação desse forídeo, o hospedeiro morre e essa pupa se aloja em diferentes partes do corpo da formiga ou abandona o corpo do hospedeiro para empupar no ambiente externo. Além de causar a morte da formiga, os ataques dessas moscas podem motivar mudanças consideráveis no comportamento de forrageio de seus hospedeiros (BRAGANÇA *et al.*, 1998; BRAGANÇA, 2011; TONHASCA, 1996), provocando redução no número de operárias nas trilhas e no transporte de fragmentos vegetais, fazendo com que as formigas deixem suas cargas e retornem para o interior dos ninhos sem esse transporte (BRAGANÇA *et al.*, 1998; BRAGANÇA, 2011; ORR, 1992; TONHASCA *et al.*, 2001).

A identificação de determinados gêneros e espécies pode ser possível por conta do comportamento individual, principalmente em relação ao local da oviposição e no momento da empupação da mosca (ELIZALDE; FOLGARAIT, 2011). A espécie *Apocephalus attophilus*

Borgmeier, geralmente realiza a oviposição próximo a cavidade bucal do hospedeiro. A larva se alimenta de toda porção da cápsula cefálica, e no momento da transformação da larva em pupa, a larva abandona o corpo da formiga para empupar no ambiente. A quantidade de larvas desta espécie pode variar de 1 até 18 por formiga (ERTHAL; TONHASCA, 2000; PEREIRA, 2020).

Em relação à espécie *Apocephalus vicosae* Disney o local de oviposição ainda é desconhecido, porém, a pupa se aloja no tórax da formiga provocando o rompimento da propleura do hospedeiro no momento da emergência do adulto; sabe-se até o presente momento que essa espécie possui apenas um indivíduo por formiga.

Espécies do gênero *Eibesfeldtphora* podem ovipositar na lateral da cápsula cefálica, tórax, abdômen ou ânus, e independente do local do ataque, a larva vai migrar para a cabeça, se alojando entre a musculatura das mandíbulas da formiga para empupar. Esse gênero possui apenas um indivíduo por formiga.

A espécie *Myrmosicarius grandicornis* Borgmeier realiza a oviposição na cápsula cefálica, e também possui apenas um indivíduo por formiga, geralmente se alojando na região do “tentorium”. Por conta da ação de enzimas, a formiga parasitada por esse forídeo perde suas antenas e sua mandíbula. Essa ação facilita a saída do adulto no momento da emergência (TONHASCA *et al.*, 2001).

Esses forídeos podem ser espécie-específicos, ou seja, uma espécie de forídeo que ataca uma determinada espécie de formiga-cortadeira, ou também, casos em que uma espécie de forídeo pode atacar várias espécies de cortadeiras, como por exemplo espécie do gênero *Apocephalus*; *Eibesfeldtphora*; *Neodorniphora* e *Myrmosicarius*. Bragança *et al.* (2016) descreveram o caso de multiparasitismo, que representa um indivíduo de uma espécie de formiga-cortadeira sendo hospedeiro de mais de uma espécie de moscas parasitoides.

As taxas de parasitoidismos e abundância dos forídeos em relação às operárias forrageadoras podem ser alteradas de acordo com as variáveis climáticas, locais em que se encontram as formigas, como, trilha de forrageamento, entradas dos ninhos, áreas de corte dos vegetais e áreas de descartes, assim como, diferentes ambientes (GOMES *et al.*, 2013). Almeida (2004) infere que houve redução nos ataques, abundância e aparição das moscas parasitoides em ninhos de *Atta cephalotes* Linné, localizados na área de borda comparada aos ninhos localizados no interior do fragmento. Esse resultado negativo tem relação com as condições climáticas desvantajosas na área de borda da floresta, com baixa umidade, maior temperatura e maiores variações destas condições.

Assim, a cobertura vegetal desempenha um papel importante na manutenção da diversidade de espécies. Em vista disso, hipotetizou-se que paisagens mais conservadas, com maior cobertura florestal e menores atividades antrópicas, terão os maiores valores relacionados a riqueza de espécies e abundância. E que a paisagem seria uma variável importante associada à diversidade de espécies.

3 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar a diversidade de forídeos parasitoides e sua interação com formigas-cortadeiras da espécie *Atta sexdens*.

3.1 Objetivos específicos

- Avaliar a abundância e riqueza dos forídeos parasitoides em três paisagens diferentes.
- Comparar a diversidade de forídeos parasitoides em operárias de *Atta sexdens* nas estações chuvosa e seca.
- Avaliar as variáveis abióticas em cada paisagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

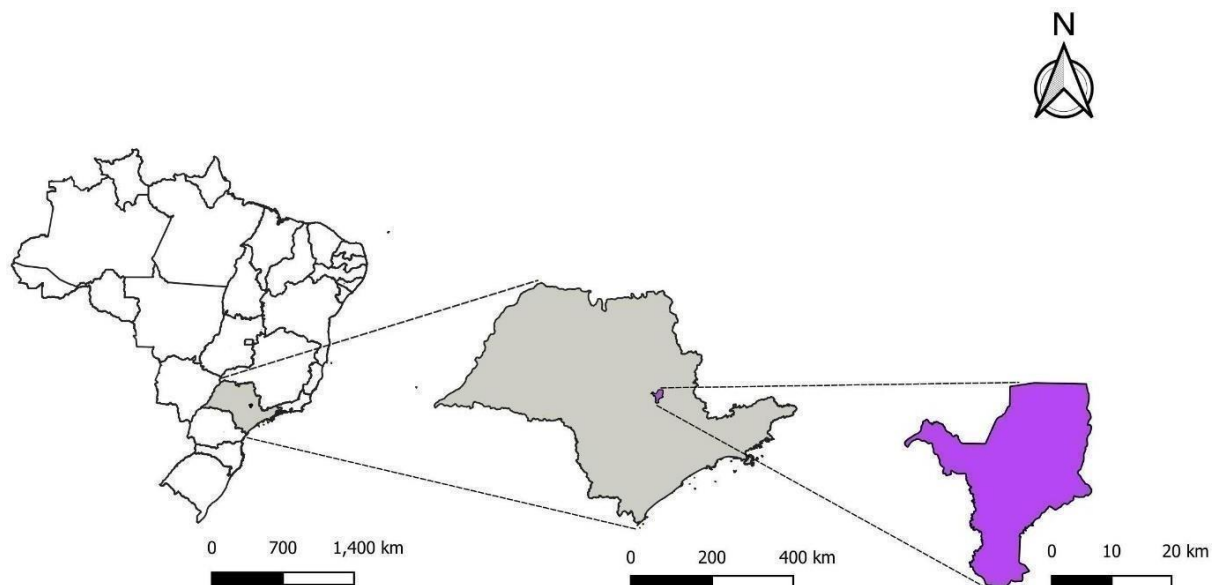
4.1 Descrição das áreas de estudo

As coletas foram realizadas no interior do Estado de São Paulo, em um gradiente ambiental, sendo compostas por: área rural-agrícola; área de floresta com plantio de Eucalipto sem manejo e talhões de mata nativa e área de transição urbano-florestal. Os locais determinados compreendem a região do município de Rio Claro, com coordenadas centrais em 22°24'38,00" de latitude sul e 47°33'34,89" de longitude oeste, o município possui uma área de 498 km² e a estimativa para a população total em 2021 era de 209.548 habitantes. E o município de Ipeúna, com uma estimativa total de 7.824 habitantes, também no ano de 2021, com uma área de 190 km², com coordenadas centrais em 22°26'08,92" de latitude sul e 47°43'11,76" de longitude oeste. Os respectivos municípios estão a 20 km de distância entre si (Figuras 1 e 2). Os locais de estudo englobam a região intermediária de Campinas, localizada no setor centro-leste do Estado de São Paulo (IBGE, 2017). A região apresenta clima subtropical, com verão chuvoso e inverno seco do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen (NIMER, 1989).

No ano de 2022, a temperatura média anual e umidade relativa do ar foram de 21,4°C e 76,5%, respectivamente. Os períodos chuvosos se concentraram entre os meses de Outubro a Março, e totalizaram 1.416.7 mm, também no ano de 2022, com pico em janeiro e dezembro, já os períodos secos ocorreram de Março a Setembro e totalizaram 200.5 mm de precipitação, de acordo com a estação meteorológica localizada no Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) da Universidade Estadual Paulista – UNESP câmpus de Rio Claro.

Os municípios e as paisagens foram mapeados utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). O sistema de coordenadas UTM foi utilizado para gerar as informações através do QGIS, com o Datum WGS84 fuso 23S.

Figura 1 - Localização do município de Rio Claro, SP, Brasil.

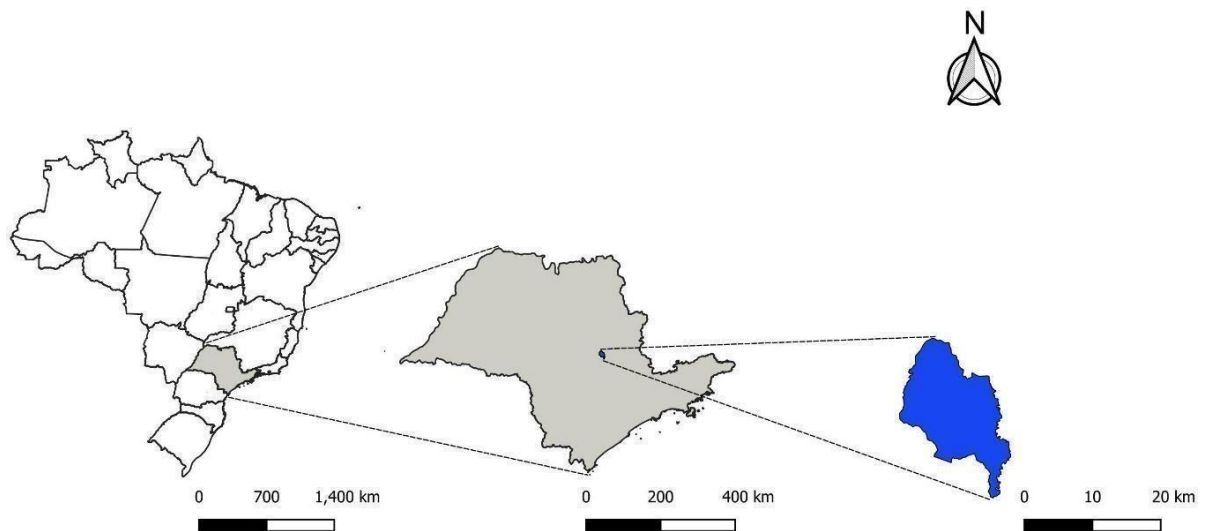


- Rio Claro
- Estado São Paulo
- Brasil

Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS 2000
Base Cartográfica: IBGE, 2020

Elaboração: Alex Carciragui.

Figura 2 - Localização do município de Ipeúna, SP, Brasil.



- Ipeúna
- Estado São Paulo
- Brasil

Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS 2000
Base Cartográfica: IBGE, 2020

Elaboração: Alex Carciragui.

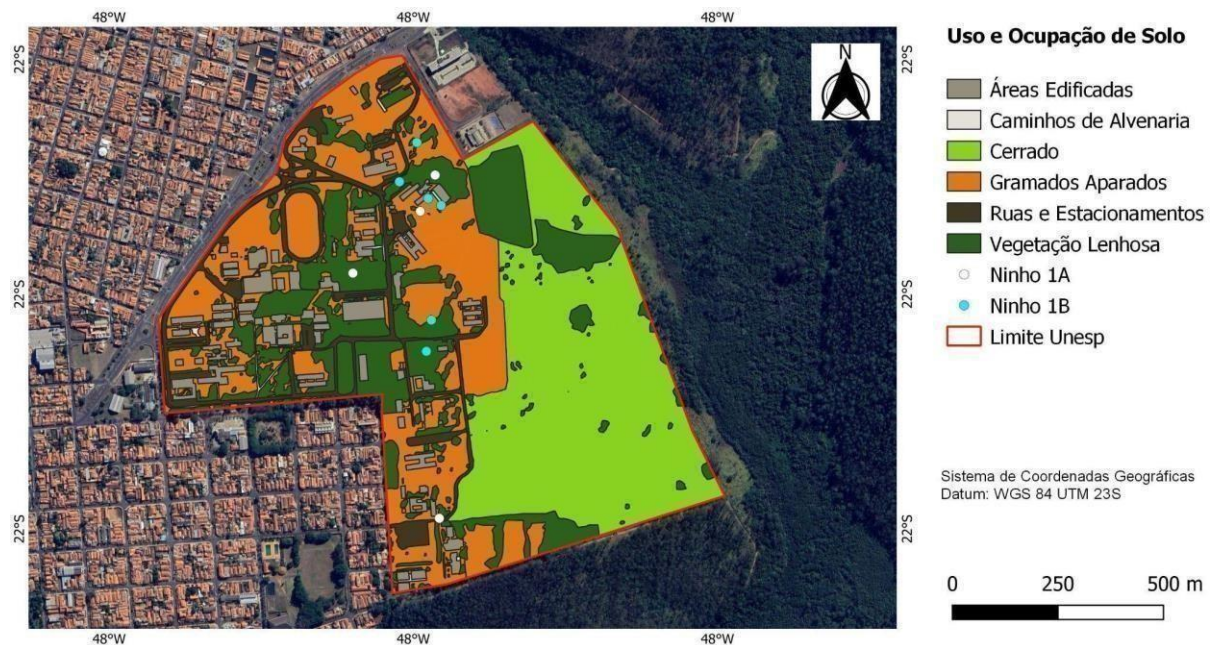
4.2 Coleta de dados

As coletas de *Atta sexdens* ocorreram em ninhos naturais em três paisagens distintas, nos municípios apresentados na seção 4.1.

Para a escolha dos ninhos determinados, deu-se preferência à possibilidade de observação e coleta das operárias em locais seguros e de fácil acesso.

Transição urbano-florestal: Câmpus universitário, localizado a nordeste do centro de Rio Claro, SP, e a leste da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP possui uma área de aproximadamente 111,46 hectares (ALVES, 2003; NODARI, 2003), com áreas de matas nativas e campos entre suas edificações. Em sua maior parte de extensão territorial, são encontrados gramados com árvores isoladas e alguns pontos de fragmento florestal (NODARI, 2003), embora sejam poucas árvores remanescentes da vegetação original. Boa parte delas foi implantada a partir de um projeto paisagístico, enquanto outros exemplares surgiram pela dispersão natural de sementes (POTASCHEFF, 2007) (Figura 3).

Figura 3 - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área de transição urbano-florestal.



Fonte: Image© 2023 Maxar Technologies, Google Earth. Elaboração: Alex Carciragui.

A paisagem urbano-florestal apresenta 34,32% do total de sua área ocupada por Cerrado, conforme a Tabela 1.

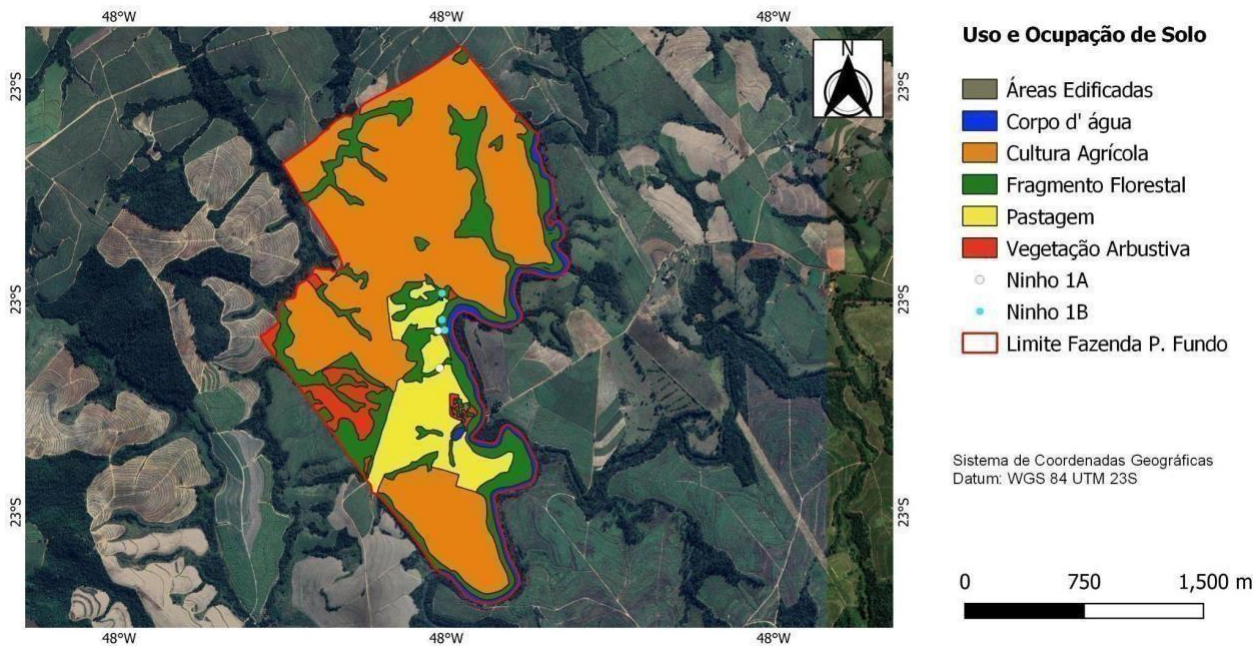
Tabela 1 - Uso e ocupação do solo na área de transição urbano-florestal. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%).

Uso e ocupação do solo	Área	
	(ha)	(%)
Áreas Edificadas	6.682	5,99
Caminhos de Alvenaria	1.009	0,91
Cerrado	38.250	34,32
Gramados Aparados	34.526	30,98
Ruas e Estacionamento	6.214	5,58
Vegetação Lenhosa	24.779	22,23
Total	111.460	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Rural-agrícola: Propriedade localizada no município de Ipeúna, SP, situada na Estrada Municipal RCL-485 na divisa com o município de Rio Claro, denominada Fazenda Poço Fundo, possuindo uma área total de 357,8 hectares. A principal cultura da fazenda é o cultivo de cana-de-açúcar, além da pecuária. A vegetação do local é classificada como Floresta Estacional Semidecidual do Bioma Mata Atlântica, restando alguns fragmentos na propriedade. A fazenda possui áreas de pastagens com transição em Área de Preservação Permanente (APP) às margens do Rio Passa Cinco, sendo esta uma sub-bacia do Rio Corumbataí, localizando-se na primeira zona hidrográfica do estado de São Paulo (Figura 4).

Figura 4 - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área rural-agrícola.



Fonte: Image © 2023 Maxar Technologies, Google Earth. Elaboração: Alex Carciragui.

A paisagem rural-agrícola apresenta 59,45% do total de sua área em Cultura Agrícola, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Uso e ocupação do solo na área rural-agrícola. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%).

Uso e ocupação do solo	Área	
	(ha)	(%)
Áreas Edificadas	0.332	0,001
Corpo d' água	14.401	4,02
Cultura Agrícola	212.724	59,45
Fragmento Florestal	75.465	21,09
Pastagem	41.401	11,57
Vegetação Arbustiva	13.809	3,86
Total	357.800	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Área florestal: Localizada na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA) com um território total de 2.230,53 hectares, situada a leste da cidade de Rio Claro, SP. A floresta é constituída principalmente por Eucalipto sem manejo por diferentes períodos e áreas com sub-bosque rico em espécies nativas (Figura 5). Ao redor da FEENA ocorre também o predomínio do cultivo de cana-de-açúcar e pastagens, fatores esses que modificaram quase que por completo a vegetação nativa no entorno da floresta e nas áreas próximas a nascentes e cursos d' água, assim como, o plantio de espécies exóticas. Atualmente, os exemplares de espécies nativas existem em talhões experimentais e sub-bosque em diferentes estágios de recuperação. Por meio do decreto 46.819 de 11 de junho de 2002, a FEENA se enquadra no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Figura 5 - Caracterização da paisagem e ninhos utilizados para a coleta das operárias nas estações seca e chuvosa do ano, na área florestal.



Fonte: Dados da pesquisa.

A paisagem florestal apresenta 54,33% do total de sua área ocupada por Vegetação Florestal constituída por espécies nativas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Uso e ocupação do solo na área florestal. Valores em hectares (ha); Valores em porcentagem (%).

Uso e ocupação do solo	Área	
	(ha)	(%)
Áreas Edificadas	2.332	0,10
Corpo d'água	10.960	0,49
Eucalipto	689.509	30,91
Palmeira	0.578	0,001
Regeneração Florestal	288.405	12,93
Solo Exposto	27.568	1,24
Vegetação Florestal	1.211,755	54,33
Total	2.230,530	100

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 Coletas em campo

As coletas dos dados foram divididas em dois períodos do ano, considerando a estação chuvosa local, entre os meses de Outubro (2021) a Março (2022) e a estação seca, entre os meses de Abril (2022) a Setembro (2022). A seleção de ninhos de *A. sexdens* e a devida coleta dos indivíduos ocorreram mensalmente nas áreas descritas anteriormente, no decorrer do período chuvoso e seco do ano.

Para tanto, foram selecionados dois ninhos (N1A e N1B) de *A. sexdens* por área de estudo, totalizando em seis ninhos utilizados para cada mês. A localização dos ninhos ocorreu via procura de trilhas de forrageamento, pelos montes de terra solta ou pela presença das saúvas, uma vez que os ninhos de *A. sexdens* são subterrâneos. As coletas das operárias ocorreram das 06h00 às 10h00 da manhã, horário em que foi observada atividade das formigas. Para confirmação da espécie em estudo, um exemplar da saúva teve sua cabeça esmagada a fim de confirmar a liberação do odor cítrico característico da saúva-limão (DELLA LUCIA, 2011), o odor foi confirmado por mais de uma pessoa, além disso, características morfológicas também foram consideradas na identificação.

Os ninhos foram separados levando em conta os montes de terra solta, e estes, possuíam distâncias entre si maiores que 35 metros, porém nunca ultrapassando 1.500 metros. Em

estudos realizados por Forti *et al.* (1984), os autores observaram que a maior distância observada entre *Atta sexdens* foi de 25 metros. Além disso, para a confirmação de que as operárias pertenciam a ninhos distintos, exemplares de formigas foram colocadas juntas para observação do confronto agressivo, indicando se tratar de ninhos diferentes. Seguiu-se esse padrão para todos os locais de estudo.

Todos os ninhos foram georreferenciados, através do GPS Garmin® Etrex 10 para serem localizados novamente (Quadro 1). Em casos de morte ou substituição dos olheiros nos ninhos anteriormente determinados, realizou-se novamente a busca por novos ninhos. Antes de iniciar-se cada coleta, a temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram aferidas através do Termo-Higrômetro® ITHT2210, sempre colocado à sombra e anotadas em uma caderneta de campo, juntamente com a data e horário de início das coletas. Os dados referentes à precipitação pluviométrica da região e velocidade do vento (m/s) foram obtidos junto ao CEAPLA, abrangendo Rio Claro e região, dentro de um raio de 60 km. Foram utilizadas pinças metálicas flexíveis para a coleta das operárias, que sucedeu de forma contínua em um ponto preestabelecido da trilha de forrageamento.

A casta das operárias coletadas variou de pequena a grande, com cápsula cefálica variando de 0,3 mm a 0,435 mm, pois, segundo Bragança *et al.* (1998), e Tonhasca e Bragança (2000), diferentes espécies de parasitoides podem atacar as formigas na trilha de forrageamento conforme o tamanho de sua cápsula cefálica, uma vez que, a escolha por hospedeiros com tamanhos diferentes está relacionada com o comportamento de oviposição da mosca, e o local de desenvolvimento do imaturo de cada espécie de forídeo (FARDER-GOMES *et al.*, 2016). Quando ocorria a presença do forídeo parasitoide desempenhando o ataque sobre as operárias, estas eram imediatamente coletadas.

Quando não havia o forrageamento natural das formigas, foi necessário realizar perturbações nos olheiros das colônias para causar a saída das operárias, o que na maioria das vezes acabava atraindo as moscas parasitoides, uma vez que a presença de feromônios liberados pelas formigas associados a estímulos visuais desencadeiam voos de inspeção dos forídeos sobre a trilha (GAZAL *et al.*, 2009). O estresse mecânico ao ninho foi feito com o auxílio de um graveto de aproximadamente 80 cm de comprimento, assim como um cabo de aço flexível plastificado utilizado em ninhos mais profundos. O material foi agitado vigorosamente por cerca de 50 segundos. Esse método se mostrou eficiente em estudos realizados por Whitehouse e Jaffe (1996), simulando distúrbios causados por vertebrados tentando desenterrar o ninho. As formigas que “agarravam” o graveto ou o cabo de aço flexível eram coletadas cuidadosamente, sendo alocadas em seguida em potes de polipropileno com 10 cm de diâmetro,

com pequenas bolas de algodão hidrófilo levemente umedecido com água, a fim de evitar o ressecamento. Para evitar a evasão das formigas, as bordas internas dos potes foram recobertas com Teflon-30® (DuPont™). Dessa forma, ocorreu a coleta de 250 operárias de cada ninho, totalizando em 500 operárias por localidade. Para cada local, a coleta ocorreu uma vez ao mês ao longo de doze meses. Os indivíduos coletados foram armazenados em caixa de isopor com blocos de gelo, para mantê-los em temperatura adequada até o transporte ao Laboratório de Formigas-Cortadeiras (LAFC) – Unesp Câmpus de Rio Claro, SP.

Quadro 1 - Locais amostrados ao longo do estudo e respectivas coordenadas geográficas e elevação dos ninhos utilizados para as coletas das formigas. N1A: ninho classificado como 1A; N1B: ninho classificado como 1B.

Localização	Paisagens	Coordenadas dos ninhos de <i>A. sexdens</i>
Rio Claro, São Paulo, Brasil.	Transição urbano-florestal.	N1A: -22.393234, -47.543838; 617 m N1A: -22.392462, -47.543495; 615 m N1A: -22.399773, -47.543399; 630 m N1A: -22.394551, -47.545389; 629 m N1B: -22.395550, -47.543583; 623 m N1B: -22.392605, -47.544317; 618 m N1B: -22.392960, -47.543655; 617 m N1B: -22.393110, -47.543359; 616 m N1B: -22.396217, -47.543696; 624 m N1B: -22.391768, -47.543916; 613 m
Ipeúna, São Paulo, Brasil.	Área rural-agrícola.	N1A: -22.513746, -47.660512; 508 m N1A: -22.515858, -47.660411; 510 m N1B: -22.513128, -47.660275; 510 m N1B: -22.511638, -47.660269; 507 m N1B: -22.513715, -47.660096; 508 m
Rio Claro, São Paulo, Brasil.	Área florestal.	N1A: -22.419407, -47.536726; 659 m N1A: -22.424512, -47.532642; 710 m N1A: -22.416952, -47.526576; 616 m N1B: -22.415808, -47.539860; 626 m N1B: -22.414093, -47.541469; 596 m N1B: -22.422494, -47.531328; 697 m N1B: -22.414158, -47.540423; 598 m N1B: -22.428189, -47.530142; 725 m N1B: -22.427532, -47.529810; 726 m

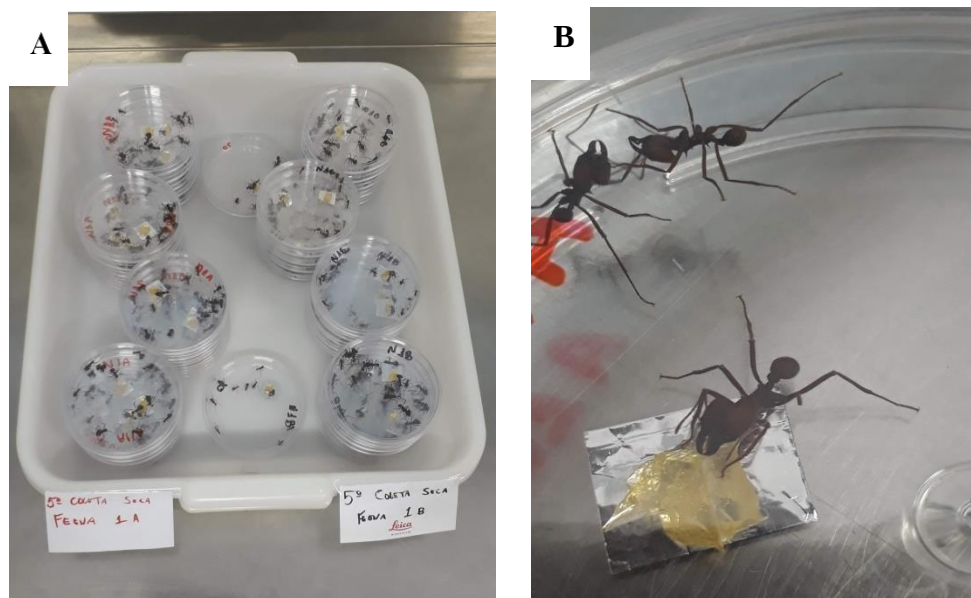
Fonte: Dados da pesquisa.

4.4 Manutenção em laboratório

A manutenção das formigas para a criação dos forídeos parasitoides foi feita em B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio), com temperaturas e umidade controladas em $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 80%, respectivamente. As formigas foram alocadas em placas de Petri com 90 x 15 mm devidamente identificadas. Foram utilizadas 21 placas por ninho, sendo 20 placas com 12 formigas e apenas uma placa com 10 formigas, totalizando 250 indivíduos (Figura 6 A).

As operárias de cada colônia foram alimentadas com dieta artificial sólida por um período máximo de 15 dias, que segundo Tonhasca *et al.* (2001), é capaz de provocar a morte da formiga pelo parasitoidismo. A dieta sólida foi composta de: 5 g de glicose, 1 g de peptona bacteriológica, 0,1 g de extrato de levedura e 1 g de ágar bacteriológico dissolvidos em 100 mL de água destilada. Para a devida solubilização dos componentes, estes foram autoclavados por 15 minutos a 120°C e 1 atm de pressão, e posteriormente mantidos resfriados para a utilização durante o período de estudo (adaptado de BUENO *et al.*, 1997). A dieta sólida era renovada a cada 24h, a fim de evitar a proliferação de fungos e bactérias, o que poderia comprometer a sobrevivência dos indivíduos (Figura 6 B). Nos casos das operárias mortas, essas eram removidas e individualizadas em microtubos de plásticos de 1,5 mL e observadas diariamente para detectar sinais de parasitoidismo. A formiga era considerada parasitada quando esta apresentava o corpo translúcido; abertura na região mandibular com o pupário alojado; abertura entre a região do pronoto e propleura; cabeça sem as mandíbulas ou com a lateral esquerda da cabeça translúcida e lateral direita escura; larvas ou pupas no interior de seu corpo ou fora deste e adultos da mosca parasitoide emergida (BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006; BRAGANÇA, 2011; TONHASCA *et al.*, 2001).

Figura 6 - Representação da manutenção das operárias de *Atta sexdens*. A) Formigas alocadas em placas de Petri, separadas em Ninho 1A e Ninho 1B; B) Dieta sólida oferecida às operárias.

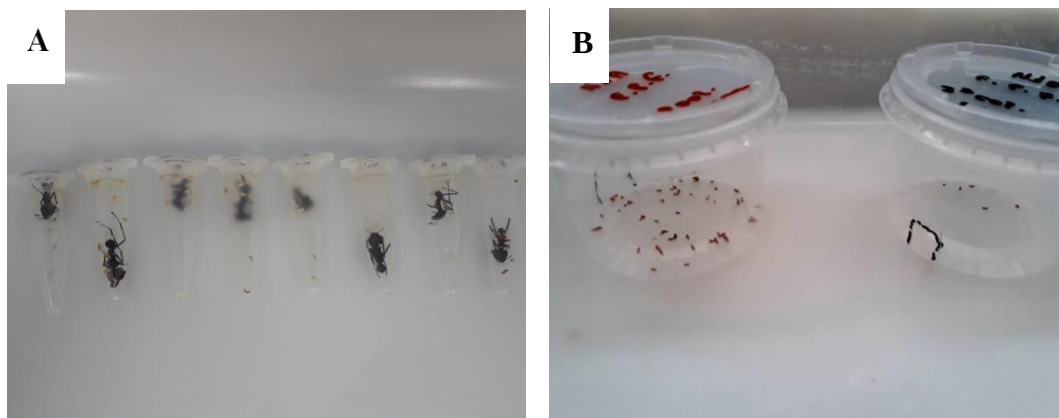


Fonte: Tatiane Domingues.

4.5 Criação dos forídeos parasitoides

Após o parasitoidismo da formiga com a presença de larvas e/ou pupas, assim como adultos emergidos nos microtubos, tais insetos, eram transferidos com o auxílio de um pincel de ponta fina levemente umedecido para potes de polipropileno de 8 cm com tampa, com o intuito de evitar o escape da mosca quando adulta. Sua base foi preenchida com uma camada de aproximadamente 5 mm de gesso, sendo hidratado periodicamente para evitar a desidratação do forídeo. Orifícios com as medidas de 1,5 x 1,5 cm foram feitos na lateral do pote para realizar a manutenção diária (Figura 7). Os adultos recém-emergidos foram alimentados diariamente com solução de água e mel a 10% (BRAGANÇA *et al.*, 2009) até suceder sua morte naturalmente. Após a morte, os parasitoides foram colocados em álcool 70% para posteriormente realizar a identificação a nível de espécie. A porcentagem de parasitoidismo foi definida por meio da criação dos forídeos parasitoides emergidos em laboratório.

Figura 7 - Representação da manutenção dos imaturos de forídeos. A) Formigas mortas alocadas em microtubos, devidamente identificadas; B) Pupas alocadas em potes de polipropileno, devidamente identificadas.



Fonte: Tatiane Domingues.

4.6 Dissecção das formigas

As formigas mortas sem sinais externos de parasitoidismo, isto é, com a presença de larva ou pupa não visualizada, foram dissecadas sob Estereomicroscópio ZEISS® Stemi 2000 e com o auxílio de pinças entomológicas, para detecção da presença de imaturos da mosca no interior da formiga. A dissecção se deu após 30 dias da sua morte, já que transcorrido esse período é pouco provável haver o desenvolvimento do forídeo (TONHASCA *et al.*, 2001).

4.7 Identificação dos forídeos parasitoides

Após a morte das moscas que emergiram das operárias coletadas, esses indivíduos foram separados por morfoespécies e identificados no laboratório a nível de gênero, utilizando chaves de identificação do grupo (BROWN, 2001; BROWN *et al.*, 2010; DISNEY *et al.*, 2006, 2009; URIBE *et al.*, 2014). Fotografias digitais multifocais foram obtidas com uma câmera digital LEICA® MC170 acoplada a um Estereomicroscópio Leica - M205C com o software LAS Core (v. 4.12.0). Para a identificação a nível de espécie, contou-se com a colaboração de um especialista do Museu do Norte da Universidade do Alasca Fairbanks, Dr. Thalles Platiny Lavinsky Pereira.

4.8 Análise de dados

Para determinar a porcentagem de parasitoidismo da *Atta sexdens*, as que apresentaram sinais de parasitoidismo, foram somadas e este número foi dividido pelo valor total de operárias coletadas multiplicado por 100. Da mesma forma, para contabilizar a porcentagem de moscas emergidas, foi dividido o valor total de forídeos adultos pelo valor de larvas, multiplicado por 100. As larvas contabilizadas foram as que abandonaram o corpo do hospedeiro; as que ficaram alojadas dentro do corpo da formiga e também as larvas/pupas mortas encontradas através da dissecação das operárias.

Para avaliar a diversidade de espécies dos forídeos parasitoides foi calculada para cada paisagem e estação a diversidade taxonômica alfa (α), os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988), e para complementar o índice de diversidade, foi aplicado a equitabilidade de Pielou (J') (PIELOU, 1975), a fim de quantificar a distribuição das espécies nas paisagens. O valor da equitabilidade de Pielou varia de 0 a 1, no qual, 0 apresenta uma distribuição desigual, onde uma espécie é dominante em uma determinada comunidade, e 1 apresenta a distribuição equitativa, ou seja, as espécies possuem números semelhantes de indivíduos em uma comunidade.

Para observar se o valor total de formigas parasitadas em cada coleta possuiu relação com as condições ambientais nas diferentes paisagens, foi aplicado o índice de Spearman (ρ) utilizando as médias diárias de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (m/s) ao longo dos 12 meses de coletas. Para as análises da precipitação foram considerados as médias mensais ao longo do período da pesquisa.

O teste Qui-quadrado (χ^2), foi empregado para verificar se existe diferença no parasitoidismo entre as estações seca e chuvosa. Para contrastar como a diversidade das moscas parasitoides ocorreu nas diferentes paisagens, os valores de abundância foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal -Wallis, respeitando o nível de significância de $\alpha = 0,05$. Para identificar se a abundância de moscas nas paisagens diferiram entre si, foi empregado o teste *Post-hoc* de Dunn.

As análises foram realizadas através do software estatístico R (r Core Team 2017) e RStudio (v. 4.2.3). Os pacotes necessários foram utilizados para cada tipo de análise, os gráficos foram elaborados utilizando o pacote ggplot2 e o software Excel. Figuras apresentando os municípios e respectivas paisagens foram produzidas através do software QGIS (v. 3.16.4).

5 RESULTADOS

5.1 Porcentagem de parasitoidismo das formigas

Um total de 18.000 operárias de *Atta sexdens* foi coletado em três paisagens distintas, sendo classificadas como: transição urbano-florestal (UF); área rural-agrícola (RA) e área florestal (AF), ao longo das estações seca e chuvosa do ano. Para cada paisagem foram 6.000 operárias coletadas. Ao todo 1.979 operárias foram parasitadas por oito espécies de forídeos, resultando em uma porcentagem de 11% de parasitoidismo. Desse total, cerca de 9,4% foram observados os imaturos, e 1,6% foram obtidos através da dissecação, onde foram amostradas 290 operárias possuindo larvas/pupas mortas dentro de seus corpos, assim como duas formigas continham ovo do parasitoide dentro de sua cápsula cefálica.

As coletas das operárias ocorreram em ninhos naturais ao longo de doze meses, do período de outubro/2021 a março/2022, correspondente a estação chuvosa e de abril a setembro/2022, correspondente a estação seca da região de estudo. Ao todo, 24 ninhos distintos foram utilizados no experimento, pois, em determinadas situações ocorria a morte provocado por iscas inseticidas ou migração de olheiros das operárias de *A. sexdens*, sendo assim, novos ninhos tinham de ser amostrados. O número total de ninhos utilizados para a coleta das operárias em cada paisagem foi de: urbano-florestal utilizou-se dez ninhos; na área rural-agrícola obtiveram-se cinco ninhos e para a área florestal utilizou-se nove ninhos.

As porcentagens totais de formigas parasitadas para cada paisagem diferiram entre si, em que a Transição urbano-florestal apresentou o menor valor com 6,8% (n= 411); Rural-agrícola com 8,6% (n= 518) e Área florestal possuindo a maior porcentagem com 17,5% (n= 1050). Em relação ao número de larvas eclodidas, obteve-se um total de 5.391 larvas, com maior eclosão ocorrendo na estação seca nas três paisagens (Tabela 4). O presente trabalho registrou uma ocorrência de multipasitismo, onde a mesma formiga foi parasitada pelas espécies *Apocephalus attophilus* e *Eibesfeldtphora* sp., sendo que o caso ocorreu somente em um ninho da área florestal, com emergência de apenas uma das espécies de mosca.

Tabela 4 - Valor total de formigas parasitadas e larvas eclodidas nas três paisagens separadas por estações chuvosa e seca. (AF) Área Florestal; (RA) Rural-Agrícola; (UF) Urbano-Florestal.

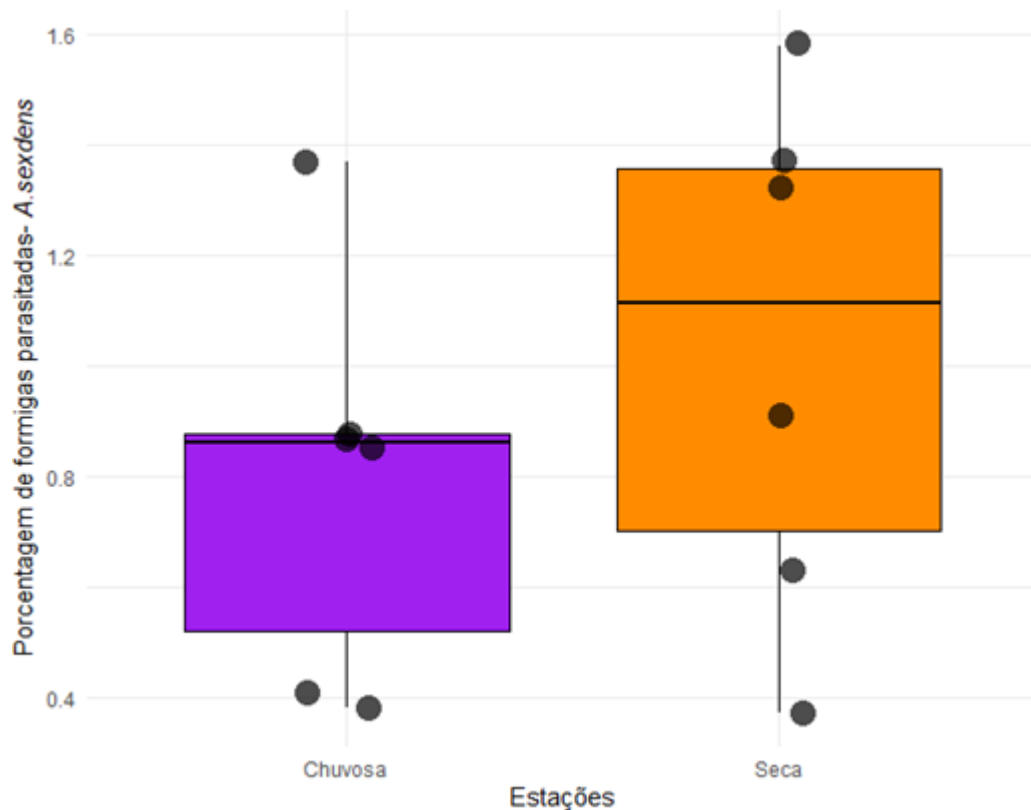
Estações	AF	RA	UF	Total
Chuvosa				
Formigas parasitadas	438	240	183	861
Larvas eclodidas	1.095	682	382	2.159
Seca				
Formigas parasitadas	612	278	228	1.118
Larvas eclodidas	1.948	712	572	3.232

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados obtidos através do teste Qui-quadrado demonstram haver diferença significativa no parasitoidismo das operárias entre as estações chuvosa e seca ($\chi^2 = 33,37$; $p = < 0,001$). Esses resultados evidenciam que as espécies de forídeos exibem preferências quanto a estação para atacar seu hospedeiro, preferindo a estação seca.

O Gráfico 1 apresenta a porcentagem total de parasitoidismo considerando as três paisagens, separadas pela estação chuvosa (out-mar) e seca (abr-set). Em cada estação do ano, foram realizadas seis coletas em cada uma das paisagens, transcorrendo uma vez ao mês. A porcentagem máxima mensal de parasitoidismo ocorreu na estação seca com 1,5%, bem como, a menor porcentagem mensal também ocorreu na estação seca com 0,3%.

Gráfico 1 - Porcentagem mensal de operárias de *A. sexdens* parasitadas, de acordo com as estações do ano.

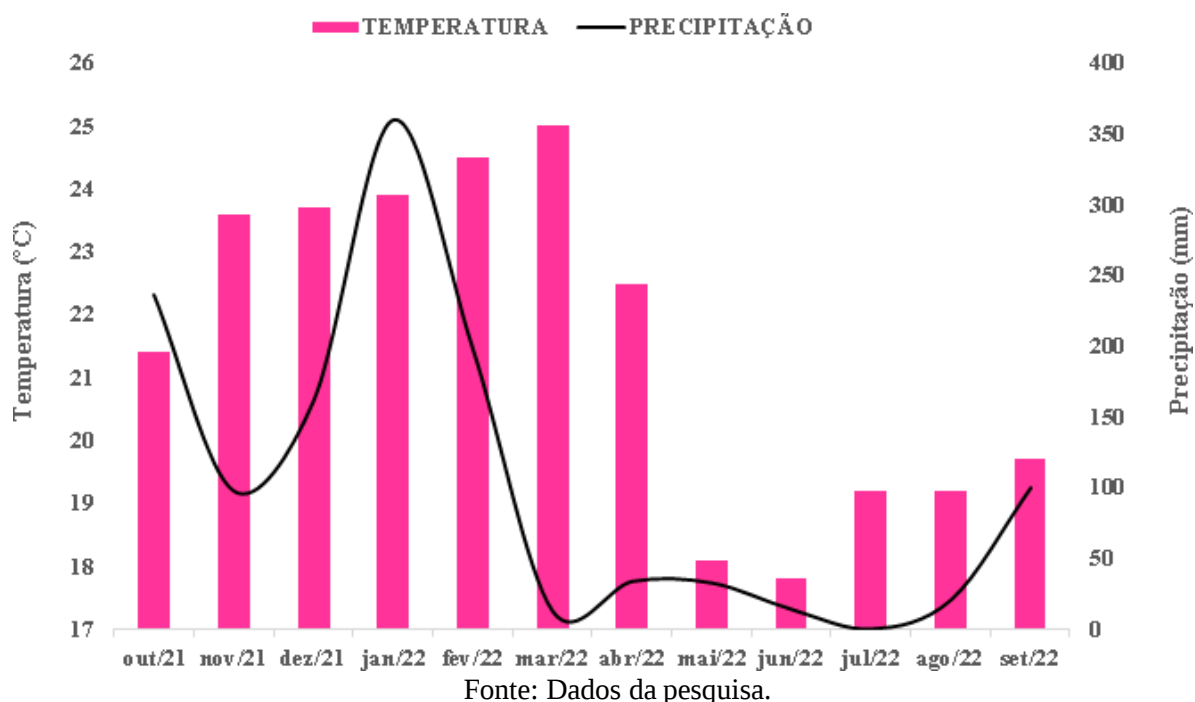


Fonte: Dados da pesquisa.

5.2 Variáveis abióticas

A precipitação e a temperatura média mensal referentes ao período de coleta das operárias estão presentes no Gráfico 2. O mês de março apresentou a maior média de temperatura, enquanto para precipitação, o mês de janeiro apresentou 359.6 mm. Logo, a menor média de temperatura foi observada no mês de junho com 17,8°C e o mês de julho sendo o único que não apresentou nenhum índice de precipitação.

Gráfico 2 - Média mensal da Temperatura (°C) e Precipitação (mm) de Rio Claro, SP e região, ao longo do período que sucederam as coletas das operárias de *A. sexdens*.

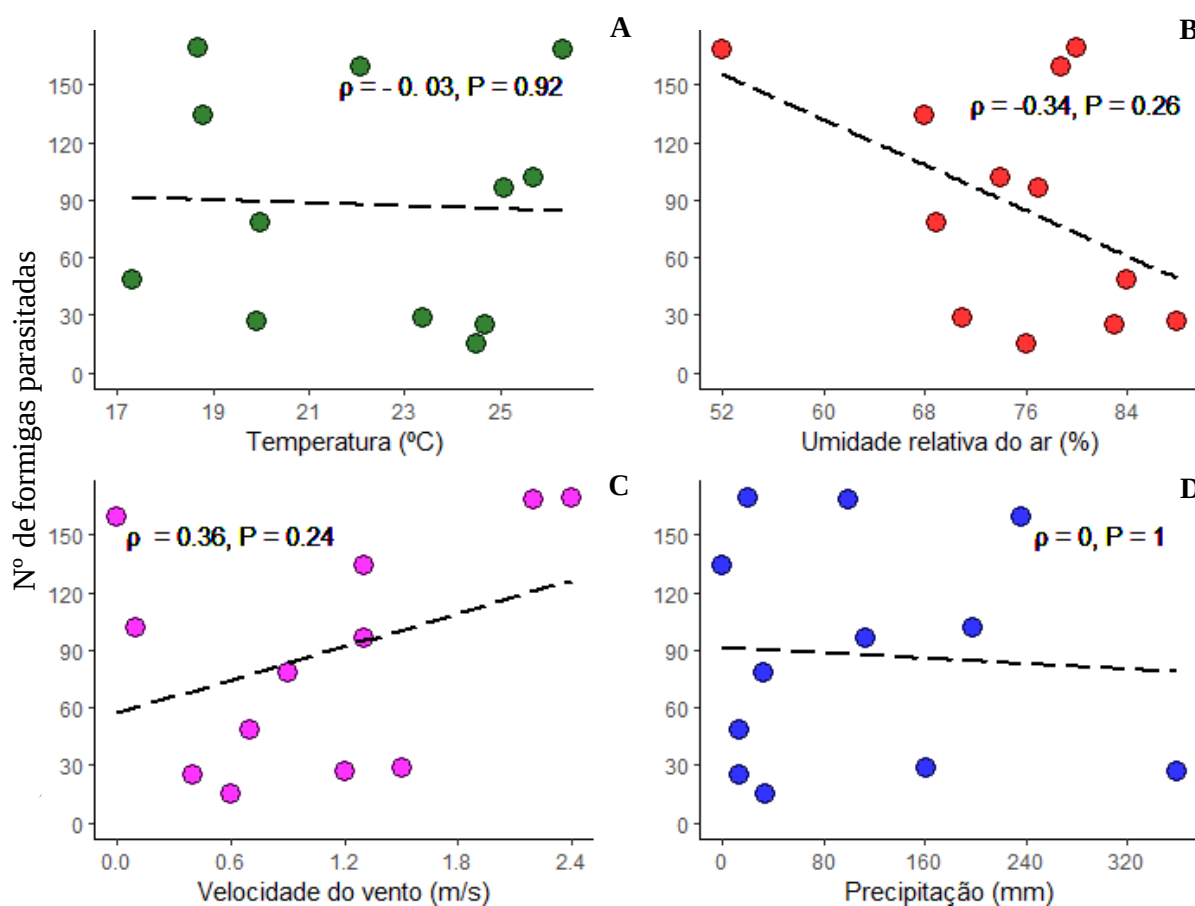


Para as análises da precipitação, foram considerados os milímetros mensais, pois, todas as coletas nas três paisagens, ocorreram em dias que não houve precipitação. Os dados relacionados à temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento empregados na correlação de Spearman, foram adquiridos através do CEAPLA e são referentes ao dia que ocorreram as coletas.

A frequência de parasitoidismo variou ao longo dos meses em que sucederam as coletas. Para a paisagem florestal a maior frequência de parasitoidismo ocorreu no mês de agosto/2022, o valor total faz referência aos ninhos classificados como 1A e 1B e resultaram em 169 formigas, e 523 larvas eclodidas. A média diária de temperatura e umidade, foi de 18,7°C e 80%, respectivamente, com relação à média da velocidade do vento, entre os horários em que ocorreram as coletas, foram de 2,4 m/s. Em contrapartida, a menor frequência de parasitoidismo ocorreu no mês de abril/2022 com apenas 15 formigas parasitadas e eclosão de 55 larvas. A temperatura e umidade referentes ao dia da presente coleta foram 24,5°C e 76%, respectivamente, com uma média da velocidade do vento em torno de 0,6 m/s. O total de formigas parasitadas considerando os ninhos 1A e 1B ao longo de um ano de coleta, não apresentou nenhuma correlação significativa com nenhuma variável climática. O número de formigas parasitadas apresentou uma tendência a correlação negativa com a umidade relativa

do ar, ao qual o maior número de formigas parasitadas ocorreu na menor média da umidade. Já uma tendência a correlação positiva foi observada para a velocidade do vento, em que o maior número de formigas parasitadas ocorreu com o aumento da velocidade do vento (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na área florestal. (A) Temperatura; (B) Umidade relativa do ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação.

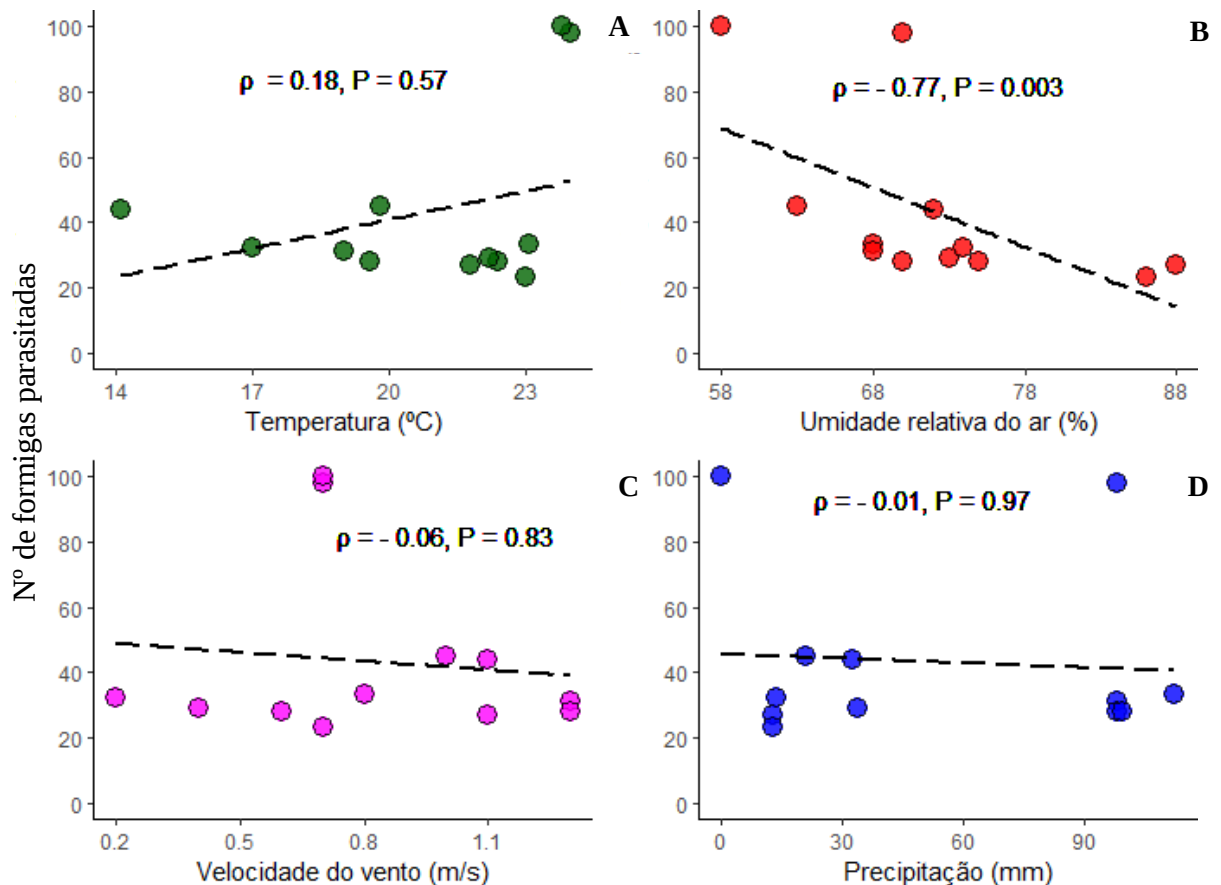


Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação a paisagem rural-agrícola o mês que ocorreu o maior número de parasitoidismo foi julho/2022 com 100 operárias parasitadas e eclosão de 220 larvas, os valores são referentes as coletas feitas nos ninhos classificados como 1A e 1B, sendo que a média diária de temperatura e umidade foi de 23,8°C e 58%, respectivamente. Já o menor número de formigas parasitadas ocorreu no mês de março/2022 com 23 operárias parasitadas, a temperatura e umidade ficaram em torno de 23°C e 86%, respectivamente. A única correlação significativa apresentada foi para umidade relativa do ar ($\rho = -0.77$; $p = 0,003$), exibindo uma

correlação negativa, com o maior valor de formigas parasitadas ocorrendo na menor média de umidade. O Gráfico 4 apresenta os resultados.

Gráfico 4 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na área rural-agrícola. (A) Temperatura; (B) Umidade relativa do ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação.

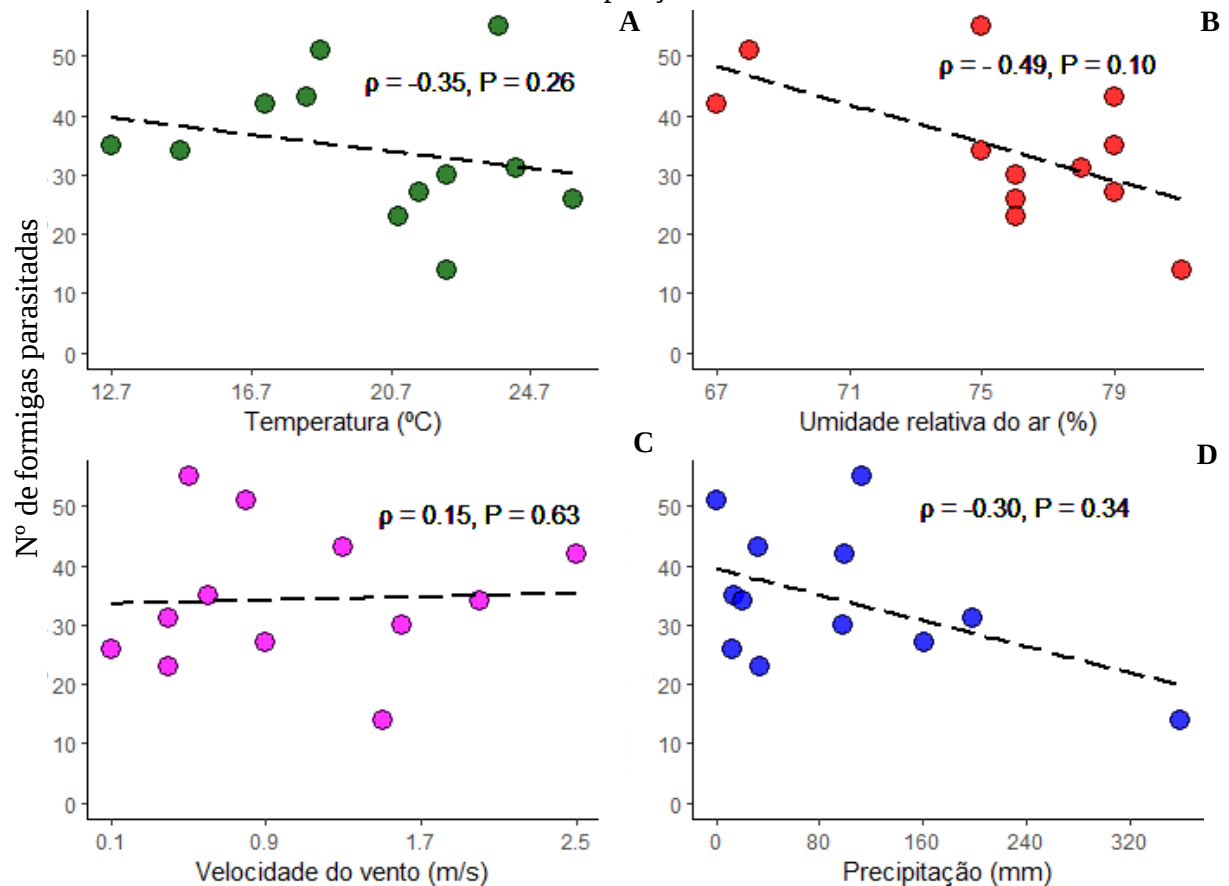


Fonte: Dados da pesquisa.

As coletas que ocorreram na paisagem urbano-florestal tiveram sua maior frequência de formigas parasitadas no mês outubro/2021, com 55 operárias parasitadas e eclosão de 133 larvas. A temperatura girou em torno de 23,8°C e umidade de 75%. O mês que apresentou o menor valor de formigas parasitadas foi janeiro/2022 com apenas 14 formigas e eclosão de 30 larvas. A temperatura e umidade diária giraram em torno de 22,3°C e 81%, respectivamente. Nenhuma correlação foi significativa para as variáveis climáticas, porém, ocorreu uma tendência a correlação negativa com as variáveis de umidade relativa do ar e precipitação, em

que houve o menor valor de formigas parasitadas enquanto aumentavam a umidade e precipitação (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Coeficiente de correlação de Spearman (ρ) para visualização entre número total de formigas parasitadas (ninhos 1A e 1B) e variáveis climáticas referentes as duas estações do ano na transição urbano- florestal. (A) Temperatura; (B) Umidade relativo ar; (C) Velocidade do vento; (D) Precipitação.



Fonte: Dados da pesquisa.

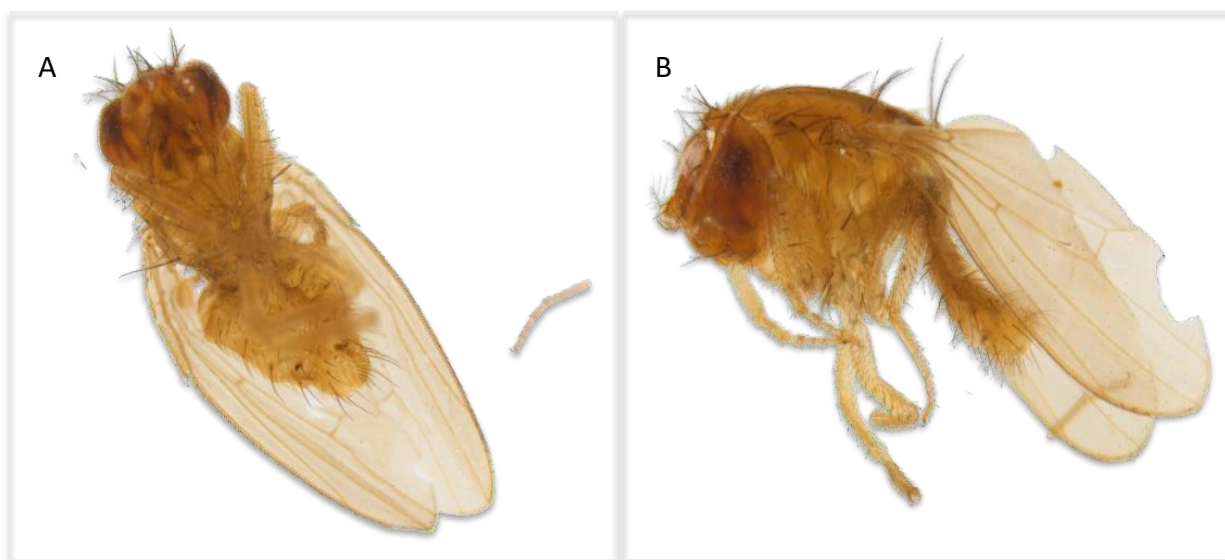
5.3 Diversidade

No total, 2.494 moscas emergiram em laboratório, com uma porcentagem de 46,2% de forídeos que chegaram à fase adulta. Esse valor poderia ter sido maior, uma vez que, muitas pupas mantidas na B.O.D tiveram a interrupção de seu ciclo de vida, provocados pela presença de fungo, que não foi possível controlar. As moscas foram mantidas em laboratório, apenas para observação de sua alimentação e de seu ciclo de vida.

Os indivíduos pertencem a oito espécies de forídeos parasitoides, e apenas um

indivíduo não foi possível identificá-lo, porém, se tratava de uma espécie não pertencente a família Phoridae (Figura 8), desta forma o mesmo não foi considerado nas análises de diversidade. A respectiva mosca ocorreu apenas na paisagem urbano-florestal. Do valor apresentado, 147 moscas correspondiam aos machos do gênero *Eibesfeldtphora*, devido a dificuldade em sua identificação por possuírem a mesma morfotipagem, não foi possível inclui-los nas análises, em que apenas os valores das moscas fêmeas foram capazes de ser representados. Do mesmo modo, 30 forídeos parasitoides que se encontravam com o corpo fragmentado ou com má formação, também não foram considerados, devido à dificuldade na identificação precisa das espécies.

Figura 8 - Espécie não identificada. (A) Imagem frontal: Diptera sp.; (B) Imagem lateral: Diptera sp.



Fonte: Tatiane Domingues.

O gênero de forídeo mais abundante e que apresentou maior riqueza foi *Apocephalus* com quatro espécies, sendo: *Apocephalus* sp. 1, *Apocephalus* sp. 2, *Apocephalus attophilus* e *Apocephalus vicosae*. O segundo gênero mais abundante foi *Eibesfeldtphora* representado pelas espécies *Eibesfeldtphora declinata* Borgmeier, *Eibesfeldtphora elongata* Brown e *Eibesfeldtphora tonhascai* Brown, e por ultimo, o gênero menos frequente em todas as paisagens e que apresentou apenas uma espécie foi *Myrmosicarius grandicornis*. A Tabela 5 apresenta os resultados totais das moscas emergidas correspondentes a cada paisagem, incluindo as espécies identificadas e espécies não adicionadas nas análises de diversidade.

Tabela 5 - Total de moscas parasitoides emergidas em laboratório e respectivas paisagens. AF (Área Florestal); RA (Rural-Agrícola); UF (Urbano-Florestal).

Espécies	AF	RA	UF	Total
<i>Apocephalus</i> sp. 1	0	0	7	7
<i>Apocephalus</i> sp. 2	0	1	0	1
<i>Apocephalus attophilus</i>	1.034	653	338	2.025
<i>Apocephalus vicosae</i>	100	55	2	157
<i>Eibesfeldtphora tonhascai</i>	35	3	10	48
<i>Eibesfeldtphora elongata</i>	23	5	6	34
<i>Eibesfeldtphora declinata</i>	2	11	3	16
<i>Myrmosicarius grandicornis</i>	3	8	17	28
Machos de <i>Eibesfeldtphora</i>	103	19	25	147
Phoridae sem ID*	25	4	1	30
Diptera sem ID*	0	0	1	1

(*) sem identificação, mosca fragmentada. Fonte: Dados da pesquisa.

A paisagem florestal apresentou a maior abundância tanto na estação seca (n= 726) como na estação chuvosa (n= 471), a segunda paisagem mais abundante foi rural-agrícola com predominância na estação chuvosa (n= 420) e (n= 316) para a estação seca e por fim, a paisagem que apresentou a menor abundância foi a urbana-florestal com resultados maiores na estação seca (n= 247) em relação à estação chuvosa, com (n= 136). Entretanto, fundamentado no índice de alfa diversidade de Shannon-Wiener (H'), na estação seca a paisagem urbana-florestal foi a mais diversa seguido pela paisagem florestal e por último a rural-agrícola. Em relação a distribuição da densidade relativa das espécies nas paisagens, na estação seca, a paisagem que apresentou a maior equitabilidade foi a urbana-florestal e em segundo a área florestal, e rural-agrícola apresentou a menor equitabilidade.

Referente à estação chuvosa, a área florestal deteve a maior equitabilidade, seguida da rural-agrícola e urbano-florestal (Tabela 6).

Tabela 6 - Diversidade total de moscas parasitoides em todas as paisagens e estações do ano. AF (Área Florestal); RA (Rural-Agrícola); UF (Urbano-Florestal).

Estação Seca	Paisagens	Abundância	Riqueza	Shannon-Wiener(H')	Pielou (J)
	AF	726	6	0.5009088	0.2795626
	RA	316	6	0.4531650	0.2529162
	UF	247	6	0.5987887	0.3341903
Estação Chuvosa	Paisagens	Abundância	Riqueza	Shannon-Wiener(H')	Pielou (J)
	AF	471	4	0.5573616	0.4020514
	RA	420	7	0.4840065	0.2487302
	UF	136	6	0.4035131	0.2252050

Fonte: Dados da pesquisa.

O valor de abundância e riqueza diferiu entre as estações, em que a estação seca apresentou a maior abundância ($n= 1.289$), porém, com menor riqueza de espécies e estação chuvosa possuindo a maior riqueza, com menor abundância ($n= 1.027$). O índice total de Shannon-Wiener e equitabilidade de Pielou entre as estações, demonstrou que a maior diversidade, equitabilidade e abundância ocorreram na estação seca, no entanto para a riqueza de espécies, a estação chuvosa foi predominante (Tabela 7).

Tabela 7 - Diversidade total de moscas parasitoides nas estações Seca e Chuvosa.

Estação	Abundância	Riqueza	Shannon-Wiener (H')	Pielou (J)
Seca	1.289	7	0.5489847	0.2821223
Chuvosa	1.027	8	0.5369431	0.2582150

Fonte: Dados da pesquisa.

5.3.1 Riqueza na paisagem florestal

A espécie *A. attophilus* apresentou a maior porcentagem de emergência com 33,9%, ocorrendo nas duas estações do ano. Em apenas um ninho utilizado na estação chuvosa não obteve-se nenhuma formiga parasitada por esta espécie. Já a espécie *A. vicosae*, possuiu um número reduzido de ocorrências e 3,8% da espécie emergiu em laboratório, com aparição nas duas estações e ao menos em cinco ninhos utilizados não houve nenhuma formiga parasitada pela respectiva mosca. *E. tonhascai* foi a espécie mais abundante do gênero, emergindo 1,1%, estando presente também nas duas estações. A espécie *E. elongata* apresentou uma porcentagem de 0,7% de emergência com ocorrência nas duas estações. Não houve nenhuma aparição das espécies *E. declinata* e *M. grandicornis* na estação chuvosa, ocorrendo em baixos números na estação seca com a emergência de apenas 2 e 3 indivíduos, respectivamente. Ao todo a respectiva paisagem apresentou seis espécies de forídeos parasitoides.

5.3.2 Riqueza na paisagem rural-agrícola

Nesta paisagem a espécie *A. attophilus* apresentou a maior emergência na estação chuvosa, diferentemente das demais paisagens, com uma porcentagem de 46,7% de emergência.

Apenas três ninhos utilizados não houve o parasitoidismo desse forídeo. Já a espécie *A. vicosae* obteve 3,9% de moscas emergidas, entre as duas estações do ano. A espécie *Apocephalus* sp. 2 esteve presente apenas na paisagem rural, apresentando somente um indivíduo na estação chuvosa. *E. tonhascai* apresentou 2 indivíduos na estação chuvosa e 1 indivíduo na estação seca. Emergiram 4 moscas de *E. elongata* na estação chuvosa e apenas 1 mosca na estação seca. Em relação a espécie *E. declinata*, entre as duas estações, 0,7% das moscas emergiram. A espécie *M. grandicornis* apresentou 0,5% de emergência e com aparição nas duas estações. A paisagem rural-agrícola apresentou sete espécies ao longo do experimento.

5.3.3 Riqueza na paisagem urbano-florestal

A maior emergência da espécie *A. attophilus* ocorreu na estação seca comparado a estação chuvosa, ao todo, 35,4% forídeos emergiram. *A. vicosae* apresentou a emergência de apenas 2 indivíduos na estação chuvosa, sem nenhuma ocorrência na estação seca. A espécie *Apocephalus* sp. 1, obteve a emergência de uma mosca na estação chuvosa e 6 na estação seca. Essa espécie teve sua ocorrência somente na respectiva paisagem. *E. tonhascai* apresentou uma porcentagem de 1% de emergência, já a espécie *E. elongata* cerca de 0,6% das moscas chegaram a fase adulta, com ocorrência nas duas estações. A espécie *E. declinata* emergiu apenas na estação seca com 3 moscas. *M. grandicornis* obteve 1,7% de indivíduos emergidos entre as duas estações. Sete espécies estiveram presentes na paisagem urbano-florestal.

5.4 Identificação dos forídeos parasitoides

A identificação das espécies foi possível graças à morfologia particular do ovipositor de cada espécie, da mesma maneira que, o comportamento que difere em determinadas espécies, exceto para machos do gênero *Eibesfeldtphora* e Phoridae que não foram possíveis identificar devido a fragmentação de seu corpo. Em circunstâncias onde a mosca adulta não emergiu, foi possível identificar o gênero ou espécie através de observações e características registradas na literatura (Quadro 2).

A espécie *A. attophilus* produziu de 1 a 19 larvas por hospedeiro, como foi observado na presente pesquisa, sendo um dos fatores que tornou essa espécie a mais abundante em

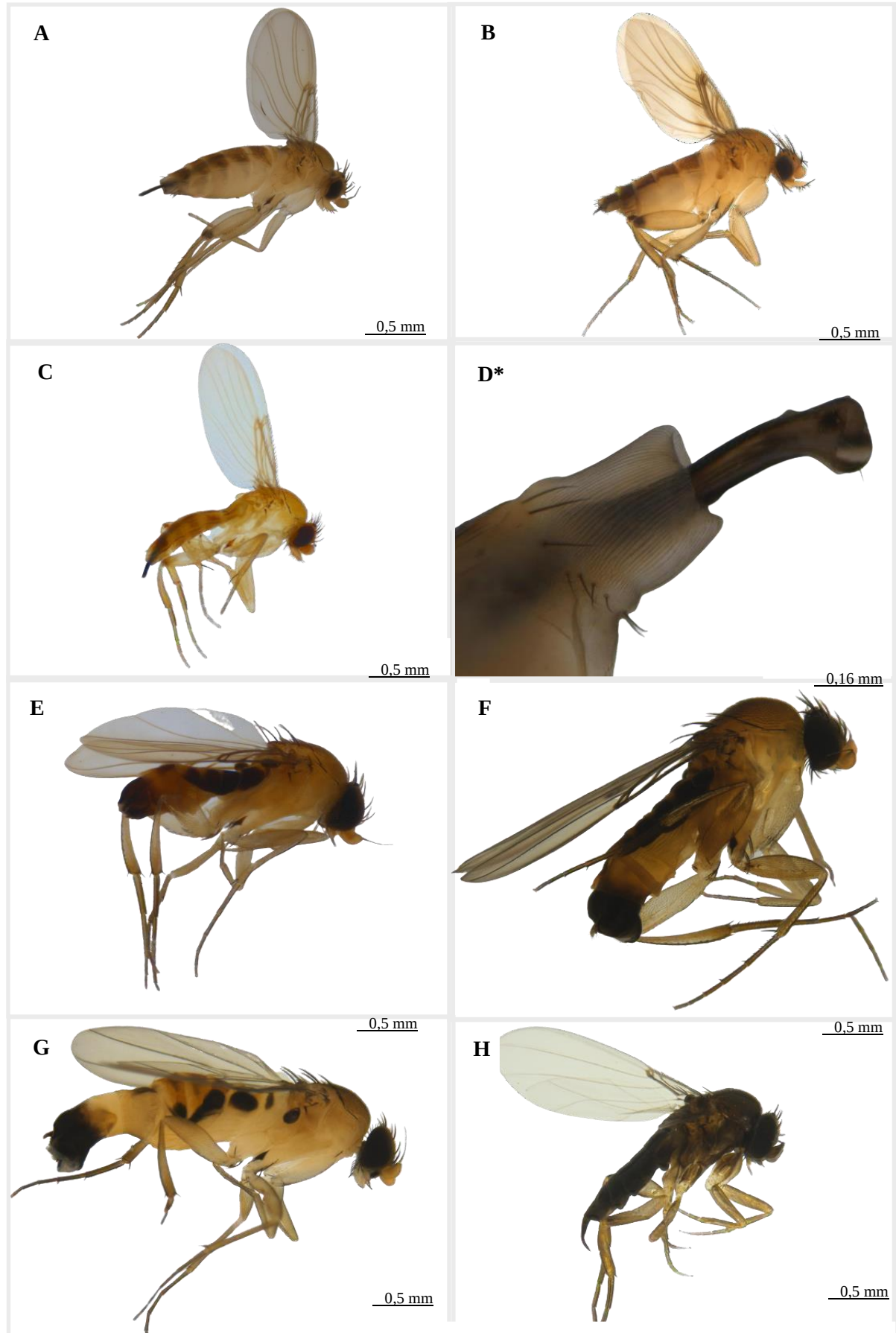
todas as paisagens e em todos os ninhos amostrados. As larvas dessa espécie costumam abandonar o corpo da formiga para empupar no ambiente externo. Já para o gênero *Eibesfeldtphora* e *Myrmosicarius* o número de larvas apresentado foi de apenas um por indivíduo, com posições de alojamento diferentes no corpo da formiga. A larva de *Eibesfeldtphora* permanece alojada na musculatura da mandíbula da formiga durante todo o período de desenvolvimento, diferentemente da larva de *Myrmosicarius* que geralmente fica alojada dentro da cápsula cefálica da formiga do lado direito. A espécie *A. vicosae*, quando larva, migra para a região do tórax da formiga, permanecendo alojada no local até a emergência do adulto. Na Figura 9 estão representadas as espécies identificadas de moscas parasitoides da *A. sexdens* que emergiram em laboratório.

Quadro 2 - Sinais de parasitoidismo de cada espécie de mosca parasitoide.

Espécies	Sinais de parasitoidismo	Referências
<i>Apocephalus attophilus</i>	Presença de larvas dentro do corpo ou fora do hospedeiro, o número de larvas pode variar de 1 a 19, e geralmente as larvas abandonam o corpo da formiga pelas mandíbulas.	(BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006; Em prep. DOMINGUES <i>et al.</i> , 2023).
<i>Apocephalus vicosae</i>	Abertura da região do pronoto e propleura onde se observa a presença de uma única larva ou pupa do parasitoide.	(BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006).
<i>Eibesfeldtphora</i> spp.	Presença de uma única pupa alojada entre a musculatura das mandíbulas.	(BRAGANÇA, 2011).
<i>Myrmosicarius grandicornis</i>	Cabeça do hospedeiro com as mandíbulas desprendidas, lateral esquerda da cabeça translúcida e lado direito escura.	(TONHASCA <i>et al.</i> ; 2001).

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 9 - Espécies de moscas parasitoides emergidas de *A. sexdens* em laboratório. (A) *Apocephalus attophilus*; (B) *Apocephalus vicosae*; (C) *Apocephalus* sp. 1; (D) Imagem lateral do ovipositor de *Apocephalus* sp. 2; (E) *Eibesfeldtphora declinata*; (F) *Eibesfeldtphora elongata*; (G) *Eibesfeldtphora tonhascai*; (H) *Myrmosicarius grandicornis*.



*mosca fragmentada, sem imagens do corpo

Fonte: Tatiane Domingues.

5.5 Paisagens

A paisagem urbano-florestal contém maiores áreas de edificação, da mesma maneira que possui uma extensa área de cerrado e poucas áreas de vegetação natural, o que pode estar atrelado as menores porcentagens de parasitoidismo e menor abundância dos forídeos parasitoides, seguindo o pressuposto das hipóteses testadas, em que quanto menor a cobertura vegetal, menor será a dinâmica das espécies. Além disso, outro fator que pode ter interferido nos resultados apresentados, está atrelado a interferência humana, com metodologias de controle em ninhos da *A. sexdens* utilizados durante o experimento, com aplicação de iscas inseticidas observadas em determinados ninhos, impossibilitando desta forma na utilização dos mesmos.

Em relação a paisagem rural-agrícola, a mesma, contém um alto grau de processos agrícolas próximos das localizações do ninhos amostrados. Os respectivos ninhos utilizados se encontravam em locais de transição entre área de pastagem e área de proteção permanente (APP). A propriedade em que ocorreu o experimento também possuía atividades de pecuária de corte. Os animais presentes nas áreas em que se encontravam os ninhos de *A. sexdens* provocaram mudanças nas atividades das operárias, como a modificação de olheiros para áreas onde os bovinos não possuíam acesso. Além disso, fez-se necessário a troca de certos ninhos, nas circunstâncias que os mesmos sofreram com a interferência dos animais.

A paisagem florestal possui a maior área de cobertura vegetal e foi também a que apresentou maior sucesso em nível de abundância e formigas parasitadas. No entanto, foi necessário substituir determinados ninhos, pois ocorreram mudanças na posição dos olheiros, para locais de mata fechada com difícil acesso. A maior parte dos ninhos se encontravam em espaços de trilhas, muitas delas, possibilitando o acesso a passagem de pedestres e veículos.

Comparando os valores de abundância dos forídeos nas diferentes paisagens, através do teste Kruskal-Wallis, foi possível observar que houve diferença significativa entre as paisagens, o teste *Post-hoc* de Dunn demonstra que a paisagem florestal e rural-agrícola não difere entre si, mas entre a paisagem florestal e urbano-florestal, apresentaram diferenças significativas (Quadro 3).

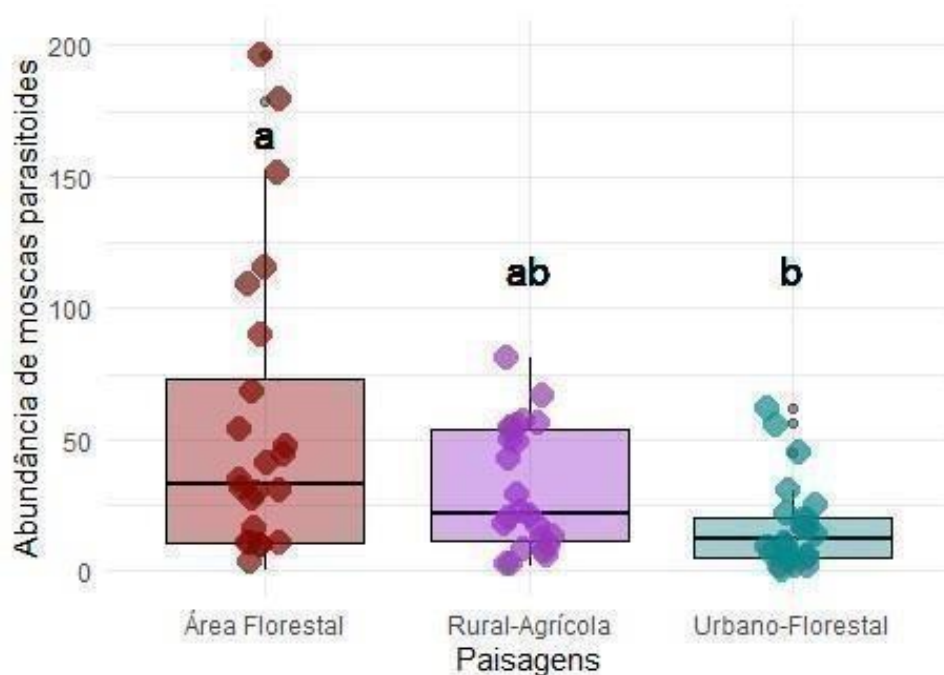
Quadro 3 - Resultados do teste Kruskal-Wallis e teste *Post-hoc* de Dunn referentes à abundância de moscas parasitoides entre as paisagens.

Kruskal-Wallis	X ²	p valor
Paisagens	9.9163	0,0070
Post-hoc de Dunn		p valor
Florestal - Rural		1
Florestal - Urbano		0,0065
Rural - Urbano		0,0916

Fonte: Dados da pesquisa.

O Gráfico 6 apresenta os resultados em relação a abundância das moscas, e diferença significativa entre duas paisagens.

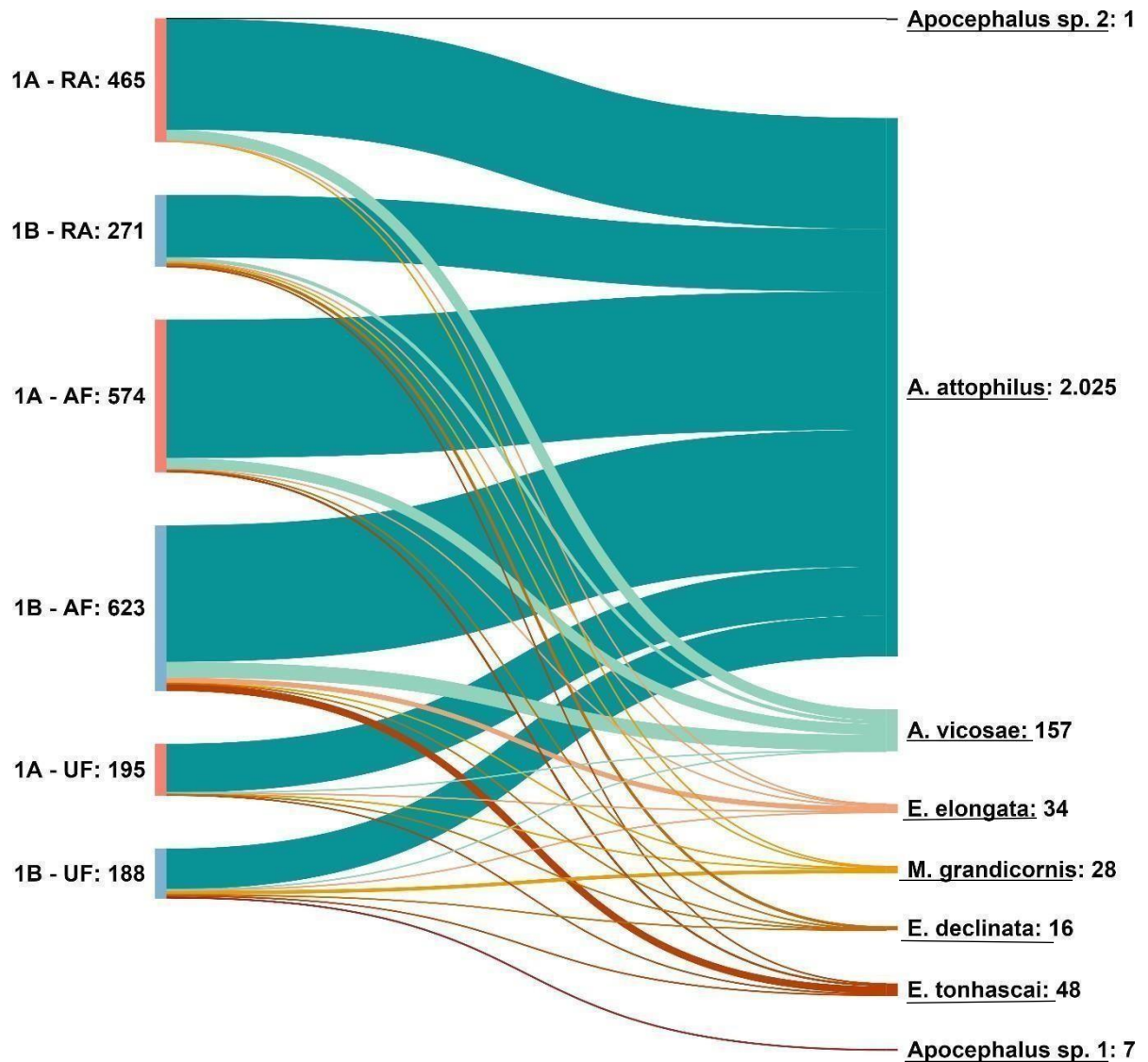
Gráfico 6 - Visualização da mediana e desvio padrão. As barras representam o desvio padrão; linhas contínuas atravessando a barra representam a mediana e círculos coloridos representam valores de abundância. Letras distintas indicam os valores significativamente diferentes.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na presente pesquisa, foram observadas diferenças nos fluxos das espécies de forídeos. Diferentes padrões de ocorrências sucederam em determinados ninhos pertencentes a mesma paisagem. Como exemplo, a espécie *Apocephalus* sp. 1 ocorreu apenas no ninho classificado como 1B na paisagem urbano-florestal; o mesmo foi observado para a espécie *Apocephalus* sp. 2 ocorrendo apenas no ninho classificado como 1A na paisagem rural-agrícola, já as espécies *E. declinata* e *E. tonhascai*, ocorreram somente no ninho 1B na mesma paisagem. A espécie *M. grandicornis* apresentou sua ocorrência no ninho 1B da paisagem florestal, sendo a única aparição da espécie na respectiva paisagem. A Figura 10 demonstra as ocorrências e total de indivíduos que emergiram em laboratório. Já a espécie *A. attophilus* teve sua ocorrência em todos os ninhos e todas as paisagens.

Figura 10 - Número total de emergência em laboratório das espécies de moscas parasitoides e ocorrência nos respectivos ninhos amostrados em cada paisagem. Palavras 1A e 1B fazem referências aos ninhos utilizados. (RA) Rural-Agrícola; (AF) Área Florestal; (UF) Urbano-Florestal. Alargura dos arcos é proporcional à quantidade para cada espécie.



Fonte: Dados da pesquisa.

6 DISCUSSÃO

As três paisagens apresentaram diferentes graus de antropização, representando um dos fatores que provocou em um total de número desigual de ninhos em cada paisagem. Os resultados obtidos demonstram indícios dos efeitos do maior grau de antropização nas paisagens, promovendo assim, redução na abundância de forídeos parasitoides, da mesma maneira que, um menor número de formigas parasitadas. De modo geral, os resultados sugerem que quanto menores as ações antrópicas, maior será o número de operárias parasitadas e abundância de forídeos, no entanto, o resultado para riqueza não seguiu esse padrão. O mesmo foi observado para a espécie de formiga-cortadeira *Acromyrmex niger* Smith, em uma área da Mata Atlântica, no qual ocorreu a diminuição da riqueza de gêneros, abundância das moscas parasitoides e menores taxas de formigas parasitadas em locais com uma maior perda da superfície florestal (BARRERA, 2016).

Foram identificadas oito espécies de forídeos parasitoides de *Atta sexdens*, das quais, seis espécies já foram relatadas como parasitoides da saúva-limão. As espécies *E. elongata*, *E. declinata* e *E. tonhascai* (DISNEY *et al.*, 2009; URIBE *et al.*, 2014), pertencentes anteriormente ao gênero *Neodohrniphora*, foram observadas realizando ataques às operárias de *A. sexdens* em trilha de forrageamento (SILVA *et al.*, 2007). No presente trabalho, as três espécies ocorreram nas três paisagens, e com predominância na estação chuvosa do ano, possuindo uma taxa de parasitoidismo de 0,54%. Silva *et al.* (2008), observaram a maior ocorrência das três espécies do gênero *Eibesfeldtphora*, enquanto ainda eram classificadas como *Neodohrniphora*, entre os meses de setembro-outubro, correspondente ao início da estação chuvosa do local de estudo. O gênero *Neodohrniphora* atualmente é tido como parasitoide específico do gênero *Acromyrmex* (BARRERA *et al.*, 2017), e o gênero *Eibesfeldtphora* é considerado parasitoide específico do gênero *Atta* (ELIZALDE; FOLGARAIT, 2010; 2012).

As espécies *Apocephalus* sp. 1 e *Apocephalus* sp. 2, necessitam de confirmação de especialista para a identificação precisa das espécies. Diante disso, não foi possível afirmar sobre o sistema de interação dessas espécies com a saúva-limão, uma vez que no presente trabalho foi observado apenas sete indivíduos do *Apocephalus* sp. 1 e um indivíduo do *Apocephalus* sp. 2. O gênero *Apocephalus* foi o mais diverso, e responsável pela maior porcentagem de parasitoidismo com 12,2% considerando as quatro espécies amostradas.

Pesquero *et al.* (2010) encontrou 78,2% total de parasitoidismo pela espécie *Apocephalus attophilus* em *A. sexdens*. Para a espécie de formiga-cortadeira *Atta laevigata* Smith, o gênero *Apocephalus* provocou cerca de 67% de parasitoidismo em área de vegetação natural (PIMENTEL *et al.*, 2021). Já em áreas urbanas, essa espécie provocou uma taxa de 46,2% em operárias de *A. laevigata* presentes em sua trilha de forrageamento (SOUZA, 2021). A alta abundância desse forídeo parasitoide, se dá por seu hábito na fase larval de abandonar o corpo do hospedeiro após provocar a morte do mesmo. Já foi observada a variação de 1 a 15 larvas de *A. attophilus* por hospedeiro (FARDER-GOMES *et al.*, 2016), 1 a 17 larvas (GALVÃO, 2016) e de 1 a 19 imaturos por hospedeiro como foi observado no presente estudo, sendo o maior número de larvas registrado até o momento, visto que o maior valor até então observado foi de 18 imaturos dentro de uma operária (PEREIRA, 2020). Foi observado também que o tempo de vida das operárias parasitadas pelo *A. attophilus* era menor comparando-o com as demais espécies de forídeos. Após a coleta em campo, essas operárias sobreviviam em torno de três dias em laboratório, o que provavelmente está associado com a rápida evolução do imaturo dentro do corpo do hospedeiro, e consequentemente, o rápido consumo do conteúdo interno das operárias, diminuindo assim sua sobrevivência (BRAGANÇA *et al.*, 2016). O mesmo foi observado por Souza (2021), em que as operárias apresentaram uma média de sobrevivência de 2,8 dias após a coleta em campo.

A espécie *Apocephalus vicosae* foi mais abundante na paisagem florestal e apresentou uma escassa ocorrência na paisagem urbano-florestal, diferentemente da espécie *Myrmomicarius grandicornis*, que apresentou sua menor ocorrência na área florestal e uma maior abundância na paisagem urbano-florestal. Ao longo de um ano de experimento apenas 28 moscas da espécie *M. grandicornis* emergiram; sua baixa ocorrência também foi observada por Tonhasca *et al.* (2001), sendo que o autor afirma que esse forídeo é restrito aos meses secos e frescos, o mesmo aconteceu no presente estudo, em que a espécie teve sua maior ocorrência na estação seca. Já Galvão *et al.* (2019) também observaram as baixas taxas de parasitoidismo causados por esse forídeo, no entanto, os efeitos da umidade e precipitação foram os fatores importantes para o parasitoidismo de *A. sexdens* em uma área de floresta primária da Mata Atlântica.

A porcentagem de parasitoidismo de 11% relatada neste experimento foi superior aos demais trabalhos realizados em diferentes ambientes e estações do ano para a espécie *Atta*

sexdens. Galvão (2016) obteve um total de 5,3% de parasitoidismo provocados por cinco espécies de forídeos, em três ambientes distintos. Um menor valor de parasitoidismo também foi relatado por Arruda *et al.* (2018), nas estações seca e chuvosa do ano, com uma taxa de 2,2% para as formigas da espécie *Atta sexdens* e *Atta laevigata*. A taxa total de 12,9% de parasitoidismo já foi relatada na literatura, porém, esse valor foi atribuído totalizando o parasitoidismo das espécies *A. sexdens* e *A. laevigata* em área de cerrado (PESQUERO *et al.*, 2010). Uma das maiores taxas relatadas até o momento para o gênero *Atta* ocorreu na Argentina, com uma taxa de 35%, com o registro relacionado a um ninho da espécie *Atta vollenweideri* Forel, provocada pela espécie *Eibesfeldtphora trilobata* Disney (ELIZALDE; FOLGARAIT, 2011). Já para a espécie *Atta laevigata* foi observada uma porcentagem de 40% em alguns dos ninhos amostrados (PIMENTEL, 2017).

O caso de multiparasitismo também foi observado, no entanto obteve-se apenas uma ocorrência. A operária em questão estava parasitada pelo gênero *Eibesfeldtphora* sp. e pela espécie *Apocephalus attophilus*, possuindo somente um indivíduo, sendo o único a chegar em sua fase adulta. Já o gênero *Eibesfeldtphora* sp. permaneceu alojado na mandíbula da operária com o desenvolvimento do par de cornos respiratórios, mas sem emergência do adulto. O primeiro relato de multiparasitismo foi feito por Bragança *et al.* (2016), com o episódio ocorrendo em cinco operárias de espécies distintas. Três operárias pertencentes a *A. laevigata* apresentaram a combinação das espécies *A. attophilus* e *A. vicosae*; uma operária de *A. sexdens* apresentou a combinação das espécies *A. vicosae* e *M. grandicornis*; e por último, uma operária também da espécie *A. sexdens* dispôs da combinação de *A. attophilus* e *Eibesfeldtphora* sp. como observado no presente estudo, o autor menciona que ocorreu a emergência de todos os indivíduos.

Sabe-se, que as variáveis abióticas e bióticas podem influenciar no desempenho dos organismos, como na interação entre hospedeiros e parasitoides (SIVINSKI *et al.*, 2000). Fatores como umidade relativa do ar e temperatura podem modificar na riqueza de espécies, abundância, reprodução e distribuição dos insetos (ARANDA; GRACIOLLI, 2015; FOLGARAIT *et al.*, 2007). Diferentes espécies de forídeos parasitoides demonstraram possuir preferências por diferentes condições climáticas (BRAGANÇA; MEDEIROS, 2006). O mesmo foi observado para forídeos parasitoides de outros gêneros de formigas; por exemplo, a mosca parasitoide da espécie *Pseudacteon planidorsalis* demonstrou preferência pela estação mais seca, diferentemente da espécie *Pseudacteon laciniosus* que apresentou maior ocorrência na estação chuvosa (REESE; PHILPOTT, 2012).

As variáveis climáticas observadas ao longo dos meses em que sucederam os experimentos do presente trabalho não demonstraram ser um dos fatores relevantes para ocorrer o parasitoidismo nas operárias, levando em conta as três paisagens. Apenas foi possível observar que em pelo menos duas paisagens, os maiores valores de formigas parasitadas deram-se com as menores médias da umidade relativa do ar, ocorrendo também, esse padrão com os menores milímetros de pluviosidade. No estudo realizado por Pereira *et al.*, (2022), os autores demonstram que a temperatura foi a variável mais importante para o parasitoidismo provocado pelas espécies *Eibesfeldtphora* spp. e *A. attophilus*. Em experimentos realizados no laboratório, a fim de testar as melhores condições de sobrevivência das moscas parasitoides de *Acromyrmex lundii* e *Atta vollenweideri*, foram testadas diferentes variações de temperatura e umidade, em que os valores controlados em $24 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$, respectivamente, foram ideais para a criação de todas as espécies de forídeos, enquanto as condições de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$, respectivamente, foram ideais para manter os adultos vivos por períodos mais longos (GUILLADE; FOLGARAIT, 2014). As autoras confirmaram haver interferência na sobrevivência dos forídeos sob condições controladas. Contudo, em ambiente natural as variáveis ambientais também não apresentaram influências na riqueza de forídeos, e o fator mais importante foi a abundância de formigas, demonstrando que, quanto maior o número de formigas presentes em um transecto, maior foi a riqueza de forídeos observada (ELIZALDE; FOLGARAIT, 2010).

O fator sazonalidade foi o mais importante para as ocorrências de parasitoidismo e abundância total das moscas, no entanto, a respeito da riqueza de espécies ocorreu uma divisão entre as respectivas estações. *A. attophilus*; *A. vicosae*; *Apocephalus* sp. 1 e *M. grandicornis*, tiveram sua maior emergência na estação seca, já por outro lado, *Apocephalus* sp. 2; *E. tonhascai*; *E. elongata* e *E. declinata* possuíram a maior emergência na estação chuvosa. Se tratando de riqueza encontrada em um mesmo local, o maior número registrado na literatura até o momento era de cinco espécies (BRAGANÇA *et al.*, 2002; BRAGANÇA *et al.*, 2016; GALVÃO *et al.*, 2019; PESQUERO *et al.*, 2010). No presente estudo, tanto para a paisagem rural-agrícola como para urbano-florestal, foram amostrados sete espécies, se tornando o maior registro até o momento.

Apesar de as paisagens urbano-florestal e área florestal serem próximas e com certas semelhanças de fragmentos florestais, apresentaram significativamente diferenças entre a abundância de moscas, o que pode estar relacionado com os diferentes níveis de perturbação antrópica. Embora os valores totais tenham se divergido, o forídeo *A. attophilus* foi a espécie

que apresentou uma melhor adaptação nas três paisagens, pois, o mesmo se sobressaiu a todas as outras espécies juntas, sendo uma espécie relevante para o controle de cortadeiras.

7 CONCLUSÕES

A dinâmica de parasitoidismo das operárias de *Atta sexdens* por forídeos parasitoides aqui observados, indica que a paisagem é um fator importante na interação entre as formigas-cortadeiras e seus inimigos naturais, ficando claro sobre a importância em se manter preservadas áreas de vegetação natural para a dinâmica desses grupos. Dessa maneira, a paisagem florestal, deteve um menor nível de interferência humana favorecendo no maior valor de formigas parasitadas, bem como, o maior número de forídeos emergidos, diferentemente da paisagem urbano-florestal, possuindo a menor abundância e parasitoidismo. No quesito riqueza das espécies, foi visto que a paisagem rural-agrícola e urbano-florestal possuíram os mesmos valores, o que leva a conclusão que as espécies podem estar sofrendo diferentes adaptações.

De modo geral, foi nítido que as diferentes estações do ano também inferiram nos resultados, no qual o maior parasitoidismo e abundância ocorreu na estação seca, esse resultado sugere que deve ser dada uma maior atenção a esse fator, assim como, as variáveis abióticas para uma melhor compreensão sobre a interação entre os grupos.

O alto índice de parasitoidismo registrado demonstra o potencial das moscas parasitoides para serem consideradas em programas de biocontrole das formigas-cortadeiras, em especial a espécie *Apocephalus attophilus*, no qual, apresentou uma melhor adaptação nas três paisagens, assim como, no maior número de indivíduos, apresentando também 19 larvas em um único hospedeiro.

Em síntese, a presente pesquisa enfatiza a importância do estudo sobre a diversidade do grupo Phoridae em diferentes locais, assim como, a importância sazonal para uma melhor compreensão da dinâmica entre formigas-cortadeiras e forídeos parasitoides.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALMEIDA, W. R. **Fragmentação florestal: redução no controle da formiga cortadeira *Atta cephalotes* por moscas parasitoides**. 2004. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- ALMEIDA, W. R.; WIRTH, R.; LEAL, I. R. Edge-mediated reduction of phorid parasitism on leaf-cutting ants in a Brazilian Atlantic Forest. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 129, p. 251-257, 2008.
- ALVES, K. J. F. **Levantamento da Avifauna do campus UNESP- Rio Claro (bairro Bela Vista)**. 2003. Trabalho (Conclusão de Curso) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2003.
- AMANTE, E. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* no Estado de São Paul. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 335–363, 1967.
- ANJOS, N. dos; DELLA LUCIA, T. M. C.; MAYHÉ-NUNES, A. J. **Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos**. Ponte Nova: Graff Cor, 1998. ANTWEB. 2023. Disponível em: <https://www.antweb.org>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- ANTWEB. 2023. Disponível em: <https://www.antweb.org>. Acesso em: 07 ago. 2023.
- ARANDA, R.; GRACIOLLI, G. Spatial–temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. **Journal of Insect Conservation**, [s.l.], v. 19, p. 1173-1187, 2015.
- ARAÚJO, M. S.; RODRIGUES, C. A.; OLIVEIRA, M. A.; JESUS, F; G. Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Mato Grosso do Sul, v. 2, n. 3, p. 8-12, 2015.
- ARRUDA, F. V.; TERESA, F. B.; MARTINS, H. C.; PESQUERO, M. A.; BRAGANÇA, M. A. L. Seasonal and site differences in phorid parasitoidism rates of leaf-cutting ants. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 61-67, 2018.
- BARRERA, C. A. **Interações entre forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) e *Acromyrmex niger* Smith (Hymenoptera: Formicidae) em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica, RJ**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- BARRERA, C. A.; BECKER, E. L.; ELIZALDE, L.; QUEIROZ, J.M. Parasitoid phorid flies of leaf-cutting ants are negatively affected by loss of forest cover. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 164, n. 1, p. 66-77, 2017.
- BARRERA, C. A. SOSA-CALVO, J.; SCHULTS, T. R. RABELING, C.; BACCI JR, M. Phylogenomic reconstruction reveals new insights into the evolution and biogeography of *Atta* leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae). **Systematic Entomology**, United Kingdom, v. 47, n. 1, p. 13-35, 2022.

BOARETTO, M. A. C.; FORTI, L. C. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. **Série técnica IPEF**, [s.l.], v. 11, n. 30, p. 31-46, 1997.

BOLTON, B. **An online catalog of the ants of the world**. 2023. Disponível em: <http://antcat.org>>. Acesso em: 3 de jul. 2023.

BORBA, R. S.; LOECK, A. E.; BANDEIRA, J. M.; MORAES, C. L.; CENTENARO, E. D. Crescimento do fungo simbionte de formigas cortadeiras do gênero *Acromyrmex* em meios de cultura com diferentes extratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n.3, p.725-730, 2006.

BRAGANÇA, M. A. L.; TONHASCA, A.; LUCIA, T. Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohrniphora* sp. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 89, n. 3, p. 305-311, 1998.

BRAGANÇA, M. A. L.; TONHASCA JR, A.; MOREIRA, D. D. O. Parasitism characteristics of two phorid fly species in relation to their host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 241-244, 2002.

BRAGANÇA, M. A. L.; MEDEIROS, Z. Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitoides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 35, p. 408-411, 2006.

BRAGANÇA, M. A.; TONHASCA JR. A.; DELLA LUCIA, T. M. C. Características biológicas e comportamentais de *Neodohrniphora elongata* Brown (Diptera, Phoridae), um parasitoide da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 53, n. 4, p. 600–606, 2009.

BRAGANÇA, M. A. L. Parasitoides de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo**. 1 ed. UFV, 2011. p. 321-343.

BRAGANÇA, M. A. L.; ARRUDA, F. V.; SOUZA, L. R. R.; MARTINS, H. C. DELLA LUCIA, T. M. C. Phorid flies parasitizing leaf-cutting ants: their occurrence, parasitism rates, biology and the first account of multiparasitism. **Sociobiology**, [s.l.], v. 63, n. 4, p. 1015-1021, 2016.

BRITTO, J. S.; FORTI, L.C.; OLIVEIRA, M. A.; ZANETTI, R. B. F.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C.; LOECK, A. E.; CALDATO, N.; NAGAMOTO, N. S.; LEMES ALVEZ, P. G.; CAMARGO, R. S. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies**, [s.l.], v. 3, p. 11-92, 2016.

BROWN JR, K. S. Conservation of neotropical environments: insects as indicators. **The conservation of insects and their habitats**, [s.l.], v. 349, p. 404, 1991.

BROWN, B. V. Taxonomic revision of *Neodohrniphora*, subgenus *Eibesfeldtphora* (Diptera: Phoridae). **Insect Systematics & Evolution**, [s.l.], v. 32, n. 4, p. 393-409, 2001.

BROWN, B. V. Revision of the untreated taxa of *Melaloncha* sp. bee-killing flies (Diptera: Phoridae). **Zootaxa**, Auckland, v. 1280, n. 1, p. 1–68, 2006.

BROWN, B.V.; DISNEY, R. H. L.; ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. New species and new records of *Apocephalus coquillett* (Diptera: Phoridae) that parasitize ants (Hymenoptera: Formicidae) in America. **Sociobiology**, [s.l.], v. 55, n. 1, p. 165-190, 2010.

BROWN, B.V. A second contender for “world’s smallest fly” (Diptera:Phoridae). **Biodiversity Data Journal**, [s.l.], v. 6, p. 1-7, 2018.

BUENO, O. C.; BUENO, F. C.; BROCHINI, J.; SINHORI, K.; MORINI, M. S. C, HEBLING, M. J. A.; PAGNOCCA, F. C.; LEITE, A. C.; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. 2004. Activity of sesame leaf extracts to the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, 44: 511–518.

BUENO, O.C.; MORINI, M. S. C.; PAGNOCCA, F. C.; HEBLING, M. J. A.; SILVA, O. A. Sobrevivência de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae) isoladas do formigueiro e alimentadas com dietas artificiais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 1, p.107-113, 1997.

BURG, I. C.; MAYER, P. H. **Alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças (Caldas, biofertilizantes, fitoterapia animal, formicidas, defensivos naturais e sal mineral)**. 17. ed. [s.l.], Grafit Gráfica e Editora Ltda., 2001.

CHERRETT, J. M. History of the leaf-cutting ant problem. **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**, 1 ed. [s.l.], CRC Press, 1986. p. 10-17.

CORRÊA, M. M.; SILVA, P. S, D.; WIRTH, P.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. How leaf-cutting ants impact forests: drastic nest effects on light environment and plant assemblages. **Oecologia**, [s.l.], v. 162, p. 103-115, 2010.

COUPLAND, J. B.; BARKER, G. M. Diptera as predators and parasitoids of terrestrial gastropods, with emphasis on Phoridae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae and Fanniidae. **Natural enemies of terrestrial Mollusc**, Wallingford Reino Unido: publicação CABI, 2004. p. 85-158.

CRISTIANO, M. P.; CARDOSO, D.C.; SANDOVAL, V. E. G.; SIMÕES-GOMES, F. C. *Amoimymex* Cristiano, Cardoso & Sandoval, gen. nov. (Hymenoptera: Formicidae): a new genus of leaf-cutting ants revealed by multilocus, molecular phylogenetic and morphological analyses. **Austral Entomology**, Australian, v. 59, n. 4, p. 643-676, 2020.

DE FINE LICHT, H. H.; BOOMSMA, J. J. Forage collection, substrate preparation, and diet composition in fungus-growing ants. **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 35, p. 259–269, 2010.

DELLA LUCIA, T. M. C.; BENTO, J. M. S. Vôo nupcial ou revoadas. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas-cortadeiras. Viçosa: Folha de Viçosa**, 1993. p. 54-59.

- DELLA LUCIA, T. M. C.; VILELA, E. F. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: DELLA LUCIA, T. M.C. (Ed.). As formigas cortadeiras. Ed. **Folha Nova de Viçosa**, 1993, p. 163-190.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S. F.; VILELA, E. Avaliação da não-preferência da formiga-cortadeira *Acromyrmex subterraneus* Forel ao corte de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 92-99, 1995.
- DELLA LUCIA, T. M. **Formigas-cortadeiras: da biologia ao manejo**. Editora UFV, Viçosa, MG, 2011. 421 p.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; GANDRAB L. C.; GUEDES, R. N. C. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest Manage**, Santa Catarina, v. 70, n.1, p. 14–23, 2014.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; AMARAL, K. D. Past and current strategies for the control of leaf-cutting ants in Brazil. **Forest Pest and Disease Management in Latin America: Modern Perspectives in Natural Forests and Exotic Plantations**, ed. Springer, 2020, p. 31-43.
- DISNEY, R. H. L. Scuttle Flies: **The Phoridae**, Chapman and Hall, London, 1994. p. 467.
- DISNEY, R. H. ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. New species and revision of *Myrmosicarius* (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, [s.l.], v. 47, p. 771- 809, 2006.
- DISNEY, R. H. ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. New species and new records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter and army ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, [s.l.], v. 54, n. 2, p. 601-632, 2009.
- ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. Host diversity and environmental variables as determinants of the species richness of the parasitoids of leaf-cutting ants. **Journal of Biogeography**, [s.l.], v.37, n. 12, p. 2305-2316, 2010.
- ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. Biological attributes of Argentinian phorid parasitoids (Insecta: Diptera: Phoridae) of leaf-cutting ants, *Acromyrmex* and *Atta*. **Journal of Natural History**, [s.l.], v. 45, n. 43-44, p. 2701-2723, 2011.
- ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. J. Behavioral strategies of phorid parasitoids and responses of their hosts, the leaf-cutting ants. **Journal of Insect Science**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 135, 2012.
- ERTHAL, M.; TONHASCA, A. Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus attophilus* and the response of its host, the leaf cutting ant *Atta laevigata*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v.95, p. 71-75, 2000.
- FAN, F. M. MESQUITA, M. O.; VILMA, C. F.; LUCA, E. O.; ZANELLA, R. PRESTES, O. D.; BANDEIRA, N. M. G. Resíduos de agrotóxicos em água e solo de município em região produtora de fumo no Rio Grande do Sul. **Saúde coletiva, desenvolvimento e (in) sustentabilidades no rural**. 2018. p. 89-108.

FARDER-GOMES, C. F.; OLIVEIRA, M. A.; GONÇALVES, P. L.; GONTIJO, L. M.; ZANUNCIO, J. C.; BRAGANÇA, M. A. L.; PIRES, E. M. Reproductive ecology of phorid parasitoids in relation to the head size of leaf-cutting ants *Atta sexdens* Forel. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 107, n. 4, p. 487-492, 2016.

FARJI-BRENER, A. G.; GHERMANDI, L. Leaf-cutting ant nests near roads increase fitness of exotic plant species in natural protected areas. **Biological Sciences**, [s.l.], v. 275, p. 1431- 1440, 2008.

FERREIRA, R. B. **Inimigos naturais na restauração florestal**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2017.

FJERDINGSTAD, E. J.; BOOMSMA, J. J.; THORÉN, P. Multiple paternity in the leafcutter ant *Atta colombica* - a microsatellite DNA study. **Heredity**, [s.l.], v. 80, n. 1, p. 118-126, 1998.

FOLGARAIT, P. J.; BRUZZONE, O.; PORTER, S. D.; PESQUERO, M. A.; GILBERT, L. E. Biogeography and macroecology of phorid flies that attack fire ants in south-eastern Brazil and Argentina. **Journal of Biogeography**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 353-367, 2005.

FOLGARAIT, P. J.; PATROCK, R.J. W.; GILBERT, L. E. The influence of ambient conditions and space on the phenological patterns of a *Solenopsis* phorid guild in an arid environment. **Biological Control**, [s.l.], v. 42, n. 3, p. 262-273, 2007.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **Política sobre pesticidas do FSC: Orientação sobre a Implementação**, 2007. p. 1–23.

FORTI, L. C.; SILVEIRA NETO, S.; PEREIRA DA SILVA, V. Atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae): Fluxo e velocidade dos indivíduos na trilha, caracterização dos indivíduos forrageiros e duração de jornadas de coleta de vegetais. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v. 28, p. 275-84, 1984.

FORTI, L. C.; ANDRADE, A. P. P. Ingestão de líquidos por *Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera, Formicidae) durante a atividade forrageira e na preparação do substrato em condições de laboratório. **Naturalia**, [s.l.], v. 24, p. 61-63, 1999.

FOWLER, H. G. Latitudinal gradients and diversity of the leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biología Tropical**, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 213-216, 1983.

GALLO, D.; NAKAMO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2002. 920p.

GALVÃO, A. R. A. **Parasitismo natural e abundância de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de vegetação natural e agrícolas**. 82p. Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 80, 2016.

- GALVÃO, A. R. A.; BAILEZ, O.; VIANA-BAILEZ, A. M.; ABIB, P. H.; PIMENTEL, F. A.; PEREIRA, T. P. L. Parasitism by phorids on leaf cutter ants *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) in natural and agricultural environments. **BioOne**, [s.l.], v. 35, n. 5, p. 357-364, 2019.
- GAMA, D. C.; OLIVEIRA, F. F.; GARCIA, C. T.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. M. **Dispersão de sementes de *Copaifera arenicola* (Caesalpinioideae-Fabaceae) por formigas cortadeiras em remanescentes de Caatinga.** **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n.4, p. 843-846, 2019.
- GAZAL, V.; BAILEZ, O.; VIANA-BAILEZ, A. M. Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). **Animal Behaviour**, [s.l.], v. 78, n. 5, p. 1177 - 1182, 2009.
- GOMES, D. S.; ELIZALDE, L.; QUEIROZ, J. M. Parasitóides da ameaçada formiga-cortadeira *Atta robusta* Borgmeier em áreas urbanas e naturais. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v. 57, p. 335-339, 2013.
- GRAHAM, L. C. F.; PORTER, S. D.; PEREIRA, R. M.; DOROUGH, H.D.; KELLEY, A. T. Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. **Florida Entomologist**, [s.l.], v. 86, n. 3, p. 334-339, 2003.
- GUÉNARD, B.; WEISER, M. D.; GOMEZ, K.; NARULA, N.; ECONOMO, E. P. The global ant biodiversity informatics (GABI) database: synthesizing data on the geographic distribution of ant species (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, [s.l.], v. 24, p.83-89, 2017.
- GUILLADE, A. C; FOLGARAIT, P. J. Life history traits and parasitism rates of four phorid species (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 104, p. 32–40, 2014.
- GUILLADE, A. C; FOLGARAIT, P. J. Optimal Conditions to Rear Phorid Parasitoids (Diptera: Phoridae) of *Atta vollenweideri* and *Acromyrmex lundii* (Hymenoptera: Formicidae). **BioOne**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 458-466, 2014.
- HERNÁNDEZ, J. V.; JAFFÉ, K. Dano econômico causado por populações de formigas *Atta laevigata* (F. Smith) em plantações de *Pinus caribaea mor* e elementos para o manejo da praga. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 287-298, 1995.
- HERRERA, E. E. **Desarrollo de una formulacion granular base para el control biologico de las hormigas forrajeras (*Atta spp.*)**. 2009. Tese de Doutorado. Master's Thesis, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza-CATIE, Costa Rica.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Springer-Verlag, Berlin. 732 p. 1990.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The leafcutter ants: civilization by instinct**. WWNorton & Company, 2010.
- HUNTER, M. D. Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. **Agricultural and Forest Entomology**, [s.l.], v. 4, p.159-166, 2002.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões geográficas Estado de São Paulo: Mapa das regiões geográficas dos estados de São Paulo**. São Paulo: IBGE, 2017. Disponível em:

http://web.archive.org/web/20170901214147/http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm. Acesso em: 07 jun. 2023.

LEAL, I. R.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in Cerrado vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998.

LEAL, I. R.; OLIVEIRA, P. S. Foraging ecology of attine ants in a Neotropical savanna: seasonal use of fungal substrate in the Cerrado vegetation of Brazil. **Insectes Sociaux**, [s.l.], v. 47, p.376-382, 2000.

LITTLEDYKE, M.; CHERRETT, J. M. Direct ingestion of plant sap from cut leaves by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Formicidae, Attini). **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 66, n. 2, p. 205-217, 1976.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton university press, 1988.

MARICONI, F. A. M. As saúvas. **Agrônômica Ceres**, São Paulo, 1970.

MARINHO, C. G. S.; OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S.; RIBEIRO, M. M. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**: Voo nupcial ou revoada de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. Minas Gerais: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011.

MEHDIABADI, N. J.; SCHULTZ, T. R. Natural history and phylogeny of the fungus farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). **Myrmecological News**, v. 13, p. 37- 55, 2009.

MONTOYA-LERMA, J.; GIRALDO-ECHEVERRI, C.; ARMBRECHT, I.; FARJI-BRENER, A.; CALLE, Z. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. **International Journal of Pest Management**, [s.l.], v. 58, n. 3, p. 225-247, 2012.

MUELLER, U. G.; SCHULTZ, T. R.; CURRIE, C. R.; ADAMS, R. M. M.; MOLLOCH, A. The origin of the attine ant-fungus mutualism. **The Quarterly Review of Biology**, [s.l.], v.76, n. 2, p. 169-197, 2001.

MUELLER, U. G. Ant versus fungus mutualism: ant-cultivar conflict and the deconstruction of the *Attini* ant-fungus symbiosis. **The American Naturalist**, [s.l.], v. 160, n. S4, p. 67-98, 2002.

MUELLER, U. G.; GERARDO, N. M.; AANEN, D. K.; SIX, D. L.; SCHULTZ, T. R. The evolution of agricultura in insects. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, [s.l.], v. 36, p. 563-595, 2005.

NIMER, EDMON. Climatologia do brasil. **IBGE**, 1989.

NODARI, F. **Levantamento da Avifauna do câmpus de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista**. 2003. Trabalho (Conclusão de Curso) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2003.

OI, D. H.; PORTER, S. D. Parasitoids and pathogens used against imported fire ants in the southern United States. **Contributions of Classical Biocontrol to the US Food Security, Forestry, and Biodiversity**, [s.l.], p. 252-265, 2022.

OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S.; MARINHO, C. G. S.; RIBEIRO, M. M.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**: Manejo deformigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011.

OLIVEIRA, F. F.; RICHERS, B. T. T.; SILVA, J. R.; FARIAS, R. C.; MATOS, T. A. L. Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-Ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá. **Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**, p. 267. 2013.

ORR, M. R. Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and caste division of labor in the leaf-cutter ant, *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). **Behavior Ecology Sociobiology**, [s.l.], v. 30, p. 395–402, 1992.

ORTIUS-LECHNER, D.; MAILE, R.; MORGAN, D. E.; BOOMSMA, J. "Metapleural gland secretion of the leaf-cutter ant *Acromyrmex octospinosus*: new compounds and their functional significance". **Journal of Chemical Ecology**, [s.l.], v. 26, n. 7, p. 1667–1683, 2000.

PAPE, T.; THOMPSON, F. C. **Systema Dipterorum** (versão 2.0, janeiro 2011). In: ROSKOV, Y.; OWER, G.; ORRELL, T.; NICOLSON, D.; BAILLY, N.; KIRK, P. M.; BOURGOIN, T.; DE WALT, R. E.; DECOCK, W.; NIEUKERKEN, E. V.; PENEV, L. (Eds), Species 2000, ITIS Catalog of Life - Digital resource. 2023. Disponível em: www.catalogueoflife.org/col. Acesso em: 31 mar. 2023.

PEREIRA, R. C. **Sazonalidade, preferência por hospedeiro e biologia de forídeos parasitoides da formiga-cortadeira *Atta sexdens***. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. 2020.

PEREIRA, R. C.; BAILEZ, O.; VIEIRA-JÚNIOR, J. O.; SILVA, G. A.; VIANA-BAILEZ, A. M. Seasonality of parasitism of phorid flies (Diptera: Phoridae) in the leafcutter ant *Atta sexdens* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae) in an Atlantic Forest area. **Agricultural and Forest Entomology**, [s.l.], v. 51, n. 4, p. 593-599, 2022.

PERES FILHO, O.; DORVAL, A. Efeito de formulações granuladas de diferentes produtos químicos e à base de folhas e de sementes de gergelim, *Sesamum indicum*, no controle de formigueiros de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, p. 67-70, 2003.

PESQUERO, M. A.; BESSA, L. A.; SILVA, H. C. M.; SILVA, L. C.; ARRUDA, F. V. Influência ambiental na taxa de parasitismo (Diptera: Phoridae) de *Atta laevigata* e *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 7, n. 2, p.45-48, 2010.

PHORID CATALOG (PCAT). **World catalog of extant Phoridae**. Disponível em: <https://www.phorid.net/pcat/index.php>. Acesso em: 04 agosto 2023.

PIELOU, E. C. 1975. **Ecological diversity**. Willey Interscience, New York.

PIMENTEL, F. A. **Forídeos parasitoides de *Atta laevigata* (Smith, 1958) (Hymenoptera: Formicidae), em mata atlântica: ocorrência, taxa de parasitismo e tamanho do hospedeiro**. 2017. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. 2017.

PIMENTEL, F. A.; BAILEZ, O.; PEREIRA, R. C.; VIANA BAILEZ, A. M. Parasitismo da formiga-cortadeira *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) causado por moscas forídeos em área de vegetação natural do bioma de mata atlântica. In: FERREIRA, A. F. A.; BARZOTTO, A.; MACHADO, D. N. **Paradigmas agroecológicos e suas diferentes abordagens**, Ponta Grossa: ATENA, 2021.

PORTER, S. D.; PESQUERO, M. A.; CAMPIOLO, S.; FOWLER, H. G. Growth and development of *Pseudacteon* phorid fly maggots (Diptera: Phoridae) in the heads of *Solenopsis* fire ant workers (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 475-479, 1995.

PORTER, S. D.; DE SÁ, L. A. N.; MORRISON, L. W. Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspid* in North Florida. **Biological Control**, [s.l.], v. 29, n. 2, p. 179-188, 2004.

POTASCHEFF, C. M. **Identificação das Angiospermas do câmpus da UNESP- Rio Claro/SP**. 2007. Trabalho (Conclusão de Curso) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

QUINLAN, R. J.; CHERRETT, J. M. The role of fungus in the diet of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.). **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 4, p. 151-160, 1979.

RABELING, C.; COVER, S. P.; JOHNSON, R. A.; MUELLER, U. G. A review of the North American species of the fungus-gardening ant genus *Trachymyrmex* (Hymenoptera:Formicidae). **Zootaxa**, [s.l.], v. 1664, n. 1, p. 1-53, 2007.

REESE, K. M.; PHILPOTT, S. M. Environmental and habitat drivers of relative abundance for a suite of *Azteca*-attacking *Pseudacteon* phorid flies. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 41, n. 5, p. 1107-1114, 2022.

SANTOS, A. V.; OLIVEIRA B. L.; SAMUELS, R. I. Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sub-lethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Mycopathologia**, [s.l.], v. 163, p. 233–240, 2007.

SANTOS, J. O. P.; FILHO, O. P.; SOUZA, M. D.; DORVAL, A. Preferência de *Atta laevigata* F. Smith, 1858 (Hymenoptera: Formicidae) por diferentes espécies e híbridos de eucaliptos. BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE, **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 90, n.1, p. 42-53, 2015.

SANTOS, J. O. P.; FILHO, O. P.; SOUZA, M. D.; DORVAL, A.; FAVARE, L. G. Preferência de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (1908) (Hymenoptera: Formicidae) por espécies e híbridos de eucalipto. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 9–20, 2019.

SCHULTZ, T. R.; BRADY, S. G. Principais transições evolutivas na agricultura de formigas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 105, n. 14, p. 5435-5440, 2008.

SILVA, V. S. G.; BAILEZ, O. E.; VIANA-BAILEZ, A. M. Effect of the size of workers of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) on the attack behavior of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae). **Sociobiology**, [s.l.], v. 50, n. 01, p. 01-10, 2007.

SILVA, V. S. G.; BAILEZ, O.; VIANA-BAILEZ, A. M.; TONHASCA, A.; DELLA LUCIA, T. M. C. Survey of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae) at colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (FOREL) and specificity of attack behaviour in relation to their hosts. **Bulletin of entomological research**, [s.l.], v. 98, n. 2, p. 203-206, 2008.

SIVINSKI, J.; PINERO, J.; ALUJA, M. The distributions of parasitoids (Hymenoptera) of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) along an altitudinal gradient in Veracruz, Mexico. **Biological control**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 258-269, 2000.

SOLOMON, S. E.; BACCI, M. JR.; MARTINS, J. JR.; VINHA, G. G.; MUELLER, U. G. Paleodistributions and comparative molecular phylogeography of leafcutter ants (*Atta* spp.) provide new insight into the origins of Amazonian diversity. **PloS ONE**, [s.l.], v. 3, n. 7, p. e2738, 2008.

SOUZA, M. L. O. **Parasitismo por moscas phoridae entre castas e entre colônias da saúva *Atta laevigata* (Smith, 1858) (Formicidae) e a fidelidade espacial das operárias às entradas de ninhos**. 2021. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) - Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Palmas, Palmas, 2021.

TATAGIBA-ARAÚJO, G.; VIANA-BAILEZ, A. M.; BAILEZ, O. Increasing attractiveness of baits with venom gland extract for *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 41, p. 1-5, 2012.

TONHASCA JR, A. Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Ecotropica**, [s.l.], v. 2, p. 157-164, 1996.

TONHASCA JR, A.; BRAGANÇA, M. A. L. Effect of leaf toughness on the susceptibility of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* to attacks of a phorid parasitoid. **Insectes Sociaux**, [s.l.], v. 47, p. 220-222, 2000.

TONHASCA JR, A.; BRAGANÇA, M. A. L.; ERTAL JR, M. Parasitism and biology of *Myrmecocryptus grandicornis* (Diptera: Phoridae) in relationship to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, [s.l.], v. 48, p. 154-158, 2001.

TRAVAGLINI, R. V.; VIEIRA, A. S.; ARNOSTI, A.; CAMARGO, R. S.; STEFANELLI, L. V. P.; FORTI, L. C.; CAMARGO-MATHIAS, M. I. Leaf-Cutter Ants and Microbial Control. **The Complex World of Ants**, [s.l.], p. 71-84, 2018.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Report of the conference of the parties of the Stockholm Convention on persistent organic pollutants on the work of its fourth meeting**. Geneva, p. 122, 2009.

URIBE, S.; BROWN, B.V.; BRAGANÇA, M. A. L.; QUEIROZ, J. M.; NOGUEIRA, C. A. New species of *Eibesfeldtphora* Disney (Diptera: Phoridae) and a new key to the genus. **Zootaxa**, [s.l.], v. 3814, n. 3, p. 443-450, 2014.

VAZQUEZ, R. J.; PORTER, S. D.; BRIANO, J. A. Host specificity of a biotype of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) from northern Argentina. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 33, n. 5, p. 1436-1441, 2004.

VILELA, E. F. Status of leaf-cutting ant control in forest plantations in Brazil. In: VILELA, E.F. **Fire Ants and Leaf-Cutting Ants**. CRC Press, 1986. p. 399-408.

WARD, P. S.; BRADY, S. G.; FISHER, B. L.; SCHULTS, T. R. The evolution of myrmicine ants: phylogeny and biogeography of a hyperdiverse ant clade (Hymenoptera: Formicidae). **Systematic Entomology**, [s.l.], v. 40, n. 1, p. 61-81, 2015.

WEBER, N. A. Fungus-growing ants: a symbiotic relationship exists between an insect and a plant, involving an effective culturing technique. **Science**, [s.l.], v. 153, n. 3736, p. 587-604, 1966.

WHITEHOUSE, M. E. A.; JAFFE, K. Ant wars: combat strategies, territory and nest defence in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. **Animal Behaviour**, [s.l.], v. 51, n. 6, p. 1207, 1996.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Cambridge, Massachusetts, USA, Harvard University Press. Distributed by Oxford University Press, 1971.

WILSON, E. O. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: *Atta*) II. The ergonomic optimization of leaf cutting. **Behavioral ecology and sociobiology**, [s.l.], v. 7, p. 157-165, 1980.

WILSON, E. O. The organization of flood evacuation in the ant genus *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, [s.l.], v. 33, p. 458-469, 1986.

WIRTH, R.; HERS, H.; RYEL, R. J.; HÖLLDOBLER, B. Herbivory of leaf-cutter ants: a case study of *Atta colombia* in the tropical rainforest of Panama. **Ecological Studies**, Berlin, v. 164, p. 1-230, 2003.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.; SANTOS, J.; SILVA, W.; RIBEIRO, G.; LEMES, P. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014.

ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G.; ANTUNES, L. R.; MAIA, J. L. S.; MENDES, J. E. P.; TANGANELLI, K. M.; SALVADOR, J. F.; SERRÃO, J. E. The impact of the Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy on the management of leaf-cutting ants and termites in certified forests in Brazil. **Annals of Forest Science**, [s.l.], v. 73, n. 2, p. 205-214, 2016.