

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 27/07/2024.

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; MONTOYA-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.

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 parasitismo 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 revoada. 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 Dipteriorum** (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.