

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS  
CAMPUS PALMAS  
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

**CAROLINA CARNEIRO ROCHA**

**FORÍDEOS PARASITOIDES COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO  
DAS FORMIGAS-CORTADEIRAS *ATTA SEXDENS* EM AMBIENTES  
ANTRÓPICO E NATURAL EM PALMAS-TO**

**PALMAS  
2024**

**CAROLINA CARNEIRO ROCHA**

**FORÍDEOS PARASITOIDES COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO  
DAS FORMIGAS-CORTADEIRAS *ATTA SEXDENS* EM AMBIENTES  
ANTRÓPICO E NATURAL EM PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Agrônômica da Unidade Palmas, do  
Instituto Federal do Tocantins, como exigência à  
obtenção do título de Bacharela em Engenharia  
Agrônômica.

Orientadora: Dra. Maria Lucimar de Oliveira Souza

PALMAS  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins**

---

R672f    Rocha, Carolina Carneiro  
          Forídeos parasitoides como agentes de controle biológico das  
          formigas-cortadeiras *Atta sexdens* em ambientes antrópico e natural  
          em Palmas-TO / Carolina Carneiro Rocha. – PALMAS, TO, 2024.  
          38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,  
Campus Palmas, PALMAS, TO, 2024.

Orientadora: Dra. Maria Lucimar de Oliveira Souza

1. Formigas-cortadeiras. 2. Forídeos. 3. Parasitismo. I. Souza,  
Maria Lucimar de Oliveira. II. Título.

**CDD 630**

---

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins  
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a).**

**CAROLINA CARNEIRO ROCHA**

**FORÍDEOS PARASITOIDES COMO AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO DAS  
FORMIGAS-CORTADEIRAS *ATTA SEXDENS* EM AMBIENTES ANTRÓPICO E  
NATURAL EM PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Bacharelado em  
Engenharia Agrônômica da Unidade Palmas, do  
Instituto Federal do Tocantins, como exigência à  
obtenção do título de Bacharela em Engenharia  
Agrônômica.

Aprovado em: 11/06/2024

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA LUCIMAR DE OLIVEIRA SOUZA**  
Data: 17/06/2024 07:41:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dra. Maria Lucimar de Oliveira Souza**  
Orientadora  
IFTO – *Campus Palmas*

Documento assinado digitalmente  
 **PEDRO HEBER ESTEVAM RIBEIRO**  
Data: 21/06/2024 14:11:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Me. Pedro Heber Estevam Ribeiro**  
IFTO – *Campus Palmas*

 Documento assinado digitalmente  
**THOMAS VIEIRA NUNES**  
Data: 21/06/2024 15:54:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Thômas Vieira Nunes**  
IFTO – *Campus Palmas*

Dedico este trabalho à minha mãe, Sandra,  
e ao meu pai, Sérgio.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Sandra, meu maior exemplo de fé, coragem, persistência e quem me incentivou e apoiou incondicionalmente nesse projeto de vida.

À minha tia e madrinha, Fátima, que sempre me doa amor e apoio, presente em todos os momentos da minha vida.

Ao meu fiel companheiro, meu cão Toretto, que com seu amor incondicional e disponibilidade a qualquer hora preencheu minha vida desde o dia da prova para ingressar neste curso.

À minha orientadora, Prof. Dra. Maria Lucimar, que me acolheu prontamente e me instruiu até a finalização deste trabalho sempre muito acessível e dedicada.

Ao Prof. Dr. Thômas, pelo seu tempo e ajuda com a análise estatística.

A todos os professores do IFTO – *Campus* Palmas que enriqueceram o meu conhecimento.

Aos meus colegas Anna Olívia, Eduardo, Francyele, Francyelma, Jucélia, Rosevaldo, Sarah e Wanderley que tornaram mais leves os dias ao longo dessa trajetória.

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.

Chico Xavier

## RESUMO

As formigas-cortadeiras estão entre as piores pragas da agricultura brasileira. Apesar de terem um papel positivo na dispersão de sementes e fertilidade do solo, elas provocam importantes danos devido à rápida desfolha que executam e seu difícil controle. Atualmente, o controle químico através de iscas granuladas é o método mais utilizado, entretanto esses inseticidas geralmente são inespecíficos e poluentes para o solo, podendo assim prejudicar espécies não alvo e o ecossistema. Assim, o uso de forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras representa um método alternativo de combate a essa praga. Este trabalho teve como objetivo comparar o parasitismo por forídeos em formigas-cortadeiras *Atta sexdens* em dois ambientes de Palmas-TO, antrópico e natural. A taxa de parasitismo geral encontrada foi de 1,63% nos dois ambientes acumulados. No ambiente antrópico a taxa de parasitismo foi 2,27% enquanto no ambiente natural foi 0,84% com diferença significativa entre eles, podendo o resultado estar relacionado aos melhores fatores envolvendo disponibilidade de alimento, condições de voo e identificação do hospedeiro pelos forídeos no ambiente antrópico. Em ambos os ambientes as espécies encontradas de forídeos parasitoides foram *Eibesfeldtphora* spp., *Apocephalus attophilus* e *Myrmomicarius grandicornis*. O presente estudo enfatiza a importância de mais pesquisas sobre a diversidade de forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras em diferentes ambientes e demonstra o potencial de uso dessas moscas em programas de controle biológico de formigas-cortadeiras.

**Palavras-chave:** Formigas-cortadeiras. *Atta sexdens*. Forídeos. Parasitismo.

## ABSTRACT

Leaf-cutter ants are among the worst pests in Brazilian agriculture. Although they play a positive role in seed dispersal and soil fertility, they cause significant damage due to their rapid defoliation and difficult control. Currently, chemical control through granulated baits is the most widely used method, but these insecticides are generally non-specific and polluting to the soil, which can harm non-target species and the ecosystem. Therefore, the use of parasitoid phorids of leaf-cutting ants represents an alternative method of combating this pest. The aim of this study was to compare parasitism by phorids on *Atta sexdens* leaf-cutting ants in two environments in Palmas-TO, anthropogenic and natural. The overall parasitism rate found was 1.63% in both environments. In the anthropic environment, the parasitism rate was 2.27%, while in the natural environment it was 0.84%, with a significant difference between them. This result may be related to better factors involving food availability, flight conditions and host identification by the forids in the anthropic environment. In both environments, the species of parasitoid phorids found were *Eibesfeldtphora* spp., *Apocephalus attophilus* and *Myrmosicarius grandicornis*. This study emphasizes the importance of further research into the diversity of parasitoid phorids of leaf-cutting ants in different environments and demonstrates the potential use of these flies in biological control programs for leaf-cutting ants.

**Keywords:** Leaf-cutter ants. *Atta sexdens*. Foridae. Parasitism.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Formiga <i>Atta sexdens</i> (operária) .....                                  | 14 |
| Figura 2 - Visão lateral de fêmeas de forídeos adultos .....                             | 18 |
| Figura 3 - Localização dos ninhos de <i>Atta sexdens</i> avaliados .....                 | 21 |
| Quadro 1 – Condições climáticas dos dias de coleta .....                                 | 21 |
| Figura 4 - Coletas de formigas .....                                                     | 22 |
| Figura 5 - Acondicionamento das formigas em laboratório .....                            | 23 |
| Quadro 2 – Sinais de parasitismo conforme os gêneros de forídeos .....                   | 23 |
| Figura 6 - Observação de formigas mortas em lupa .....                                   | 24 |
| Figura 7 - Formiga individualizada em microtubo .....                                    | 24 |
| Quadro 3 – Resultados dos parasitismos encontrado .....                                  | 26 |
| Figura 8 - Gráfico <i>Boxplot</i> dos forídeos parasitoides nos dois ambientes .....     | 26 |
| Figura 9 - Sinais de parasitismo por <i>Apocephalus attophilus</i> .....                 | 27 |
| Figura 10 - Sinais de parasitismo por <i>Myrmosicarius grandicornis</i> .....            | 28 |
| Figura 11 - Sinais de parasitismo por <i>Eibesfeldtphora</i> spp. ....                   | 28 |
| Figura 12 - Gráfico <i>Boxplot</i> dos forídeos parasitoides no ambiente antrópico ..... | 30 |
| Figura 13 - Gráfico <i>Boxplot</i> dos forídeos parasitoides no ambiente natural .....   | 31 |
| Figura 14 - Forídeos de <i>Apocephalus attophilus</i> e <i>Eibesfeldtphora</i> sp. ....  | 32 |

## SUMÁRIO

|            |                                                            |           |
|------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>11</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Objetivos.....</b>                                      | <b>12</b> |
| 1.1.1      | Objetivo geral .....                                       | 12        |
| 1.1.2      | Objetivos específicos .....                                | 12        |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                         | <b>12</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Formigas-cortadeiras.....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>2.2</b> | <b><i>Atta sexdens</i>.....</b>                            | <b>14</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Controle biológico de pragas agrícolas.....</b>         | <b>16</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras .....</b> | <b>16</b> |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                           | <b>20</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                        | <b>25</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                     | <b>32</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                   | <b>33</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As formigas-cortadeiras do gênero *Atta* são insetos da ordem *Hymenoptera*, família *Formicidae*, que se dividem em castas e formam ninhos de estruturas complexas. Para se alimentar desfolham diversas plantas que são levadas aos ninhos onde esse material vegetal é cultivado para gerar um fungo, o *Leucoagaricus gongylophorus*, que nutre principalmente suas larvas (Almeida et al. 2023; Borba et al., 2006).

É importante salientar que essas formigas têm papel fundamental na manutenção dos ecossistemas pois, além de servirem de alimento para alguns animais, seu comportamento forrageador gera efeitos positivos no solo com o aumento da matéria orgânica depositada. Além disso, o processo de escavação do ninho provoca alterações em sua aeração e temperatura e gera revolvimento e troca da camada mais profunda de terra com a superior, que é mais rica em matéria orgânica (Almeida et al., 2023; Swanson et al., 2019).

Apesar dos seus efeitos positivos, as formigas-cortadeiras representam em torno de 25% dos animais herbívoros nos ecossistemas neotropicais e acabam desfolhando entre 10% e 15% das estruturas frescas dos vegetais (folhas, brotos e ramos finos) localizados ao redor dos seus ninhos, o que provoca a diminuição da fotossíntese, redução do crescimento e até a morte das plantas. Tal comportamento ocasiona importantes perdas de produção agrícola e aumento de despesas voltadas para seu controle, o que posiciona as formigas-cortadeiras entre as piores pragas da agricultura brasileira (Almeida et al., 2023; Borba et al., 2006; Moreira et al., 2011; Swanson et al., 2019).

A espécie *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758), assim como a *Atta laevigata* (Smith, 1858), está amplamente distribuída pelo Brasil, sendo responsável por danos e perdas significativas em áreas agrícolas, florestais e urbanas. Atualmente, o controle químico, através de iscas granuladas, é o método mais utilizado, entretanto esses inseticidas geralmente são inespecíficos e poluentes para o solo, podendo assim prejudicar espécies não alvo e o ecossistema (Souza et al., 2021; Souza; Pereira, 2020).

Portanto, é de grande importância buscar métodos alternativos de combate às formigas-cortadeiras como, por exemplo, a possibilidade de usar inimigos naturais para regular sua população. Os forídeos, pequenas moscas da família *Phoridae*

capazes de parasitar formigas são alvo de estudos para serem utilizados como uma estratégia alternativa de controle dessa praga agrícola (Souza et al., 2021; Souza; Pereira, 2020).

Vale salientar que as ações antrópicas acabam gerando mudanças no ambiente, antes natural, o que pode provocar alterações na composição da fauna, principalmente na comunidade de insetos (Brown, 1997). Visto isso, torna-se interessante comparar a diversidade de forídeos parasitoides da formiga-cortadeira *A. sexdens* em diferentes ambientes, antrópico e natural, bem como avaliar a taxa de parasitismo existente.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Comparar o parasitismo por forídeos em formigas-cortadeiras *A. sexdens* em dois ambientes, natural e antrópico, na cidade de Palmas, Tocantins.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a. Avaliar a diversidade de forídeos parasitoides de formigas *A. sexdens* em ambientes natural e antrópico;
- b. Comparar a taxa de parasitismo por forídeos em formigas *A. sexdens* entre os ambientes natural e antrópico.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Formigas-cortadeiras

As formigas (*Hymenoptera: Formicidae*) surgiram há pelo menos 120 milhões de anos e foram classificadas em 22 subfamílias e 499 gêneros, tendo, aproximadamente, 16.000 espécies reconhecidas (Bolton, 2024; Brady et al., 2006).

São consideradas o grupo de insetos eussociais de maior sucesso no mundo. Essas sociedades estão presentes em quase todos os ambientes, constituindo entre 15% a 20% da biomassa animal em florestas tropicais. Além de serem um dos

principais predadores de invertebrados, também são herbívoros proeminentes e muitas de suas espécies têm relação simbiótica com plantas, artrópodes e microrganismos, especialmente fungos (Brady et al., 2006).

Um dos motivos para esse sucesso ecológico é a capacidade que esses insetos têm de executar tarefas de forma coordenada. Enquanto algumas atividades podem ser realizadas por indivíduos de forma isolada, como o forrageamento, outras necessitam da participação de um grupo de trabalho, por exemplo, na construção do ninho. Além disso, algumas linhagens de formigas desenvolveram especializações adaptativas como cultivo de fungos, coleta de sementes, dentre outros. E esse amplo leque de atividades associado à divisão de tarefas que elas obedecem permitem uma maior eficiência do trabalho das formigas (Brady et al., 2006; Di Pietro et al., 2022).

A tribo Attini compreende um grupo monofilético, ou seja, com um ancestral comum, que engloba 230 espécies de formigas de distribuição neotropical. Essas formigas dependem obrigatoriamente do cultivo de fungos para sua alimentação, associação essa que acontece há 50 milhões de anos. O ápice evolutivo dessa tribo se deu com as formigas-cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* (popularmente conhecidas como saúvas e quenquéns, respectivamente), e o gênero recentemente descrito *Amoimyrmex*, que são consideradas os herbívoros dominantes das regiões neotropicais. Enquanto as formigas mais primitivas dessa tribo procuram e cultivam os fungos nos detritos orgânicos, os gêneros citados adquiriram a capacidade de cortar e processar vegetação fresca que serve como substrato para o cultivo dos fungos. Esse diferencial evolutivo equipara, ecologicamente, uma colônia madura dessas formigas a um grande mamífero herbívoro em relação à quantidade de material vegetal consumido (Cristiano et al., 2020, Schultz; Brady, 2008).

As formigas-cortadeiras estão entre as piores pragas da agricultura brasileira. Apesar de terem um papel positivo na dispersão de sementes e fertilidade do solo, elas provocam importantes danos devido à rápida desfolha que executam e seu difícil controle. São também consideradas agricultoras pois cultivam um determinado fungo, o *L. gongylophorus*, usado para sua alimentação (Borba et al., 2006; Bragança et al., 2023).

O fungo *L. gongylophorus* degrada polissacarídeos vegetais (celulose, amido, xilana e pectina) gerando carboidratos solúveis, principalmente glicose, que são a principal fonte nutricional das formigas (Pagnocca; Rodrigues; Bacci Jr, 2011).

Dentre as espécies de formigas-cortadeiras, a *A. laevigata* e a *A. sexdens* são as mais encontradas na América do Sul e estão entre as mais problemáticas no Brasil. Elas formam ninhos complexos, formados por diversos túneis que ligam câmaras subterrâneas. Para buscar o material vegetal mais adequado, visto que há uma preferência de cada espécie a determinado tipo de planta, as formigas *Atta* podem transitar por 40 a 100 metros de distância do seu ninho (Borba et al., 2006; Bragança et al., 2023; Della Lucia, 2011).

Além disso, há registros de que as formigas *Atta* desfolham entre 12% a 17% das florestas tropicais e em torno de 17% das folhas de uma área de cerrado brasileiro, representando até três vezes mais os danos provocados por todos os outros herbívoros do cerrado (Della Lucia; Souza, 2011).

## 2.2 *Atta sexdens*

A espécie de formiga-cortadeira *A. sexdens* (Linnaeus, 1758), também conhecida como saúva limão (figura 1), decorrente do odor característico que exala ao ser esmagada, ocorre em quase todo o Brasil e em vários países da América do Sul. Ela tem significativa importância devido aos danos que gera em diversas áreas, urbanas ou agrícolas, por conta de sua intensa ação de desfolha (Almeida et al., 2023; Galvão et al., 2019).

**Figura 1** - Formiga *Atta sexdens* (operária)



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Essas formigas são capazes de viver em diferentes habitats, desde florestas e áreas agrícolas até estradas e ambientes desmatados. Seus ninhos são sempre construídos em locais sombreados e sua colônia é formada por uma rainha, responsável apenas pela reprodução, e muitas operárias, podendo atingir uma população de 5 a 8 milhões, que obedecem uma divisão do trabalho conforme seu tamanho e idade. Por exemplo, operárias mais jovens realizam trabalhos internos no ninho, enquanto as mais velhas realizam os externos. Além disso, plantas grossas são coletadas por formigas maiores, enquanto as folhas mais finas, por formigas menores (Bragança et al., 2023; Forti et al., 2011; Galvão et al., 2019; Scherf et al., 2022).

Como a rainha é a única fonte de ovos para o ninho, com a sua morte a colônia também acaba. Porém, esse processo demanda um tempo havendo relato da sobrevivência, em laboratório, de uma colônia de *A. sexdens* por até 3 meses após a morte da rainha - que viveu por mais de 15 anos em cativeiro. Além do fator reprodutivo, a rainha também tem papel importante como agente de coesão na colônia, uma vez que sua ausência influencia na fuga de operárias e nas atividades de forrageamento (Della Lucia et al., 2003).

A casta operária divide-se em jardineiras ou “babás”, generalistas, forrageadoras ou escavadoras e defensoras ou soldados. Suas cápsulas cefálicas têm largura variável, entre 0,8 mm e 1,0 mm, 1,4 mm, 2,0 mm a 2,2 mm e 3,0 mm, respectivamente (Souza; Santos; Della Lucia, 2011).

As formigas *A. sexdens* atacam plantas de culturas anuais e perenes, sendo seu horário de maior prática do forrageamento o período noturno, entretanto, elas também cortam folhas durante o dia dando preferência a plantas dicotiledôneas. Essa atividade é influenciada pelas variáveis ambientais e é sabido que, no caso da *A. sexdens*, não acontece em situações de temperaturas acima de 30°C ou abaixo de 10°C (Boaretto; Forti, 1997; Bragança et al., 2008; Carlos et al., 2007; Farder-Gomes et al., 2017).

Assim, deve-se ter em mente que da mesma forma que essas formigas podem atuar durante maior tempo na desfolha (diurno e noturno), também acabam ficando mais vulneráveis ao ambiente e, conseqüentemente, a ataques de inimigos como, por exemplo, os forídeos parasitoides. É importante também destacar que a *A. sexdens* é hospedeira de, pelo menos, 10 espécies dessas moscas, o que a torna um potencial alvo para esse parasitismo (Bragança et al., 2016).

### 2.3 Controle biológico de pragas agrícolas

O controle biológico ocorre naturalmente nos ecossistemas, onde inimigos naturais, como parasitoides, parasitas, predadores e patógenos, agem sobre outros organismos reduzindo e controlando sua população. Entretanto, o homem pode adotar estratégias para manipular e facilitar a ação do agente de controle biológico, tornando-o seu aliado no combate às pragas (Fontes; Pires; Sujii, 2020).

O Brasil tem uma história longa nesse assunto, com exemplos importantes como o uso do fungo *Metarhizium anisopliae* para controle da cigarrinha em cana-de-açúcar em 1960 e, na década de 1970, o uso de baculovírus para o controle da lagarta da soja e da vespa *Cotesia flavipes* no controle da broca-da-cana-de-açúcar. Ao longo do tempo, o sucesso dessas intervenções, fortalecido pela consciência e pressão mundial em usar cada vez menos agrotóxicos, posicionou o controle biológico como uma estratégia plausível para as abordagens de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Estima-se que a área sob controle biológico no país deve ser superior a 70 milhões de hectares, envolvendo principalmente culturas de soja, milho, cana-de-açúcar e café (Bettiol; Medeiros, 2023).

No contexto das formigas, já existem métodos implementados de criação de diferentes espécies de forídeos parasitoides do gênero *Pseudacteon* em laboratório que permitiram liberações em massa nos Estados Unidos para combate às formigas de fogo, caracterizando uma estratégia de controle biológico (Bailez, 2016). Entretanto, ainda não há total domínio sobre estratégias semelhantes para o controle de formigas-cortadeiras.

É importante também ressaltar que o Brasil, por ser um grande produtor mundial de alimentos, deve diminuir cada vez mais o uso de agrotóxicos conforme apelo feito pelas Nações Unidas, fazendo cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Vilela, 2020). Logo, o investimento em controle biológico e em pesquisas associadas contribui para soluções inovadoras, eficazes e mais seguras ao ecossistema promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

### 2.4 Forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras

Parasitoides são insetos, em sua maioria moscas (ordem *Diptera*) ou vespas (ordem *Hymenoptera*), cujas larvas se desenvolvem alimentando-se obrigatoriamente do corpo de seu hospedeiro, levando-o à morte (Godfray, 2004).

Entre os inimigos naturais das formigas-cortadeiras está um grupo de pequenas moscas da família *Phoridae* (*Diptera*). Tal grupo consiste de inúmeras espécies diferentes com ampla variedade de hábitos larvais, sendo a maioria parasitoides ou predadores especializados que, em muitos casos, parasitam insetos sociais, dentre eles as formigas (Bragança, 2011; Souza et al., 2021).

Esses forídeos atacam as formigas ovipositando em partes específicas do seu corpo. Dependendo da espécie, o desenvolvimento da larva se dá em diferentes partes do corpo da hospedeira, mas independente da região de desenvolvimento do forídeo, o resultado é a morte da formiga parasitada (Bragança; Medeiros, 2006; Erthal; Tonhasca, 2000).

Além da morte das operárias parasitadas, o ataque dos forídeos também provoca uma mudança comportamental das formigas, que passam a apresentar comportamento defensivo, muitas vezes abandonando o forrageamento para se recolherem à segurança do ninho subterrâneo (Feener, 1981; Feener; Brown, 1993).

Os maiores casos de parasitismo por forídeos foram registrados em formigas. E, dentre os gêneros de formigas parasitadas, pode-se citar *Atta*, *Acromyrmex*, *Camponotus*, *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Dinoponera*, *Paraponera* e *Solenopsis*. Já sobre os forídeos, pelo menos 70 espécies pertencentes a 11 gêneros praticam esse parasitismo, sendo os mais comuns *Apocephalus*, *Myrmosicarius* e *Eibesfeldtphora* (Bragança, 2011; Bragança et al., 2016).

As taxas de parasitismo natural das operárias são baixas, geralmente ficando entre 1% e 5% das forrageadoras e variam conforme as espécies, tanto de hospedeiros quanto de forídeos, local e época do ano (Bragança, 2011).

Em relação às formigas-cortadeiras *Atta* e *Acromyrmex*, o primeiro registro de parasitismo por forídeos se deu em 1922. A distribuição geográfica dessas moscas ocorre desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina, tendo a América do Sul, principalmente o Brasil, os maiores números de espécies conhecidas (Bragança, 2011).

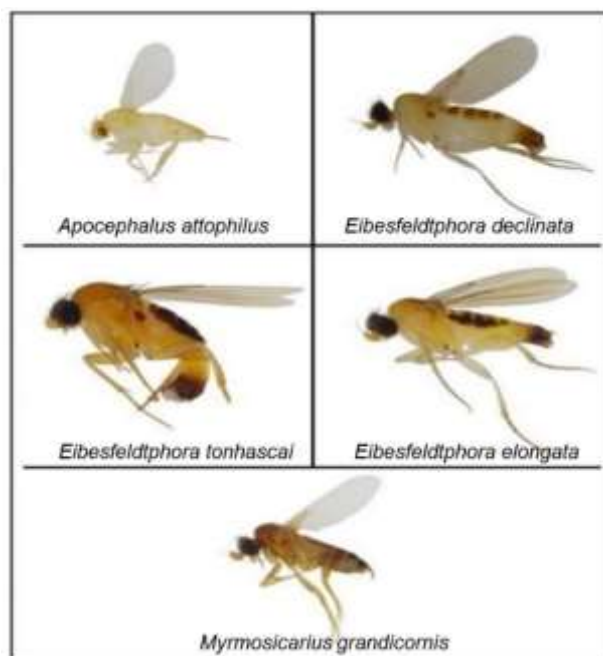
Enquanto as formigas-cortadeiras transitam pelas suas trilhas e coletam os materiais vegetais, elas estão vulneráveis ao ataque de diferentes espécies de forídeos parasitoides que ovipositam em suas cabeças ou gásteres. Esse processo dura em torno de um segundo e vale acrescentar que as formigas podem, inclusive, ser parasitadas por duas ou mais espécies de forídeos. Da mesma forma, os

parasitoides podem ser espécie-específicos ou atacar espécies diferentes de hospedeiros (Bragança et al., 2016; Bragança et al., 2023).

Após a eclosão do ovo, a larva do parasitoide se alimenta do conteúdo interno da formiga e, ao final do seu desenvolvimento, provoca a morte da hospedeira e se transforma em pupa após 24 horas desse desfecho. Esta pupa pode se formar em diferentes locais como o interior da cápsula cefálica da formiga, seu tórax, entre suas mandíbulas e até mesmo fora do seu corpo. É a partir desses locais de empupamento que os adultos de forídeos emergem e é também uma forma possível de identificação dos seus gêneros ou espécies (Bragança; Medeiros, 2006; Erthal; Tonhasca, 2000).

As principais espécies de forídeos que parasitam as formigas *Atta* pela sua variedade de hospedeiros, distribuição geográfica e potencial de controle biológico, pertencem aos gêneros *Apocephalus* Coquillett, *Eibesfeldtphora* Disney e *Myrmosicarius* Borgmeier e são mostrados na figura 2 (Almeida et al., 2023; Bragança, 2011; Uribe et al., 2014).

**Figura 2** - Visão lateral de fêmeas de forídeos adultos



Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2023).

Dentre os gêneros citados, cada espécie de forídeo tem a pupa formada em determinada região do corpo da formiga: *Myrmosicarius grandicornis* Borgmeier empupa dentro da cápsula cefálica, *Eibesfeldtphora* spp. entre as mandíbulas, *Apocephalus vicosae* Disney dentro do protórax e *Apocephalus attophilus* empupa

fora do corpo da formiga podendo, inclusive, desenvolver mais de uma pupa por formiga (Bragança et al., 2023).

Sobre o comportamento de ataque, as fêmeas de *M. grandicornis* aproximam-se por trás da formiga e atacam-na rapidamente na cabeça, sempre do lado direito (isso porque o ovipositor desse forídeo é voltado para o lado esquerdo). Vale acrescentar que, uma vez que o ataque se dá na cabeça, caso a formiga esteja carregando material vegetal, essa oviposição é dificultada. As formigas reagem fugindo, atacando as moscas ou tentando proteger suas cabeças. Após a eclosão do ovo, as larvas consomem todo o conteúdo da cabeça da formiga e empupam na base da cápsula cefálica, ocasionando a decapitação e perda das mandíbulas (Almeida et al., 2023; Bragança, 2011).

O *Eibesfeldtphora* spp. é considerado um parasitoide específico do gênero *Atta*. Enquanto o *E. tonhascai* se aproxima da formiga pela frente ou pelos lados ovipondo na parte posterior da cabeça da formiga, o *E. erthali* se aproxima por trás da formiga e ovipõe na porção final do seu gáster, aparentemente na abertura anal. Independentemente do local de oviposição, a larva migra até a cápsula cefálica da formiga para completar seu desenvolvimento, empupando entre as mandíbulas da hospedeira. As formigas tentam fugir, lutar ou afastar os forídeos, muitas vezes com “chutes”, ou proteger a cabeça cobrindo-a com suas pernas (Bragança; Tonhasca; Moreira, 2002; Souza et al., 2021).

O ataque pelo *A. vicosae* ocorre enquanto as formigas transportam os fragmentos vegetais ao longo da trilha. As fêmeas desse forídeo caminham entre as formigas, saltam sobre o material que está sendo carregado e inserem seu ovipositor na cavidade bucal da formiga hospedeira. Diferente de outras espécies que empupam na região da cabeça, neste caso a larva empupa na região do protórax ocasionando uma abertura entre o pronoto e propleura da formiga (Bragança; Medeiros, 2006; Souza et al., 2021).

Já o *A. attophilus* se aproxima das formigas caminhando pelas folhas, diferente de outros forídeos como o *M. grandicornis* e o *Eibesfeldtphora* spp que fazem esse processo voando, e ataca de forma complexa fazendo a oviposição, aparentemente, no aparelho bucal das formigas enquanto elas estão cortando o material vegetal. Suas larvas se desenvolvem dentro da cabeça da formiga, onde consomem todo o seu conteúdo cerebral. Ainda imaturas, elas saem da hospedeira e empupam no ambiente

externo onde acabam ficando expostas (Almeida et al., 2023; Bragança, 2011; Souza et al., 2021).

Enquanto a espécie de formiga-cortadeira *A. sexdens* tem ampla distribuição geográfica, ocorrendo em quase todo o território brasileiro, o mesmo não pode ser dito em relação às espécies de forídeos que podem parasitá-la, pois estas não têm a mesma capacidade de viver em uma variedade tão grande de ambientes (Galvão et al., 2019).

A dinâmica populacional dos forídeos é influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos envolvendo temperatura, umidade relativa, cobertura vegetal e densidade dos ninhos das formigas (Almeida; Queiroz, 2009).

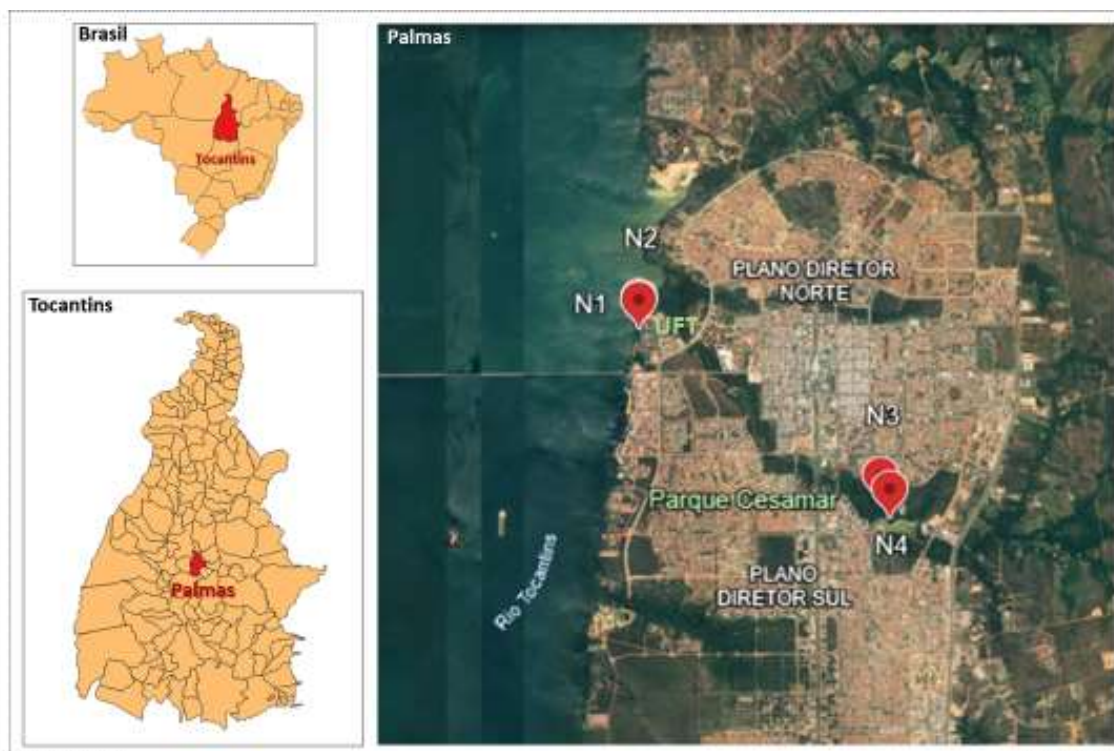
Considerando que diferentes condições ambientais em paisagens diversas podem alterar a interação entre as formigas-cortadeiras e os forídeos parasitoides, torna-se interessante a avaliação dessas dinâmicas em ambientes natural e antrópico. Vale ressaltar que essas pesquisas de interação formigas-forídeos parasitoides podem auxiliar na busca por alternativas para o controle das formigas-cortadeiras.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no município de Palmas (10°11'04"Sul; 48°20'01"Oeste), localizado na região central do estado do Tocantins, Brasil, entre os meses de novembro de 2023 e fevereiro de 2024.

O município de Palmas ocupa uma área de aproximadamente 2.219 km<sup>2</sup> representando 0,79% do território estadual. Seu clima é do tipo savana (Aw), com um período seco e outro chuvoso, apresentando precipitação média anual entre 1.700 mm e 1.900 mm, e com temperatura média anual de 27°C (Oliveira, 2017).

Foram escolhidos dois ninhos (N1 e N2) de formiga-cortadeiras *A. sexdens* em ambiente considerado antrópico (ANT), ou seja, modificado pelo ser humano, localizados na Universidade Federal do Tocantins (UFT), e dois ninhos (N3 e N4) em ambiente natural (NAT) localizados no Parque Cesamar, um parque municipal tido como uma das principais áreas verdes de Palmas, conforme a figura 3.

**Figura 3** - Localização dos ninhos de *Atta sexdens* avaliados

Fonte: Adaptado do Google Earth e Portal de mapas do IBGE (2024).

Foram realizadas seis coletas (C1 a C6) de formigas nos quatro ninhos citados, em dias diferentes, durante as primeiras horas da manhã. Deve-se acrescentar que em todos os dias de coleta foram recolhidas formigas de todos os quatro ninhos. As condições climáticas nos dias de coleta podem ser observadas na tabela 1.

**Quadro 1** – Condições climáticas dos dias de coleta

| Condições de temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante as coletas |    |                                      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ambientes                                                               |    | Coordenadas                          | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   | C6   |
| ANT                                                                     | N1 | 10°10'42.3768''S<br>48°21'44.6112''O | 28°C | 28°C | 27°C | 28°C | 25°C | 28°C |
|                                                                         | N2 | 10°10'40.0188''S<br>48°21'45.0''O    | 74%  | 79%  | 79%  | 70%  | 94%  | 79%  |
| NAT                                                                     | N3 | 10°12'24.2172''S<br>48°19'22.0512''O | 26°C | 25°C | 23°C | 23°C | 24°C | 26°C |
|                                                                         | N4 | 10°12'32.8392''S<br>48°19'16.4172''O | 80%  | 83%  | 89%  | 94%  | 94%  | 83%  |

ANT: antrópico; NAT: natural; N1 a N4: ninhos 1 a 4; C1 a C6: coletas 1 a 6.

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Durante aproximadamente 20 minutos, tanto as formigas operárias que transitavam pela trilha quanto aquelas que estavam dentro do ninho, e saíram porque foram incomodadas pela inserção de um graveto, foram coletadas com o auxílio de uma pinça metálica flexível e depositadas em pote plástico com talco inerte atóxico colocado previamente nas bordas para evitar fugas (figura 4). Os potes foram tampados (com pequenas perfurações) e levados ao Laboratório de Entomologia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *Campus Palmas*.

**Figura 4 - Coletas de formigas**



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

No Laboratório de Entomologia as formigas de cada ninho foram acondicionadas em potes de polipropileno atóxico de 2,5 litros (21,5 cm x 21,5 cm x 8,2 cm) contendo talco atóxico nas bordas internas para evitar fugas durante o manejo (figura 5). Os potes permaneceram cobertos com a tampa perfurada para permitir a

circulação de ar e mantidos à temperatura de 25°C, iluminação natural e oferta contínua de alimento (solução de mel a 50% embebida em chumaços de algodão trocada a cada dois dias) (Bragança; Medeiros, 2006).

**Figura 5 -** Acondicionamento das formigas em laboratório



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Durante o período de até 15 dias cada pote foi inspecionado diariamente para remoção das operárias mortas e sua transferência para uma placa de Petri que foi mantida em incubadora BOD (temperatura de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $85 \pm 5\%$ ) por 24 horas. Após esse tempo de um dia, as formigas mortas foram analisadas em lupa para identificação de sinais de parasitismo (tabela 2; figura 6). A remoção das formigas mortas ao longo do período de 15 dias justifica-se por ser o tempo máximo necessário para que morram pelo parasitismo por forídeos (Bragança; Medeiros, 2006; Erthal; Tonhasca, 2000; Tonhasca; Bragança; Erthal, 2001).

**Quadro 2 –** Sinais de parasitismo conforme os gêneros de forídeos

| Gênero do forídeo      | Indicadores observados                                                                                                                                                    |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Eibesfeldtphora</i> | Mandíbulas abertas, podendo apresentar pupa com 2/3 do seu tamanho no interior da cabeça da formiga                                                                       |
| <i>Apocephalus</i>     | Abertura entre o pronoto e a propleura, podendo apresentar larva ou pupa; ou abertura das mandíbulas com saída de larvas e posterior empupamento fora do corpo da formiga |
| <i>Myrmosicarius</i>   | Mandíbulas e cabeças quebradas e/ou caídas, podendo observar o pupário na parte de trás da cápsula cefálica através da cavidade bucal                                     |

Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2023), Bragança; Medeiros (2006) e Tonhasca; Bragança; Erthal (2001).

**Figura 6** – Observação de formigas mortas em lupa



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Quando verificado algum sinal de parasitismo, a formiga foi individualizada em um microtubo (figura 7), mantida sob as mesmas condições em BOD e acompanhada diariamente até emergência da mosca.

**Figura 7** – Formiga individualizada em microtubo



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

A partir das características de empupamento foi possível definir o gênero ou as espécies dos forídeos parasitoides. Para a análise dos resultados, os dados referentes aos ninhos 1 e 2 foram somados representando o ambiente antrópico,

enquanto, da mesma forma, os dados dos ninhos 3 e 4 juntos representaram o ambiente natural. A taxa de parasitismo das *A. sexdens* foi definida como a porcentagem de formigas parasitadas em relação ao número de formigas coletadas. A frequência relativa do parasitismo entre os gêneros ou espécies de forídeos foi calculada como a proporção do número de formigas parasitadas por cada gênero ou espécie de mosca em relação ao número de formigas parasitadas em cada ambiente.

Para a análise estatística foi utilizado o programa Jamovi – versão 2.3 (2022) para realizar o teste de *Kruskal-Wallis* (devido à não normalidade dos dados verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*) seguido pelas comparações múltiplas DSCF (teste *Dwass-Steel-Critchlow-Fligner*). O resultado foi considerado estatisticamente significativo quando  $p < 0,05$ .

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às condições climáticas, o ambiente antrópico apresentou média de temperatura 27°C e 79% de umidade relativa nos dias de coleta. No ambiente natural foram registrados como média, 25°C e 87% de umidade relativa.

Foram coletadas 4.538 formigas *A. sexdens* nos dois ambientes, das quais 74 (1,63%) apresentaram sinais de parasitismo. Apesar de configurar uma taxa de parasitismo geral baixa, o resultado está dentro da variação descrita para formigas *Atta* parasitadas no Brasil (entre 1% a 6%) (Bragança et al., 2023) e próximo à taxa de parasitismo de formigas *A. sexdens* em Porto Nacional-TO (1,57%) descrita por Bragança et al. (2016).

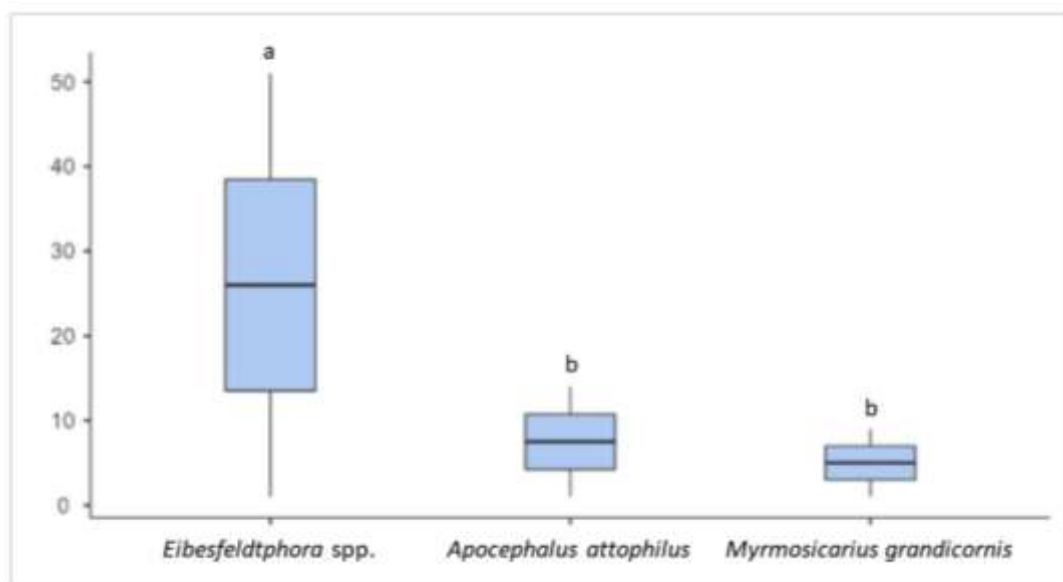
Das 74 formigas parasitadas e avaliadas, 51 (68,92%) apresentaram sinais de parasitismo pelo gênero *Eibesfeldtphora*, 14 (18,92%) pela espécie *A. attophilus* e 9 (12,16%) pela espécie *M. grandicornis* (tabela 3). Quando submetidos aos testes estatísticos, houve diferença significativa do gênero *Eibesfeldtphora* em relação às espécies *A. attophilus* e *M. grandicornis*, enquanto que as duas últimas não apresentaram diferença entre si (figura 8).

**Quadro 3** – Resultado dos parasitismos encontrados

| Ambiente     | Número de formigas coletadas | Número de formigas parasitadas | Taxa de parasitismo (%) | Número de formigas parasitadas conforme gênero ou espécie (n) e sua frequência relativa (%) |       |                             |       |                                   |       |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|              |                              |                                |                         | <i>Apocephalus attophilus</i>                                                               |       | <i>Eibesfeldtphora spp.</i> |       | <i>Myrmosicarius grandicornis</i> |       |
|              |                              |                                |                         | n                                                                                           | %     | n                           | %     | n                                 | %     |
| <b>ANT</b>   | 2.506                        | 57                             | 2,27*                   | 9 <sup>b</sup>                                                                              | 15,79 | 40 <sup>a</sup>             | 70,18 | 8 <sup>b</sup>                    | 14,03 |
| <b>NAT</b>   | 2.032                        | 17                             | 0,84                    | 5 <sup>a</sup>                                                                              | 29,41 | 11 <sup>a</sup>             | 64,71 | 1 <sup>a</sup>                    | 5,88  |
| <b>Total</b> | 4.538                        | 74                             | 1,63                    | 14 <sup>b</sup>                                                                             | 18,92 | 51 <sup>a</sup>             | 68,92 | 9 <sup>b</sup>                    | 12,16 |

ANT: antrópico; NAT: natural; \*Indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) na taxa de parasitismo entre os ambientes antrópico e natural. Letras diferentes (a, b) indicam diferença estatisticamente significativa na avaliação entre os dados da linha (horizontal), onde  $p < 0,05$ .

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

**Figura 8** – Gráfico *Boxplot* dos forídeos parasitoides nos dois ambientes

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa, onde  $p < 0,05$ .

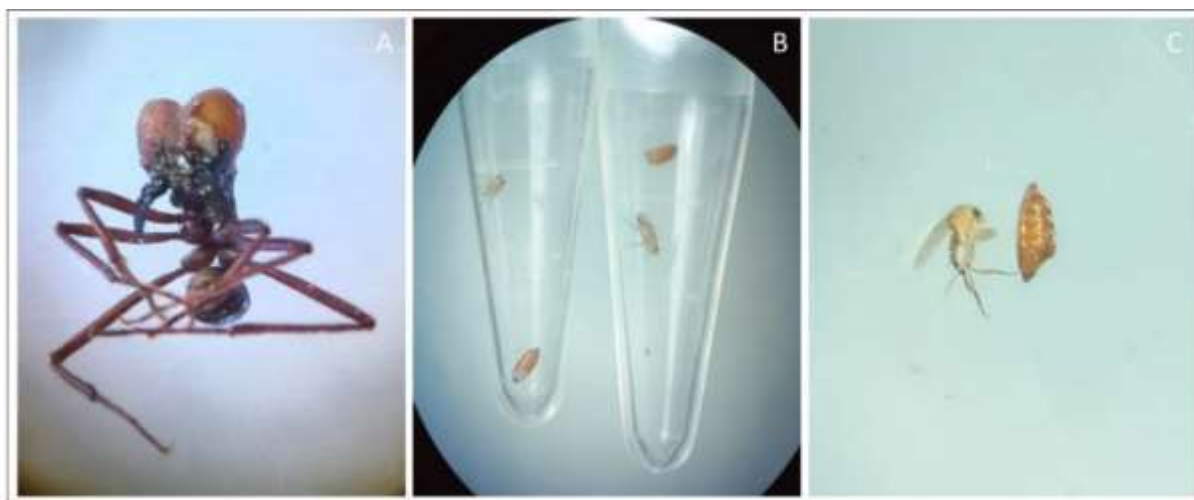
Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

A identificação das espécies de forídeos *A. attophilus* e *M. grandicornis* se deu em função dos locais de empupamento nas formigas. Quanto ao *Eibesfeldtphora spp.*, foram observadas pelo menos duas espécies deste gênero, com discretas diferenças morfológicas entre si. Entretanto, visto que as características da pupa e do forídeo adulto são muito semelhantes entre as espécies, seria necessária a avaliação por um taxonomista para determinação da espécie, portanto foi definido apenas o gênero

baseado nas características de empupamento descritas na bibliografia consultada (Almeida et al., 2023; Bragança et al., 2023).

A determinação da espécie *A. attophilus* se deu pela formação da pupa fora do corpo da formiga (Bragança et al., 2023), como pode ser visto na figura 9, que também apresentou mandíbula aberta. Algumas formigas, de ambos os ambientes, apresentaram mais de uma pupa, chegando a 22 pupas oriundas de uma única hospedeira.

**Figura 9** – Sinais de parasitismo por *Apocephalus attophilus*

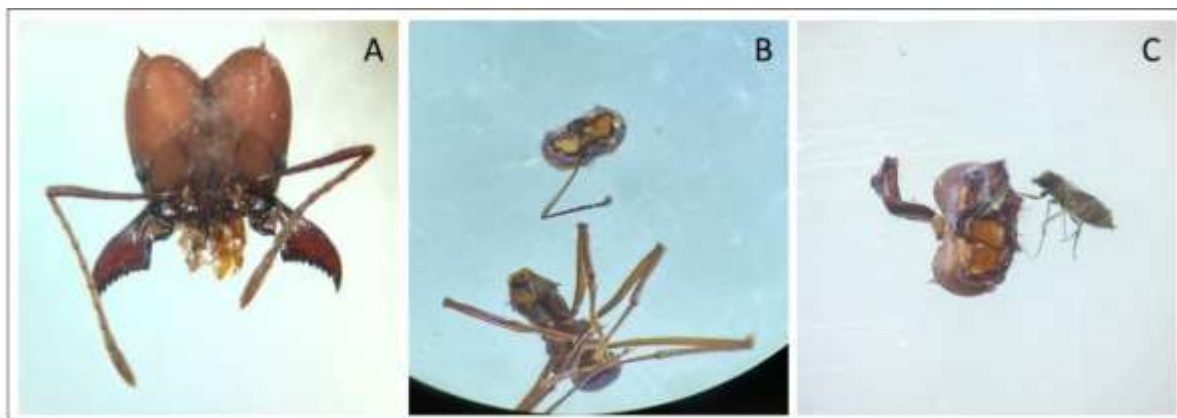


A: mandíbulas abertas sem pupa; B: pupas e forídeos em microtubos; C: forídeo e sua pupa.

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Em relação ao *M. grandicornis*, o parasitismo por esse forídeo foi constatado pela observação do consumo do conteúdo da cabeça da formiga, visualização, em alguns casos - apesar de dificultada -, da pupa formada no fundo da cápsula cefálica, decapitação e abertura ou quebra de mandíbulas (figura 10). Apenas um forídeo emergiu de cada formiga parasitada por essa espécie (Bragança et al., 2016; Disney; Elizalde; Folgarait; 2006).

**Figura 10** - Sinais de parasitismo por *Myrmosicarius grandicornis*



A: mandíbulas abertas em cabeça solta; B: cabeça solta e oca, sem mandíbulas; C: cabeça solta e presença de forídeo.

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

O parasitismo por *Eibesfeldtphora* spp. foi constatado pela abertura das mandíbulas e formação da pupa entre as mesmas (figura 11). Assim como ocorreu no parasitismo por *M. grandicornis*, houve a emergência de apenas um forídeo em cada formiga parasitada por *Eibesfeldtphora* spp. (Almeida et al., 2023).

**Figura 11** - Sinais de parasitismo por *Eibesfeldtphora* spp.



A: pupa entre as mandíbulas abertas; B: pupa entre as mandíbulas abertas; C: pupa aberta e forídeo.

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Vale acrescentar que nesse trabalho não foram observados casos de multiparasitismo, quando uma única formiga hospedeira apresenta parasitismo por mais de uma espécie de forídeo, como já foi constatado por Bragança et al. (2016).

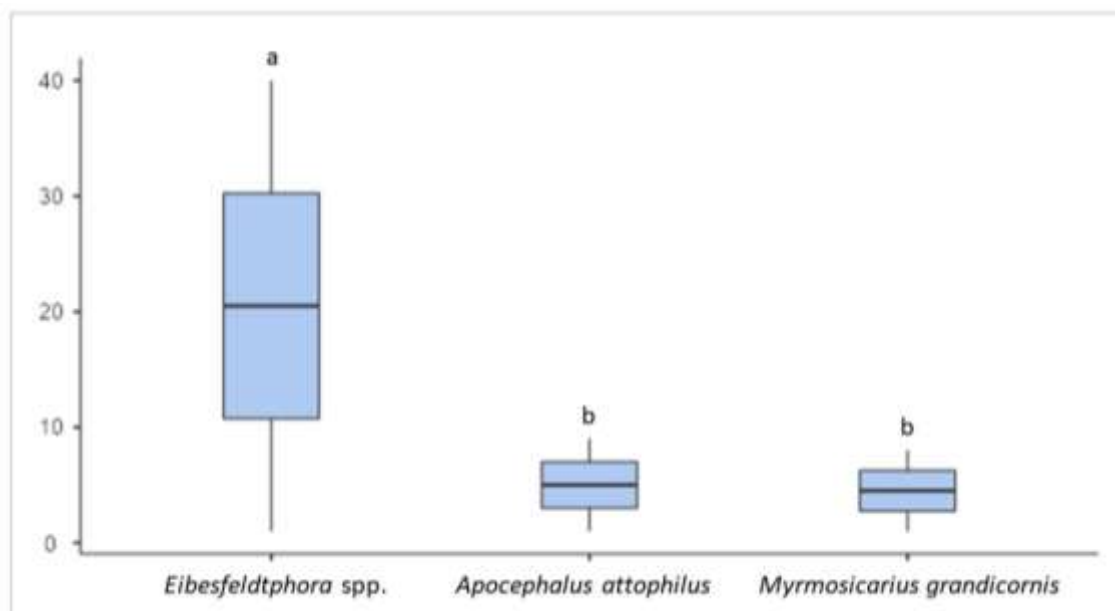
Conforme a tabela 3, já apresentada, do ambiente antrópico houve a avaliação de 2.506 formigas, das quais 57 (2,27%) apresentaram sinais de parasitismo, enquanto no ambiente natural, dentre as 2.032 formigas avaliadas, 17 (0,84%) estavam parasitadas. A comparação entre os dados de parasitismo entre os ambientes natural e antrópico indicou diferença estatisticamente significativa, com valor de  $p < 0,001$ .

Essa diferença significativa da taxa de parasitismo geral entre os ambientes antrópico e natural pode estar relacionada à alimentação e ao voo dos forídeos adultos. Apesar de muito ágeis, os forídeos adultos voam pouco e baixo. Além disso, sabe-se que se alimentam de pólen, líquidos açucarados e muitas fêmeas também precisam de proteína. (Erbar; Heiler; Leins, 2017; Williams et al., 1973a; Williams; Whitcomb, 1973b). Logo, o ambiente antrópico propicia melhores condições do que o natural, visto o ambiente mais aberto – o que facilita seu voo baixo – e maior quantidade de plantas mais baixas, inclusive, por exemplo, plantas daninhas (mais presentes em ambientes antrópicos), que podem fornecer alimento aos forídeos (Ikeda; Inoue, 2015).

Outra possibilidade está relacionada a como os forídeos localizam seus potenciais hospedeiros à distância. Algumas espécies usam estímulos químicos provenientes das formigas (da glândula mandibular ou até mesmo da cutícula) enquanto outras precisam que haja também um estímulo visual, ou seja, visualização do hospedeiro (Gazal; Bailez; Viana-Bailez, 2009). Inclusive, um estudo de Bragança et al. (2008) demonstrou que os ataques de *Eibesfeldtphora* spp. às formigas operárias ocorrem apenas sob alta luminosidade, sugerindo que o estímulo visual pode ser um componente essencial para a localização e reconhecimento do hospedeiro. É possível então, que em um ambiente antrópico, por ser mais aberto - sem adensamento de árvores -, essa visualização seja facilitada, o que contribui para que ocorra maior parasitismo quando comparado a um ambiente de floresta (natural).

Ao analisar especificamente o ambiente antrópico, a tabela 3 mostra que das 57 formigas parasitadas, 40 (70,18%) apresentaram pupas de *Eibesfeldtphora* spp., 9 (15,79%) de *A. attophilus* e 8 de *M. grandicornis*. Houve diferença significativa apenas para o *Eibesfeldtphora* spp (figura 12).

**Figura 12** - Gráfico *Boxplot* dos forídeos parasitoides no ambiente antrópico

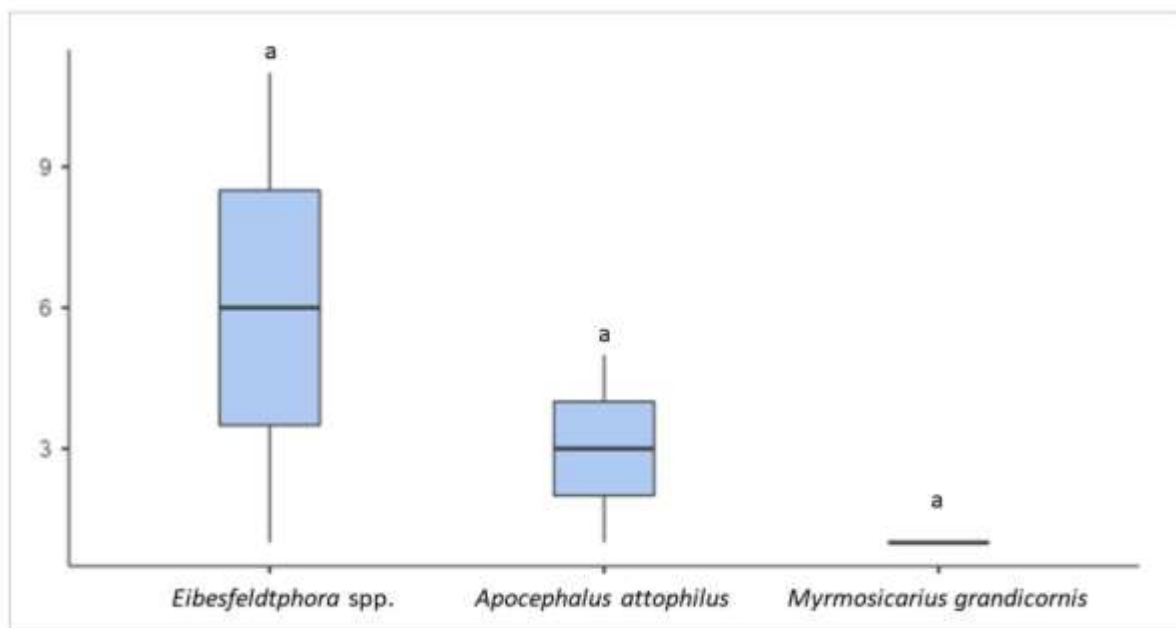


Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa, onde  $p < 0,05$ .

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

Já o ambiente natural apresentou 11 (64,71%) formigas com pupas de forídeos *Eibesfeldtphora* spp., 5 (29,41%) de *A. attophilus* e 1 (5,88%) de *M. grandicornis*. Na análise estatística não foi detectada diferença significativa entre os grupos (figura 13). No entanto, é importante ressaltar que, embora tenham sido coletadas 2.032 formigas neste ambiente, somente 17 apresentaram parasitismo e nesse pequeno número ainda houve a distribuição entre 3 espécies de forídeos. Isso refletiu em amostras de dados consideradas pequenas para análise estatística. Levando em conta que uma amostra pequena pode diminuir consideravelmente o poder dos testes estatísticos gerando resultados imprecisos (Cristina, 2023), deve-se considerar a possibilidade desse resultado não ser o real, indicando, então, a necessidade de um novo levantamento de dados no ambiente natural. Contudo, como o objetivo desse estudo já havia sido alcançado, com a determinação da taxa de parasitismo e identificação das espécies de forídeos envolvidas, não foi realizada uma nova amostragem.

**Figura 13** - Gráfico *Boxplot* dos forídeos parasitoides no ambiente natural



Letras iguais indicam ausência de diferença estatisticamente significativa, onde  $p > 0,05$ .

Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

De forma geral, pode-se afirmar que o *Eibesfeldtphora* foi o gênero de forídeo que parasitou mais formigas-cortadeiras *A. sexdens* nessa avaliação. Apesar de não ter sido objeto de estudo desse trabalho, é importante mencionar a relação entre as espécies parasitoides e os tamanhos das formigas hospedeiras. Mesmo coletadas de forma aleatória, a maior parte das formigas era de tamanho grande. Bragança (2007) afirmou que as fêmeas de *Eibesfeldtphora* atacam formigas operárias maiores do que aquelas atacadas por fêmeas de *Myrmosicarius* porque são larvas e moscas maiores e, por isso, precisam de cápsulas cefálicas maiores, com maior quantidade de alimento para o desenvolvimento larval. No artigo de Souza et al. (2021) também foi mostrado que as formigas com maiores cápsulas cefálicas eram preferencialmente parasitadas por *Eibesfeldtphora*, enquanto aquelas um pouco menores eram parasitadas pelo *A. attophilus* e, as menores hospedeiras de todas na avaliação, por *M. grandicornis*. Como pode ser observado na figura 14, mesmo sem a devida comparação com recurso de régua, é possível perceber a diferença de tamanho entre os forídeos de *A. attophilus* e *Eibesfeldtphora* sp. Tal fato associado às evidências científicas aqui abordadas pode explicar o motivo do parasitismo por *Eibesfeldtphora* ter sido mais proeminente.

**Figura 14** – Forídeos de *Apocephalus attophilus* e *Eibesfeldtphora* sp.



Fonte: Carolina Carneiro Rocha (2024).

## 5 CONCLUSÕES

A taxa de parasitismo geral das formigas-cortadeiras em Palmas-TO, considerando os dois ambientes avaliados juntos, foi considerada baixa, porém dentro do esperado conforme já estudado e publicado por outros autores. O ambiente antrópico apresentou maior taxa de parasitismo quando comparado ao ambiente natural, o que pode estar relacionado aos melhores fatores envolvendo disponibilidade de alimento, condições de voo e identificação do hospedeiro pelos forídeos naquele ambiente.

O gênero *Eibesfeldtphora* foi o que apresentou maior taxa de parasitismo, o que deve estar atrelado a ser o maior forídeo em tamanho dentre os envolvidos neste estudo e as formigas coletadas que também eram, em sua maioria, grandes.

O presente estudo enfatiza a importância de mais pesquisas sobre a diversidade de forídeos parasitoides de formigas-cortadeiras em diferentes ambientes e demonstra o potencial de uso dessas moscas em programas de controle biológico de formigas-cortadeiras.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M. Efeito da estrutura de habitat sobre a abundância de parasitóides *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) em ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 461-465, 2009.

ALMEIDA, J. C. et al. Parasitism of *Atta sexdens* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) by phorids (Diptera: Phoridae) in Londrina-PR. **Semina: Ciênc. Agrár.**, Londrina, v. 44, n. 5, p. 1603-1620, 2023.

BAILEZ, Estratégias e táticas na interação forídeo-formiga. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 3, p. 322-331, 2016.

BETTIOL, W.; MEDEIROS, F. H. V. Artigo: Como o Brasil se tornou o maior produtor e consumidor de produtos de biocontrole. **EMBRAPA**. 2023. Disponível em: <<https://encurtador.com.br/xDoWY>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

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

BOLTON, B. Bolton World Catalog. In: **AntWeb. Version 8.103.2**. California Academy of Science. 2024. Disponível em: <<https://www.antweb.org/project.do?name=worldants>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

BORBA, R. S. et al. Crescimento do fungo simbiote 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.

BRADY, S. G. et al. Evaluating alternative hypotheses for the early evolution and diversification of ants. **PNAS**, v. 103, n. 48, p. 18172–18177, 2006.

BRAGANÇA, M. A. L.; TONHASCA, A. JR.; 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**, v. 31, n. 2, p. 241-244, 2002.

BRAGANÇA, M. A. L.; MEDEIROS, Z. C. S. Ocorrência e características biológicas de forídeos parasitóides (Diptera: Phoridae) da saúva *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) em Porto Nacional, TO. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 408-411, 2006.

BRAGANÇA, M. A. L. Perspectiva da contribuição de forídeos parasitóides no manejo de formigas cortadeiras. **Biológico**, v. 69, suplemento 2, p.177-181, 2007.

BRAGANÇA, M. A. L. et al. Parasitismo por *Neodohrniphora* spp. Malloch (Diptera, Phoridae) em operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 2, p. 300-302, 2008.

BRAGANÇA, M. A. L. Parasitoides de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 19.

BRAGANÇA, M. A. L. et al. Phorid flies parasitizing leaf-cutting Ants: their occurrence, parasitism rates, biology and the first account of multiparasitism. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1015-1021, 2016.

BRAGANÇA, M. A. L., et al. Phorid fly parasitism rates vary between individual colonies of the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. **Agr Forest Entomol**, v. 25, p. 558–570, 2023.

BROWN JR, K. S. Diversity, disturbance, and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, v. 1, p. 25–42, 1997.

CARLOS, A. A., et al. Atratividade de diferentes polpas cítricas para *Atta sexdens rubropilosa*. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA, 18. **Biológico**, São Paulo, 2007. v.69, suplemento 2, p.369-370, ref 028 A.

CRISTIANO, M. P. et al. *Amoimyrmex Cristiano*, Cardoso & Sandoval, gen. nov. (Hymenoptera: Formicidae): a new genus of leaf- cutting ants revealed by multilocus molecular phylogenetic and morphological analyses. **Austral Entomology**, v. 59, p. 643-676, 2020.

CRISTINA, A. Tamanho amostral: 4 coisas que você precisa saber. **EstatMG - Serviços de estatística e ciência de dados para estudantes e empresas**. 2023. Disponível em: <<https://estatmg.com.br/2023/02/11/tamanho-amostal-4-coisas-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 9 mar. 2024.

DELLA LUCIA, T. M. C. et al. Colony behavior of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) in the absence of the queen under laboratory conditions. **Behavioural Processes**, v. 64, p. 49–55, 2003.

DELLA LUCIA, T. M. C.; SOUZA, D. J. Importância e história de vida das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T.M.C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 1.

DI PIETRO, V. et al. Evolution of self-organised division of labour driven by stigmergy in leaf- cutter ants. **Scientific Reports**, v. 12, p.21971, 2022.

DISNEY, R. H.; ELIZALDE, L.; FOLGARAIT, P. New species and revision of *Myrmosicarius* (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 47, n. 3, p. 771-809, 2006.

ERBAR, C.; HEILER, A.; LEINS, P. Nectaries in fly-deceptive pitcher-trap blossoms of *Aristolochia*. **Flora**, v. 232, p. 128-141, 2017.

ERTHAL, M. JR., TONHASCA, A. JR. 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**, v. 95, p. 71–75, 2000.

FARDER-GOMES, C. F. et al. Reproductive ecology of phorid parasitoids in relation to the head size of leaf-cutting ants *Atta sexdens* Forel. **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, p. 487-492, 2017.

FEENER, D. H. JR. Competition between ant species: outcome controlled by parasitic flies. **Science**, v. 214, p. 815–817, 1981.

FEENER, D. H.; BROWN, B. V. Oviposition behavior of an ant-parasitizing fly, *Neodohrniphora curvinervis* (Diptera: Phoridae), and defense behavior by its leaf-cutting ant host *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 6, n. 6, p. 675-688, 1993.

FONTES, E. M. G.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1.

FORTI, L. C. et al. Nidificação e arquitetura de ninhos de formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T.M.C. **Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 6.

GALVÃO, A. R. A. et al. Parasitism by phorids on leaf cutter ants *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) in natural and agricultural environments. **Zoological Science**, v. 36, p. 357-364, 2019.

GAZAL, V.; BAILEZ, O.; VIANA-BAILEZ, A. M. Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). **Animal Behaviour**, v. 78, n. 5, p. 1177-1182, 2009.

GODFRAY, H. C. J. Parasitoids. **Current Biology**, v. 14, n. 12, R456, 2004.

GOOGLE. **Google Earth website**. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Portal de mapas do IBGE**. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

IKEDA, F. S.; INOUE, M. H. **Manejo sustentável de plantas daninhas em sistemas de produção tropical**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

JAMOVİ PROJECT. Jamovi. Versão 2.3. 2022. Disponível em: <<https://www.jamovi.org/>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

MOREIRA, D. D. O.; ERTHAL, M. JR.; SAMUELS, R. I. Alimentação e digestão em formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 12.

OLIVEIRA, W. L. Caracterização do Meio Físico - Aspectos Geográficos e Clima. In: INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE PALMAS. **Revisão do Plano Diretor: Palmas - Tocantins**. Palmas, 2017. Disponível em: <<http://planodiretor.palmas.to.gov.br/media/arquivos/4cc0ac48d20e4605af290afa8188361d.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2024.

PAGNOCCA, F. C.; RODRIGUES, A.; BACCI, M, JR. Microrganismos associados às formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 16.

SCHERF, A. N. et al. Impact of a leaf-cutting ant (*Atta sexdens* L.) on a *Pinus taeda* plantation: A 6 year-long study. **Journal of Applied Entomology**, v. 146, p. 1178-1184, 2022.

SCHULTZ, T. R.; BRADY, S. G. Major evolutionary transitions in ant agriculture. **PNAS**, v. 105, n. 14, p. 5435–5440, 2008.

SOUZA, D. J.; SANTOS, J. F. L.; DELLA LUCIA, T. M. C. Organização social das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas cortadeiras: da bioecologia ao manejo**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. cap. 7.

SOUZA, M. L. O. et al. Differential parasitism by four species of phorid flies when attacking three worker castes of the leaf-cutting ant *Atta laevigata* (Smith, 1858). **PLoS ONE**, v.16, n. 5, e0250973, 2021.

SOUZA, T. D., PEREIRA, R. C. First record of the occurrence and abundance of phorids (Diptera: Phoridae) associated with leaf-cutting ants of the genus *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) in the municipality of Cruz das Almas-BA. **Sociobiology**, v. 67, n.3, p. 337-342, 2020.

SWANSON, A. C. et al. Welcome to the *Atta* world: A framework for understanding the effects of leaf- cutter ants on ecosystem functions. **Functional Ecology**, v. 33, p. 1386–1399, 2019.

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

URIBE, S. et al. New species of *Eibesfeldtphora* Disney (Diptera: Phoridae) and a new key to the genus. **Zootaxa**, v. 3814, n. 3, p. 443-450, 2014.

VILELA, E. Prefácio. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

WILLIAMS, R. N., et al. Fire ants attacked by phorid flies. **The Florida Entomologist**, v. 56, n. 3, p. 259-262, 1973a.

WILLIAMS, R. N.; WHITCOMB, W. H. Novos inimigos das formigas lava-pé (complexo *Solenopsis saevissima*) (Hymenoptera: Formicidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 2, n. 1, p. 74-85, 1973b.