

PARASITISMO NATURAL E ABUNDÂNCIA DE FORÍDEOS  
PARASITOIDES DE *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758)  
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO  
NATURAL E AGRÍCOLAS

**ALEXANDRE ROGER DE ARAÚJO GALVÃO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
ABRIL - 2016

PARASITISMO NATURAL E ABUNDÂNCIA DE FORÍDEOS  
PARASITOIDES DE *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758)  
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO  
NATURAL E AGRÍCOLAS

**ALEXANDRE ROGER DE ARAÚJO GALVÃO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal.

Orientador: Prof.Dr.Omar Eduardo Bailez

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
ABRIL– 2016

**FICHA CATALOGRÁFICA**Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF****129/2016**

Galvão, Alexandre Roger de Araújo

Parasitismo natural e abundância de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de vegetação natural e agrícolas / Alexandre Roger de Araújo Galvão. – Campos dos Goytacazes, 2016.

82 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Fitopatologia e Entomologia. Campos dos Goytacazes, 2016. Orientador: Omar Eduardo Bailez.

Área de concentração: Comportamento de Insetos

Bibliografia: f. 63-80.

1. *MYRMOSICARIUS* 2. *APOCEPHALUS* 3. *EIBESFELDTPHORA* 4. FORMIGA CORTADEIRA 5. RAZÃO SEXUAL I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Fitopatologia e Entomologia II. Título

CDD 595.796

PARASITISMO NATURAL E ABUNDÂNCIA DE FORÍDEOS  
PARASITOIDES DE *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758)  
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO  
NATURAL E AGRÍCOLAS

**ALEXANDRE ROGER DE ARAÚJO GALVÃO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Produção Vegetal.

Aprovada em 28 de abril de 2016

Comissão Examinadora

---

Gerson Adriano Silva (Dsc. Fitotecnia) - UENF

---

Milton Erthal Júnior (DSc. Produção Vegetal) - IFF-RJ

---

Ana Maria Matoso Viana-Bailez (DSc. Biologia do Comportamento) - UENF  
(Coorientadora)

---

Omar Eduardo Bailez (DSc. Biologia do Comportamento) - UENF  
(Orientador)

**DEDICO**

Aos meus pais, Stalin Galvão e Regina Galvão, aos meus irmãos Ayla e Júnior e ao pequeno Nicolas que tenho como filho. Pelo tempo que deixamos de estar juntos e por apoiarem cada decisão tomada por mim.

À minha companheira e noiva Natureza pelo amor, confiança e por sempre estar do meu lado.

**OFEREÇO**

À minha avó Stela pelos ensinamentos ao longo da vida.

*Quando ouvi o sábio astrônomo;  
Quando as provas, as figuras, foram ajeitadas em colunas perante a mim;  
Quando me mostraram os gráficos e diagramas, para somar, dividir e medi-los.  
Quando eu, sentado, ouvi o astrônomo, onde ele dizia com muitos aplausos na  
sala de palestras;  
Tão cedo, inexplicavelmente, fiquei cheio e cansado;  
Até me levantar e sair dali, eu vaguei sozinho, no ar místico e úmido da noite, e  
de tempos em tempos, olhava para cima em completo silêncio, para as  
estrelas."*

Walt Whitman

## AGRADECIMENTOS

Deus: a grande força que me guia.

Ao meu orientador, Professor Dr. Omar Bailez, pela paciência na orientação, apoio, amizade e por me mostrar esse grande universo dos Forídeos.

À minha coorientadora, Professora Dr<sup>a</sup>Ana Maria Matoso Bailez, pela amizade, incentivo, sugestões e discussões durante a realização deste trabalho.

À imensa e valiosa ajuda do bolsista de Iniciação Científica Pedro Abib nas coletas de campo e na meticulosa identificação dos forídeos.

À Fabíola Pimentel e ao Jonathan, pela grande ajuda nas coletas de campo e nas discussões sobre forídeos no laboratório.

À pesquisadora Dr<sup>a</sup> Luciana Elizalde e ao Dr. Jarbas Queiroz pelo grande conhecimento repassado no curso sobre forídeos parasitoides.

Ao MSc.Thalles Lavinsky, pela colaboração na identificação dos forídeos.

Aos amigos de laboratório: Gabriela, Fabíola, Fabíola Pimentel, Anália, Renata, Will, Amanda, Jean, Jonathan, Erika, Pedro e Arli pelo convívio no laboratório e valiosas trocas de conhecimento sobre formigas.

Ao Marcos Guimarães e à empresa LUCAHE pelo livre acesso ao eucaliptal comercial e a “Grilo”pela ajuda inicial na escolha de locais de amostragens.

Ao Dr. Chalita e a PESAGRO pela liberação de suas áreas para ascoletas de formigas e forídeos.

Aos motoristas Vilarino pelo grande apoio inicial nas coletas na área natural, e ao Andrezinho pela paciência quando as coletas se efetuaram no período noturno.

À FAPERJ pela concessão da bolsa.

Obrigado por tudo!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 Formigas Attini.....	17
3.2 <i>Atta</i> spp. ....	18
3.3 Controle de Cortadeiras.....	19
3.4 Forídeos .....	20
3.5 Interação Forídeo - Formiga Cortadeira .....	21
3.6 Habitat, abundância e diversidade de parasitoides .....	24
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Área de Estudo.....	28
4.2 Áreas de coletas.....	28
4.3 Experimento 1: Abundância de forídeos.....	33
4.4 Experimento 2: Parasitismo natural em <i>Atta sexdens</i> .....	33
4.5 Experimento 3. Tamanho de cápsula cefálica do hospedeiro .....	35
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
5.1 Experimento 1: Abundância de forídeos.....	36
5.2 Experimento 2: Parasitismo Natural em <i>Atta sexdens</i> .....	37
5.3 Experimento 3: Tamanho de cápsula cefálica do hospedeiro .....	47
<b>6.DISSCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>7.CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>

## RESUMO

**GALVÃO, Alexandre Roger de Araújo**, MSc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, abril de 2016. Parasitismo natural e abundância de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de vegetação natural e agrícolas. Orientador: Omar Eduardo Bailez.

*Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) provoca prejuízos econômicos a diversas culturas agrícolas no Brasil. O controle desta formiga é efetuado mediante produtos químicos, mas a maioria dos princípios ativos utilizados é considerada nociva ao meio ambiente. Nos últimos anos aumentou o interesse pelas pesquisas que procuram desenvolver métodos de controle alternativo. Em ambiente natural, as formigas são controladas pelos inimigos naturais e entre estes se destacam os parasitoides da família Phoridae. Estas moscas provocam a morte e reduzem a atividade de forrageamento das formigas, o que lhes confere grande potencial como agentes de controle biológico. O objetivo deste trabalho foi comparar a abundância, diversidade e eficiência de parasitismo de forídeos de *A. sexdens* em ambiente agrícola e de mata natural. No primeiro experimento, forídeos adultos foram coletados mensalmente de julho a dezembro de 2015 em trilhas de *A. sexdens* em fragmentos de mata natural, em área agrícola e em plantio de eucalipto. No segundo experimento, operárias de *A. sexdens* foram coletadas a cada 15 dias, durante 6 meses, de ninhos localizados nas mesmas áreas citadas acima. As formigas foram transferidas para o laboratório, alimentadas, inspecionadas diariamente e quando mortas foram isoladas em tubos de ensaio. O número de parasitoides emergidos foi registrado. O sexo de cada indivíduo foi determinado e estes foram logo identificados por espécie. A largura da cápsula cefálica das formigas parasitadas foi medida e foram estabelecidas seis classes de tamanho de hospedeiro. As taxas de parasitismo foram determinadas para cada área, mês e gênero e foram comparadas com ANOVA. Os dados de abundância de adultos na trilha foram comparados

mediante ANOVA. A taxa de parasitismo de cada classe de tamanho de formiga foi determinada para os três gêneros de forídeos. A razão sexual e o número de parasitoides de *Apocephalus attophilus* produzidos pelos hospedeiros das distintas classes de tamanho foram comparados mediante ANOVA. No primeiro experimento foram coletados forídeos das espécies dos gêneros *Eibesfeldtphora* (*E. tonhascai*, *E. bragancai*, *E. inornata*) e *Myrmosicarius* (*M. grandicornis*). No segundo experimento, forídeos parasitoides das espécies *E. tonhascai*, *E. bragancai*, *A. attophilus*, *A. vicosae* e *M. grandicornis* emergiram das formigas coletadas a campo. A taxa de parasitismo total nas três áreas foi de 2,53%, mas, houve diferença significativa entre áreas. A maior taxa ocorreu em plantio de eucalipto (3,54%). A espécie responsável pela maior taxa de parasitismo foi *A. attophilus* (3,05%). Ao longo dos meses a taxa de parasitismo diferiu significativamente, mas de maneira diferente para os três gêneros. *Eibesfeldtphora* spp. teve pico de parasitismo em julho (1,71%), *A. attophilus* em setembro (4,15%) e *M. grandicornis* em dezembro (0,46%). *Apocephalus vicosae* teve uma ocorrência muito baixa. As maiores taxas de parasitismo por ninho nas três áreas de estudo corresponderam a *A. attophilus*. O número de pupas de *A. attophilus* produzidas foi maior em hospedeiros de maior tamanho, e a razão sexual foi similar a 1:1 independentemente do tamanho do hospedeiro. O resultado deste trabalho proporcionou informações importantes sobre o efeito ambiental na relação forídeo-formiga. Algumas características biológicas de *A. attophilus* indicam grande potencial desta espécie para ser usado como agente de controle biológico em programas de manejo de *A. sexdens*.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Myrmosicarius*, *Apocephalus*, *Eibesfeldtphora*, formiga cortadeira, razão sexual.

## ABSTRACT

**GALVÃO, Alexandre Roger de Araújo**, MSc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, april, 2016. Parasitism and abundance of parasitoids phorid *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae) in areas of natural vegetation and agricultural. Advisor: Prof. Omar Eduardo Bailez.

*Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) causes economic losses to diverse agricultural crops in Brazil. Control of this ant is made using chemicals but the most of the active ingredient are considered harmful to the environment. In recent years interest to develop alternative methods to control ants increased. In the natural environment, the ants are controlled by their natural enemies, of which the parasitoid from the Phoridae family deserve emphasis. These flies cause death and the reduction of the ant's foraging activity which lends them great potential as biological control agents. The aim of the present study was to compare the abundance, diversity and efficiency of phorid parasitism of *A. sexdens* in agricultural and natural environment. In the first experiment adults phorids were collected monthly from July to December 2015. They were collected from trails in natural forest fragments in agriculture areas and eucalyptus plantations. In the second experiment *A. sexdens* workers were collected every 15 days during six months from nests located in the same areas cited above. The ants were transferred to the lab where they were fed and inspected daily. When the ants died, they were isolated in test tubes. Noting larvae or pupae, the bodies were isolated. The emerged parasitoids were counted and identified by genus and specie. The parasitized ant's cephalic capsule width was measured and six host size classes were established. The parasitism rates were determined for each area, month and genus and they were compared with ANOVA. The abundance data of phorids collected on the trail of diferent areas were compared by ANOVA. The parasitism rate of each ant size class was determined for the three phorids genus. The sex ratio and the number of parasitoids of *Apocephalus*

*attophilus* produced by the hosts from distinct classes of size were compared with ANOVA. In the first experiment phorids of *Eibesfeldtphora* (*E.tonhascai*, *E.bragancai*, *E.inornata*) and *Myrmosicarius* (*M.grandicornis*) genus were collected. In the second experiment phorids of the species *E. tonhascai*, *E.bragancai*, *A. attophilus*, *A. vicosae* e *M. grandicornis* emerged from ants collected in the field. The total parasitism rate of the three areas was 2,53%, but there was significant difference between the areas. The highest rate happen in eucalyptus plantation (3,54%). The species responsible for the highest parasitism rate was *A. attophilus* (3,05%). The parasitism rate differed significantly along the study period, but this variation it was different for the three genus. The *Eibesfeldtphora* spp. had a parasitism peak in July (1.71%), *A. attophilus* in September (4,15%) and *M. grandicornis* in December (0,46%). The *Apocephalus vicosae* specie has a very low occurrence. The highest parasitism rates by nests corresponded to *A. attophilus* in the three study areas. The number of produced pupae of *A. attophilus* was higher in the hosts with bigger size and the sex ratio were similar to 1:1 independently of the host size. The results of this study provide important information about the environmental effect on phorid-ant relationship. Some biological characteristics of *A. attophilus* indicate great potential of this specie to be used as a biological control agent in the *A. sexdens* management programs.

**KEY WORDS:** *Myrmosicarius*, *Apocephalus*, *Eibesfeldtphora*, Leaf-cutter ant, sexl ratio.

## 1. INTRODUÇÃO

As formigas do gênero *Atta* Fabricius (Formicidae: Attini) são insetos endêmicos das Américas que podem ser encontrados desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina, com exceção de algumas ilhas do Caribe e Chile (Fowler et al., 1989; Hölldobler e Wilson, 1990; Bolton, 2012). Estima-se que essas formigas podem consumir até 17% do material vegetal de uma floresta e, por esta razão, são consideradas os herbívoros dominantes da região Neotropical (Cherret, 1986; Hölldobler e Wilson, 1990). O material vegetal fresco cortado pelas formigas é transportado para o interior das colônias e utilizado para cultivar um fungo simbiote. Este fungo é utilizado para alimentar larvas e adultos alados e operárias (Hölldobler e Wilson, 1990; Bass e Cherret, 1995).

Do ponto de vista ecológico, as formigas têm um papel importante para o agroecossistema por interagirem com grande variedade de espécies vegetais. Alguns autores consideram as formigas como “engenheiras de ecossistemas” porque causam alterações físicas e químicas no solo (Fowler et al., 1989; Coutinho, 1986; Folgarait, 1998).

Já do ponto de vista econômico, algumas espécies de formigas cortadeiras são consideradas pragas devido aos danos econômicos que ocasionam a diversos cultivos agrícolas. No Brasil, a espécie *Atta sexdens*, também conhecida como saúva limão, é considerada a mais prejudicial (Cherret, 1986; Della Lucia e Fowler, 1993; Rando, 2002; Zanetti et al., 2014). Atualmente,

o controle mais utilizado e eficiente para *A. sexdens* se efetua com inseticidas convencionais. Porém, o controle químico manipulado de forma incorreta pode provocar impactos negativos ao ambiente, ao ser humano e a organismos não-alvos (Guillade e Folgarait, 2014). O fipronil, princípio ativo utilizado para controle de cortadeiras, por exemplo, já foi relatado como responsável pela redução de abundância e diversidade de forídeos (Guillade e Folgarait, 2014) e himenópteros parasitoides (Medina et al., 2007; Adán et al., 2011). Por esta razão, muitos dos princípios ativos contidos nos produtos utilizados no controle químico vêm sendo interditados e os que ainda são comercializados são de uso restrito (Tatagiba et al., 2012; Zanetti et al., 2014). Este quadro de situação tem levado a organizações internacionais a sugerir métodos de controle alternativos. Entre esses métodos, o uso de inimigos naturais está entre os mais promissores por sua especificidade e ausência de riscos de contaminação ambiental (Forest Stewardship Council, 2007; Guillade e Folgarait, 2014).

Entre os inimigos naturais das formigas cortadeiras se destacam os fungos entomopatogênicos (Alves e Sosa-Gomez, 1983), predadores (Araújo et al., 2015) e os parasitoides das famílias Diapriidae (Hymenoptera) (Lachaud e Pérez-Lachaud, 2012) e Phoridae (Diptera) (Bragança, 2011). As moscas da família Phoridae têm se destacado nas últimas décadas pelo grande número de pesquisas realizadas para avaliar sua diversidade e eficiência no parasitismo (Bragança, 2011; Guillade e Folgarait, 2011).

De modo geral, os forídeos são moscas com tamanhos que variam de 0,4 a 6 mm. O estilo de vida mais comum dos adultos é o saprofitismo, no entanto, algumas espécies podem se alimentar de secreções açucaradas de afídeos, de seiva e de néctar (Disney, 1994). Na fase larval, possuem um hábito alimentar bem diversificado com espécies saprófagas, herbívoras, fungívoras, predadoras ou ainda parasitoides (Disney, 1994; Feener e Brown, 1997).

Os forídeos parasitoides ovipositam no corpo do hospedeiro e provocam sua morte ao fim do desenvolvimento larval (Disney, 1994). Esses insetos têm demonstrado ao longo de sua evolução uma alta capacidade de adaptação, pois utilizam uma variada gama de hospedeiros. Além de parasitar moluscos terrestres, minhocas, miriápodes e aranhas, também parasitam insetos solitários das ordens Lepidoptera e Coleoptera (Coupland e Baker, 2004). Entre os insetos sociais, forídeos parasitam cupins (Disney, 1990), abelhas (Disney e Bartarerau,

1995) e formigas (Disney, 1997). Em insetos sociais, o maior número de ocorrências de parasitismo acontece em formigas (Disney, 1994). Formigas hospedeiras de forídeos parasitoides foram identificadas nos gêneros *Camponotus*, *Crematogaster*, *Dinoponera*, *Paraponera*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Atta* e *Acromyrmex* (Disney, 1994).

Devido ao potencial dos forídeos parasitoides para controle biológico de formigas cortadeiras houve um importante incremento no número de pesquisas com estes insetos nas últimas duas décadas (Tonhasca, 1996; Erthal e Tonhasca, 2000; Guillade e Folgarait, 2014). Programas de controle biológico que utilizam forídeos do gênero *Pseudacteon* (Diptera: Phoridae) já foram implantados nos Estados Unidos para controlar a formiga invasora do gênero *Solenopsis* Westwood (1804). Em cortadeiras, os primeiros registros de ocorrência de forídeos parasitoides foram relatados por Borgmeier (1928; 1931).

Forídeos parasitoides de cortadeiras ocorrem desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina. A diversidade de espécies é mais elevada na região Neotropical e o maior número ocorre nos países da América do Sul (Borgmeier, 1931; Disney 1994; Brown, 2001; Bragança, 2011). A espécie *Atta sexdens* L. é hospedeira de vários forídeos parasitoides, a exemplo de *Apocephalus attophilus*, *Apocephalus vicosae*, *Myrmosicarius grandicornis*, *Eibesfeldtphora tonhascai*, *Eibesfeldtphora elongata* e *Eibesfeldtphora declinata* (Bragança, 2011).

A taxa de parasitismo natural em forídeos representa a porcentagem de hospedeiros parasitados no campo em um determinado momento (Elizalde e Folgarait, 2011). As taxas de parasitismo de forídeos relatadas em formigas cortadeiras do gênero *Atta* são relativamente baixas e geralmente não superam o 5% (Erthal, 1999; Bragança e Medeiros, 2006; Souza, 2013, Martins, 2015). Além da mortalidade, a presença de forídeos nas proximidades do ninho provoca uma redução do tamanho médio das forrageiras nas trilhas e da massa de fragmentos transportados (Bragança et al., 1998; Bragança et al., 2009a; Tonhasca et al., 2001; Guillade e Folgarait, 2015).

O aumento constante de áreas destinadas à agricultura e pecuária muda a conformação da paisagem natural. Essa mudança pode modificar a exposição a ventos, a incidência de luz e a umidade nas bordas da vegetação natural (Didham et al., 1996; Laurance et al., 2002). A fragmentação florestal tem sido estudada e sabe-se que provoca alterações no padrão de distribuição das espécies animais

(Ewers e Didham, 2006) e vários trabalhos indicam que a estrutura do habitat pode afetar a distribuição espacial e a ação de forídeos parasitoides (Almeida et al., 2008; Elizalde e Folgarait, 2010; Elizalde e Queiroz, 2013; Gomes et al., 2013; Barrera, 2016). A maioria dos estudos de forídeos feitos em saúvas foi realizado em áreas de plantio de eucalipto, entretanto, se dispõe de poucas informações destes insetos em áreas naturais. É provável então, que as estimações feitas até o momento tenham subestimado a riqueza e abundância destes parasitoides. Estudos comparativos sobre a ação de forídeos parasitoides em ambientes de áreas de vegetação natural e de áreas perturbadas pela atividade agrícola permitirão uma melhor avaliação da abundância e diversidade destes insetos e de suas capacidades de adaptação aos distintos ambientes nos quais seus hospedeiros prosperam.

## 2. OBJETIVOS

Geral:

Comparar a abundância de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* e sua eficiência de parasitismo em ambientes agrícolas e de mata natural.

Específicos:

1. Avaliar a taxa de parasitismo e a abundância de forídeos de *A. sexdens* nas três áreas ao longo de seis meses de estudo;
2. Determinar se o tamanho do hospedeiro influencia a razão sexual e o número de parasitoides de algumas espécies de forídeos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Formigas Attini

As formigas que fazem parte da tribo Attini (subfamília Myrmicinae) caracterizam-se por manter uma associação mutualista com um fungo basidiomiceto do qual se alimentam. Essa relação existe há aproximadamente 50 milhões de anos e possibilitou às formigas produzirem seu próprio alimento e mudarem seu estilo de vida predador-coletor para “cultivador” (Hölldobler e Wilson, 1990; Mueller et al., 2001). O fungo é cultivado no interior de seus ninhos em substratos que variam conforme o gênero da formiga. A tribo Attini agrupa 230 espécies distribuídas em 14 gêneros e ocorre na região Neotropical das Américas. Ocorre desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina, com exceção do Chile e algumas ilhas do Caribe (Mariconi, 1970; Della Lucia e Fowler, 1993; Mehdiabadi e Schultz, 2009; Brandão et al., 2010). Os gêneros pertencentes à tribo Attini são: *Trachymyrmex*, *Sericomyrmex*, *Mycetarotes*, *Myrmicocripta*, *Mycoprepurus*, *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycetosoritis*, *Mycetophylax*, *Paramycetophylax*, *Kalathomyrmex*, *Mycetagroicus*, *Atta* e *Acromyrmex* (Mariconi, 1970; Gallo et al., 2002; Schultz e Brady, 2008; Bolton, 2012).

Durante o processo de evolução, as Attini teriam divergido em duas clades, sendo a mais antiga a Palleoattini, que compreende os gêneros

*Mycocepurus*, *Myrmicocrypta* e *Apterostigma*. Estes gêneros possuem uma peculiar mancha clara nas asas das fêmeas, cuja função biológica é desconhecida. As Neoattini teriam divergido em três grupos: Attini basais, Attini intermediárias (ambas monomórficas) e Attini derivadas (polimórficas) ou cortadoras de folhas (Hölldobler e Wilson, 1990).

As Attini basais têm ninhos pequenos e raramente contêm mais que 300 indivíduos (Hölldobler e Wilson, 1990). O jardim de fungo é cultivado na base de material vegetal morto ou fezes e carcaças de artrópodes. O fungo simbiote destas formigas utiliza madeira como substrato (Villesen et al., 2004) e nenhum outro gênero de Attini apresenta um fungo simbiote com esta especialização.

As Attini “intermediárias” (gêneros *Trachymyrmex* e *Sericomyrmex*) serviram de base para a evolução das Attini derivadas (Hölldobler e Wilson, 1990). As suas colônias contêm até 5.000 operárias. São menos numerosas que as colônias de formigas cortadeiras de folhas, mas geralmente maiores que as colônias de Attini basais (Weber, 1972; Hölldobler e Wilson 1990).

As Attini superiores ou derivadas incluem todas as espécies dos gêneros *Atta* Fabricius e *Acromyrmex* Mayr. Muitas delas são consideradas importantes pragas agrícolas e florestais na América tropical (Cherret, 1986). Seus ninhos são subterrâneos e possuem dezenas ou centenas de câmaras (conhecidas, também como panelas) que ligam entre si e com o exterior por meio de galerias. No exterior dos ninhos notam-se montículos de terra solta que são retiradas das câmaras e galerias. A principal característica biológica que as diferenciam das outras formigas é sua capacidade de coletar uma enorme variedade de material vegetal e utilizá-lo como substrato para o crescimento do fungo. Estas formigas possuem um elevado grau de polimorfismo, onde as diferenças de tamanho estariam correlacionadas com as tarefas realizadas dentro e fora do ninho (Hölldobler e Wilson, 1990).

### 3.2. *Atta* spp.

Sob o ponto de vista ecológico, as formigas do gênero *Atta* são importantes por participarem em ciclagem de nutrientes do solo e regularem as estruturas de comunidades vegetais em ecossistemas naturais (Fowler et al., 1989; Levey e Byrne, 1993; Verchot et al., 2003). Elas são responsáveis

também pelo corte de aproximadamente 17% das folhas produzidas nas florestas da América (Hölldobler e Wilson, 1990). Já do ponto de vista econômico, estas formigas podem ocasionar prejuízos aos agroecossistemas. Há relatos que estas formigas afetam sistemas agroflorestais em diferentes regiões da América (Fowler et al., 1989; Della Lucia, 2011). Em plantios de eucalipto de até um ano de idade podem ocasionar perdas de até 100% quando não se aplicam métodos de controle (Zanetti, 2011). A redução da produção de madeira pela ação das formigas cortadeiras pode chegar a 0,13 m<sup>3</sup> por hectare para cada m<sup>2</sup> de terra solta de saúveiro (Souza et al., 2011).

As espécies mais comuns do gênero *Atta* são: *Atta bisphaerica* Forel (1908), *Atta capiguara* Gonçalves (1944), *Atta cephalotes* Linnaeus (1758), *Atta laevigata* F. Smith (1858), *Atta sexdens* Linnaeus (1758) e *Atta robusta* Borgmeier (1939).

*Atta bisphaerica* é conhecida vulgarmente como “saúva mata-pasto”. É uma importante praga da cultura da cana-de-açúcar e das pastagens que ocupa destaque na região sudeste de Brasil (Della Lúcia, 1999; Oliveira et al., 2002).

*Atta capiguara* ocorre nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e recentemente foi relatada no Paraguai. A extensão das áreas de pastagens e de cana-de-açúcar pode ter favorecido sua expansão, pois a ocorrência em outras regiões como no estado do Paraná também tem sido relatada (Forti e Ichinose, 1993).

*Atta cephalotes* é conhecida como saúva-da-mata e apresenta ampla distribuição, ocorrendo desde México até Bolívia (Kempf, 1972). No Brasil esta espécie ocorre em toda a Amazônia e também nos estados do Maranhão, Pernambuco e sul da Bahia (Mariconi, 1970). Há relatos de ataque desta espécie em pastagens, mas se destaca como praga de cana-de-açúcar (Jaccoud, 2000).

*Atta laevigata* é conhecida popularmente como “saúva-cabeça-de-vidro” por sua aparência vitrea. Suas operárias utilizam folhas de inúmeras plantas dicotiledôneas e gramíneas como substrato para o crescimento do fungo (Paiva Castro et al., 1961). Essa espécie ocorre praticamente em todo o território nacional e constitui uma praga de grande importância.

*Atta sexdens* é conhecida como saúva-limão, sendo encontrada em diferentes habitats neotropicais por sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. Sua presença foi constatada em todo o território brasileiro,

com maior ocorrência na região nordeste (Gonçalves, 1945; Rando, 2002). Estas formigas são capazes de colonizar uma grande variedade de florestas, bordas e estradas. Além disso, conseguem sobreviver em áreas completamente desmatadas (Vasconcelos e Cherrett, 1995; Fowler et al., 1996; Magistrali e Anjos, 2011).

*Atta robusta* Borgmeier (1939) é considerada endêmica dos ecossistemas de restingas. Sua distribuição vai desde o sul do Rio de Janeiro até o norte do Espírito Santo e não tem sido relatada como praga agrícola. Sua grande importância surge porque aparentemente atua como dispersora de sementes e participa na dinâmica da distribuição espacial de plântulas e da modificação do solo (Teixeira et al., 2004).

### 3.3. Controle de Cortadeiras

Os métodos de controle das formigas-cortadeiras são classificados em culturais, mecânicos, físicos e químicos (Boaretto e Forti, 1997).

O controle cultural se baseia no uso de culturas armadilhas como o gergelim (*Sesamum indicum* L.). Quando implantada em áreas de reflorestamento, as formigas cortadeiras cortam as folhas desta espécie e as transportam para o ninho onde ocorre uma redução do crescimento do fungo (Bueno et al., 1995; Morinini et al., 2005).

O controle mecânico consiste na aração e gradagem do solo para destruir formigueiros de até 1,5 metros de profundidade e também na escavação do formigueiro para encontrar e eliminar a rainha. É um método que demanda elevada mão de obra e sua aplicação é restrita apenas para controle de formigueiros jovens. Por isso é um método pouco utilizado (Moressi et al., 2007).

O controle físico consiste em proteger a cultura impedindo o acesso do inseto à planta. Um exemplo são as barreiras físicas que podem ser adquiridas comercialmente ou construídas de forma artesanal. Este método é simples e pode ser utilizado para facilitar a implantação de mudas (Almeida, 2011).

O controle químico é o método mais utilizado. É aplicado por meio de iscas, termonebulizações ou fumigantes. Os produtos comerciais eram formulados à base de inseticidas clorados, porém a comercialização foi suspensa

pela legislação brasileira (Loureiro e Monteiro, 2005). Atualmente, o princípio ativo mais utilizado em iscas é a sulfluramida, mas existem restrições quanto ao seu uso devido ao impacto ambiental constatado (Tatagiba-Araújo et al., 2012). Assim, novas tecnologias menos impactantes ao ambiente estão sendo desenvolvidas (Loureiro e Monteiro, 2005) e a utilização de inimigos naturais das formigas apresenta potencial de uso como agentes de controle biológico (Guillade e Folgarait, 2014).

O desenvolvimento de técnicas de controle biológico aplicadas a manejo conservacionista de formigas cortadeiras ajudaria a preservar a abundância e diversidade da fauna silvestre, em especial a de inimigos naturais de cortadeiras no ambiente (Oliveira et al., 2011). As formigas cortadeiras estão associadas a diversos inimigos naturais, dentre eles aranhas, ácaros, besouros, himenópteros predadores e parasitoides das famílias Diapriidae (Hymenoptera) e Phoridae (Diptera) (Zanetti et al., 2000; Bragança, 2011). Dentre estes organismos, merecem destaque as moscas parasitoides da família Phoridae porque estão entre os inimigos mais frequentes das saúvas. Além de provocar a mortalidade da formiga atacada, os forídeos podem afetar significativamente o comportamento de forrageamento (Tonhasca, 1996; Bragança et al., 1998; Bragança, 2011).

#### 3.4. Forídeos

Os forídeos são insetos pequenos, de 0,4 a 6,0 mm e são agrupados na família Phoridae (Diptera). São facilmente reconhecidas pela corcunda na região do pronoto, asas sem veias transversais, fêmures posteriores lateralmente achatados e locomoção instável com deslocamentos acelerados. A coloração dos adultos pode variar muito (Disney, 1990; Celis, 2013).

As moscas desta família são também conhecidas como "mosca passo rápido" ou "*scuttle flies*" porque se locomovem em rajadas rápidas e pequenas pausas, o que justifica o termo "Phora" que em latim significa movimentos rápidos (Disney, 1994). Fósseis destes insetos permitem estimar que esse grupo teve origem há cerca de 80 milhões de anos. No curso da evolução, este grupo de insetos adquiriu uma ampla diversidade de hábitos de vida (Brown, 1999). O número de espécies descritas até o momento excede 4.000 e se distribuem em

todas as regiões do globo com exceção dos pólos, mas a diversidade é maior nos trópicos (Disney, 1990; 1994). Esta família é uma das maiores da ordem Diptera, porém é uma das menos estudadas (Brown, 2002; 2004). Por isso, estima-se que possa haver acima de 50.000 espécies (Disney, 1994). Quase a metade dos 240 gêneros está associada a insetos sociais, principalmente formigas e térmitas (Feener, 1995).

Embora conhecidos, principalmente como saprófagos, muitos forídeos são herbívoros, predadores, parasitas ou ainda parasitoides. Parasitoides são encontrados em três das cinco principais subfamílias de forídeos: Hypocerinae, Aenigmatiinae e Metopininae. Espécies das outras duas subfamílias, Phorinae e Conicerinae, são na sua maioria saprófagos (Brown 1992).

Na fase adulta, dependendo da espécie, os forídeos podem ser predadores, ou se alimentar de líquidos açucarados (Disney, 1994; Fadamiro et al., 2005). No entanto, pouco se conhece sobre o comportamento alimentar de adultos parasitoides. Na fase larval os forídeos podem viver de matéria orgânica em decomposição. *Megaselia scalaris* é uma espécie muito difundida que utiliza cadáveres para sua multiplicação (Disney, 1994; Barnes, 1990). Outras espécies desenvolvem em vegetais, fungos, ou associadas a espécies animais em relações de parasitismo ou comensalismo com formigas, abelhas ou cupins.

O papel da família Phoridae no ecossistema pode ter grande importância ecológica, pois pode participar desde o controle biológico de espécies até a degradação da matéria orgânica de distintos ambientes. Do ponto de vista aplicado, algumas espécies desta família auxiliam em técnicas de entomologia forense e outras apresentam potencial de uso como agentes de controle biológico de pragas agrícolas (Disney, 1994; Reibe e Madea, 2010).

### 3.5. Interação Forídeo-Formiga Cortadeira

A origem da relação parasitoide-hospedeiro é incerta. Uma das hipóteses mais aceitas sustenta que o ancestral dos forídeos parasitoides teria sido uma mosca saprófaga que ao ovipositar em local próximo a uma ferida de inseto teria aumentado seu “fitness” ou valor adaptativo quando, ao nascer, as larvas se alimentaram de tecidos internos do inseto ferido (Disney, 1994).

Os forídeos parasitoides de cortadeiras se distribuem em oito gêneros: *Allochaeta* Borgmeier, (1925); *Dohrniphora* Dahl, (1898); *Lucianaphora* Disney; (2008); *Procliniella* Borgmeier (1931); *Stenoneurellys* Borgmeier (1931); *Apocephalus* Coquillett (1901); *Myrmosicarius* Borgmeier (1928) e *Eibesfeldtphora* anterior subgênero de *Neodohrniphora* (Malloch 1914), que recentemente foi elevado ao status de gênero (Disney et al., 2009).

Diferenças importantes entre espécies podem ser identificadas no comportamento de oviposição, no desenvolvimento larval, no local de formação da pupa, no momento da emergência e na longevidade dos adultos (Bragança, 2011). Forídeos parasitoides podem ser específicos ou parasitar mais de uma espécie (Bragança et al., 2009b; Bragança, 2011), mas em condições de campo forídeos que atacam *Acromyrmex* não atacam *Atta* e vice-versa (Elizalde e Folgarait, 2011). As formigas, por outro lado, podem ser parasitadas por uma ou por várias espécies de forídeos (Bragança et al., 2009a; Bragança, 2011).

Os forídeos parasitoides de *Atta* atacam às formigas nas trilhas, olheiros e áreas de forrageamento (Tonhasca et al., 2001). A mosca se aproxima sobrevoando a cabeça ou o abdômen antes de atacar e ovipositar (Borgmeier, 1928; Feener e Brown, 1993; Brown, 1999, Gazal et al., 2009).

A identificação de espécies ou gêneros de parasitoides de *Atta* pode ser auxiliada pelo local de oviposição ou de transformação da larva em pupa (Elizalde e Folgarait, 2011).

*Apocephalus attophilus* Borgmeier geralmente oviposita na cavidade bucal da formiga. A larva se alimenta do conteúdo da cápsula cefálica e após completar o desenvolvimento abandona o hospedeiro e se transforma em pupa fora deste (Erthal e Tonhasca, 2000). A forma de ataque de *A.vicosae* Disney ainda é desconhecida, mas a pupa se forma no tórax (Disney e Bragança, 2000). Espécies do gênero *Eibesfeldtphora* Disney podem ovipositar no abdômen, no tórax ou no ânus. Em todos os casos a larva migra para a cabeça e se transforma em pupa entre as mandíbulas (Bragança, 1999; Erthal, 1999). O forídeo *M. grandicornis* (Borgmeier) oviposita na cabeça e sua pupa fica localizada na região do "tentorium". O pupário desse gênero é reconhecido pela ausência de antenas e mandíbulas liberadas pela ação de enzimas. A estratégia de retirar as mandíbulas facilita a saída do adulto na emergência (Tonhasca et al., 2001).

*Atta sexdens* é relatada como hospedeira de várias espécies de forídeos parasitoides que variam de acordo com o local de ocorrência (Tabela 1). O tamanho da formiga é um fator importante no parasitismo, pois para algumas espécies de forídeos as operárias maiores oferecem maiores possibilidades de desenvolvimento das larvas. A seleção de hospedeiros por tamanho se verifica em

Tabela 1. Espécies de forídeos associados com *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae).

Hospedeiro	Forídeos parasitoides	Referências
<i>Atta sexdens</i>	<i>Apocephalus attophilus</i>	Erthal e Tonhasca, 2000
	<i>Apocephalus vicosae</i>	Disney e Bragança, 2000
	<i>Myrmosicarius grandicornis</i>	Tonhasca et al., 2001
	<i>Myrmosicarius crudelis</i>	Disney et al., 2006
	<i>Neodohniphora declinata*</i>	Tonhasca, 1996
	<i>Neodohniphora elongata*</i>	Gazal et al., 2009
	<i>Neodohniphora tonhascai*</i>	Bragança et al., 2008
	<i>Eibesfeldtphora inornata</i>	Uribe et al., 2014
	<i>Eibesfeldtphora trifurcata</i>	Uribe et al., 2014

(\*) atualmente considerado gênero *Eibesfeldtphora* (Disney et al., 2009).

algumas espécies. As espécies dos gêneros *Eibesfeldtphora* e principalmente *A. attophilus* geralmente atacam forrageadoras maiores (Erthal, 1999; Bragança, 2011). *Apocephalus attophilus* é um parasitoide que pode desenvolver mais de um parasitoide por hospedeiro e o tamanho parece ser determinante no número de adultos produzidos (Erthal, 1999; Erthal e Tonhasca, 2000). O tamanho do hospedeiro pode também ter um efeito sobre a razão sexual dos forídeos parasitoides (Morrisson et al., 1999).

A localização do hospedeiro parece ser facilitada pelo uso de sinais químicos, visuais e auditivos (Gazal et al., 2009). Muitos forídeos de insetos sociais usam os sinais de comunicação intraespecíficos do hospedeiro para identificá-los devido à sua alta confiabilidade (Morehead e Feener, 2000). O tamanho do hospedeiro junto a sinais químicos pode desencadear o comportamento de ataque do forídeo (Gazal et al., 2009; Mathis e Philpott, 2012). Algumas espécies parecem ser atraídas aos locais de nidificação ou trilhas de

recrutamento de hospedeiros por sinais olfativos específicos (Brown e Feener, 1991; Gazal et al., 2009).

### 3.6. Habitat, abundância e diversidade de parasitoides

Todo habitat pode sofrer mudança ambiental e o que muda em um e outro caso é a magnitude, a escala e a origem dessa mudança (Philpot et al., 2010; Barbosa et al., 2015). Mudanças ambientais geralmente provocam desequilíbrio nas interações competitivas dos organismos e isto pode alterar as interações tróficas levando em certos casos a exclusão de espécies (Pickett White, 1985; Philpot et al., 2010). Duas das principais causas de mudança ambiental são a perturbação e a transformação do habitat e ambas ameaçam diversidade. A perturbação do habitat geralmente acarreta uma perda de biomassa e a transformação implica alteração de parâmetros ambientais como, por exemplo, luminosidade, umidade, temperatura (Dale et al., 2001; Del-Claro e Torezan-Silingardi, 2009; Philpot et al., 2010; Barbosa et al., 2015).

A perturbação natural de um habitat pode ocorrer como consequência de incêndios, inundações, terremotos, dentre outros. A alteração geralmente é muito intensa, mas pelo caráter ocasional resulta menos nociva (Philpot et al., 2010). A perturbação de origem humana ocorre como consequência da atividade agrícola, de florestação, urbanização, dentre outras, pelo seu caráter recorrente ou permanente é mais nociva e, geralmente, provoca degradação ambiental com redução da diversidade (Folgarait, 1998; Weibull et al., 2002).

A agricultura moderna é muito eficiente na produção de alimentos, mas pode provocar danos ambientais como perda da qualidade da água, erosão, redução da fertilidade e destruição de habitats naturais com redução de fauna benéfica à agricultura (Foley et al. 2010). Agentes naturais de controle biológico são importantes aliados para muitas culturas agrícolas (Weibull et al., 2002), entretanto algumas atividades relacionadas à agricultura (ex: aplicação de agrotóxicos, remoção de solos, circulação intensa de animais domésticos) podem transformar o habitat em ambientes relativamente hostis para essas populações de inimigos naturais (Ostman et al., 2001). A dinâmica populacional de forídeos parasitoides pode ser alterada por fatores bióticos e abióticos (Folgarait et al.,

2003; Almeida e Queiroz, 2009). Temperaturas extremas, por exemplo, podem afetar a sobrevivência de forídeos (Henne et al., 2007).

Culturas perenes de eucalipto são florestas com pouca labora agrícola, mas apresenta uma marcada diferença com a paisagem de florestas naturais pelo espaçamento regular entre plantas, menor diversidade de espécies e ausência de sub-bosque. A ausência de sub-bosque cria um microambiente inconveniente para o desenvolvimento de pequenos organismos, notadamente, insetos (Almeida e Queiroz, 2009).

A relação entre a estrutura da paisagem e a diversidade de espécies é um tema que ganhou importância nos últimos anos (Metzger, 1999). Em ambientes fragmentados, o tamanho do fragmento é um dos aspectos mais importantes na ecologia populacional porque determina a densidade populacional, os movimentos de dispersão, a ocorrência de interações interespecíficas (Carpenter, 1987; Daniels e Walters, 2000). Entretanto, outros fatores, além do tamanho do fragmento, podem também ter um papel preponderante na explicação das características de uma população (Laurance, 2008). Nas bordas dos fragmentos, por exemplo, podem ocorrer importantes variações de temperatura, umidade, luminosidade ou velocidade do vento (Rodrigues, 1998). Em certos casos, essas mudanças podem contribuir a uma proliferação de certos organismos (Laurance et al., 2007). Algumas espécies de formigas cortadeiras parecem ter sido beneficiadas com o desmatamento da Mata Atlântica, pois a densidade de colônias de *Atta cephalotes* (L.) e *Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) é quase cinco vezes maior em zonas de borda que no interior da floresta (Wirth et al., 2007). No entanto, de forma geral, alterações significativas de parâmetros climáticos ameaçam a existência das espécies que não conseguem se adaptar às novas condições ambientais (Fahrig, 2003).

Parasitoides seriam mais suscetíveis às mudanças ambientais devido à sua estreita gama de hospedeiros (a maioria das espécies é especialista) e a sua baixa capacidade de dispersão (Godfray, 1994). Almeida et al., (2008) registraram menor número de forídeos em ninhos de *A. cephalotes* situados na borda que nos ninhos situados no interior da floresta.

A expansão da área agrícola sobre áreas de vegetação natural é um processo relativamente constante no Brasil e cresce vertiginosamente a cada ano, provocando de alguma maneira desequilíbrios ecológicos. Conhecer se a relação

entre formigas cortadeiras e forídeos parasitoides é alterada nos distintos sistemas onde estas formigas ocorrem é um aspecto de grande importância para compreender as causas da expansão geográfica de algumas espécies de cortadeiras e para avaliar o potencial de forídeos parasitoides como inimigos naturais em métodos de manejo das formigas pragas.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Áreas de Estudo

O estudo foi realizado no município de Campos dos Goytacazes, estado de Rio de Janeiro (21°45'S; 41°19'L), de julho a dezembro de 2015. A região é considerada de clima tropical úmido (Aw, conforme a classificação climática de Köppen), com verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual é de 24°C, a do mês mais frio 21°C e a do mês mais quente 27°C. A precipitação anual média é de 1.023 mm, com as chuvas concentradas entre outubro e janeiro (Mendonça et al., 2007).

### 4.2. Áreas de coletas

As coletas de insetos foram realizadas em três áreas, sendo mata natural, plantio de eucalipto e agrícola (Figura 1).

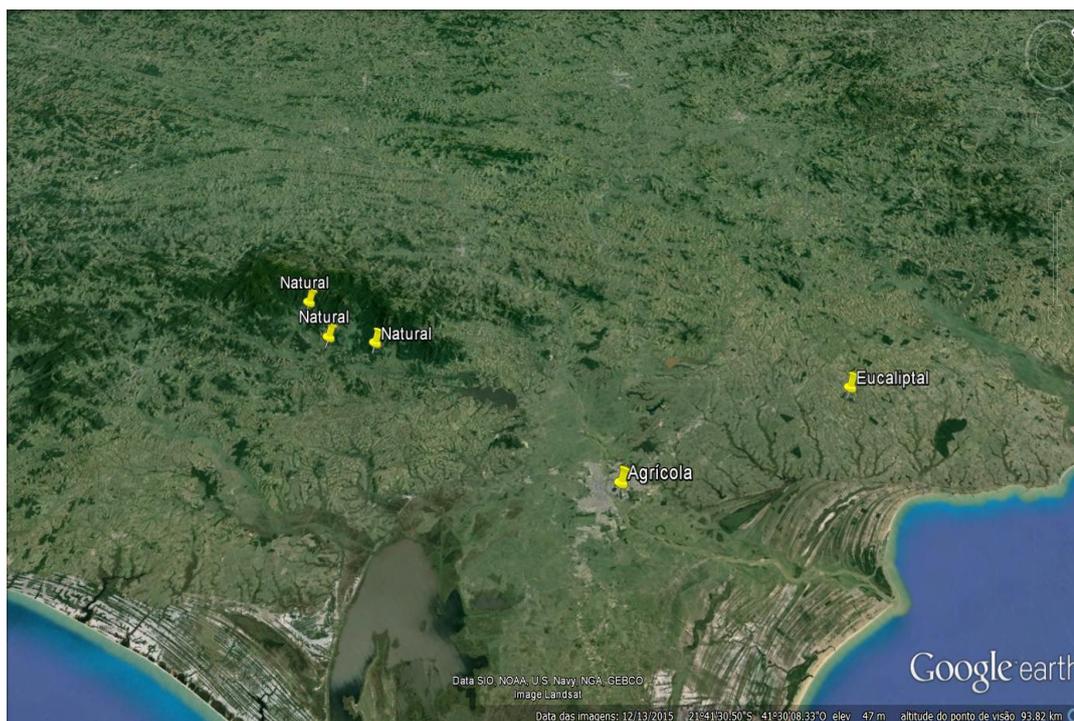


Figura 1. Pontos georreferenciados das áreas de estudo de mata natural, de plantio de eucalipto e agrícola em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

*Área agrícola:* se situa na área da estação agrícola da Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RJ) ( $21^{\circ}44'54.18''S$ ,  $41^{\circ}18'25.14''O$ ) (Figura 2) com aproximadamente 100 hectares. Na área se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays*), côco (*Cocos nucifera* L.), mamão (*Carica papaya* L.), maracujá (*Passiflora* sp.), café (*Coffea arabica* L.), capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), braquiárias (*Brachiaria* sp.), pimenta (*Capsicum* sp. L.) e eucalipto (*Eucalyptus grandis*) (PESAGRO, 2015).

*Área natural:* a área é conhecida como do Sossego do Imbé e pertence ao Parque Estadual do Desengano. O parque possui cerca de 21.400 hectares e está localizada na Região Serrana Norte do Estado de Rio de Janeiro (Figura 3) ( $21^{\circ}52' S$  e  $41^{\circ}47' O$ ). Ocupa parte dos municípios de Santa Maria Madalena, São Fidélis e Campos dos Goytacazes. Os locais de amostragem foram próximos a RJ 190 a aproximadamente 65 km do centro de Campos dos Goytacazes, dentro de propriedades particulares, com fragmentos de Mata Atlântica preservados. A estrutura do habitat apresentou bordas com vegetação secundária, mas no

interior da mata predominou a formação florestal do tipo primária principalmente nos locais com relevo mais íngreme e de difícil acesso. Em algumas áreas de pastagens para prática da pecuária extensivas e destacaram no entorno da mata.

*Área de Plantio de Eucalipto:* a área pertence à empresa LUCAHE-Agropecuária e está localizada a 53 km do centro de Campos dos Goytacazes (21°26'56.7"S, 41°12'18.4"W) (Figura 4). Possui uma área total de aproximadamente 200 hectares que é dividida em talhões que variam entre 5 e 8 anos de idade. O cultivar implantado na área de estudo é *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus Urophylla*).



Figura 2. Paisagem da área agrícola da estação da PESAGRO, RJ de Campos dos Goytacazes.

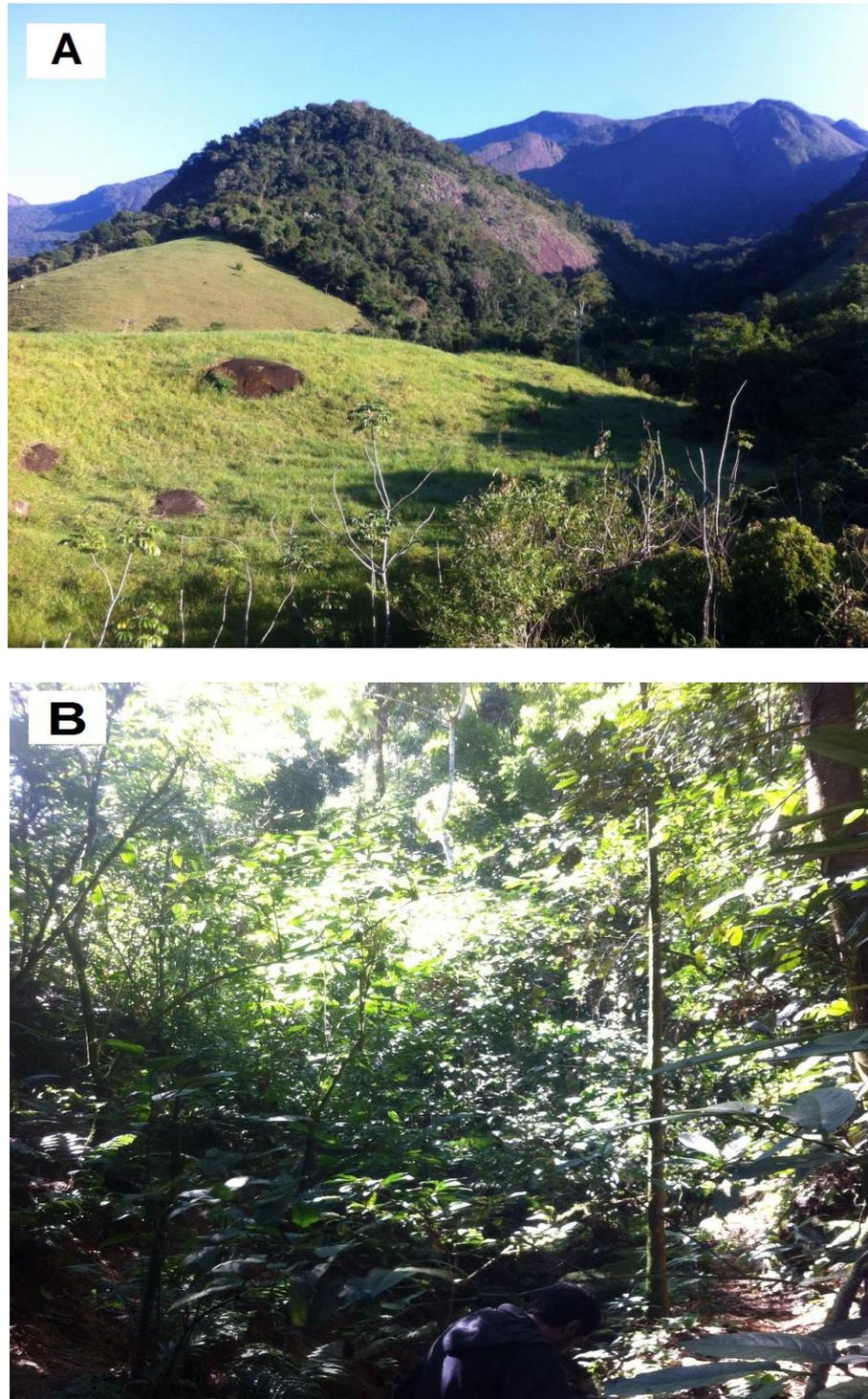


Figura 3. Área natural (fragmentada) próximo ao Parque Estadual do Desengano, localizado a 65 km do centro de Campos dos Goytacazes. (A) Um dos pontos de amostragem em área de borda. (B) Interior da borda onde se coletaram as formigas.

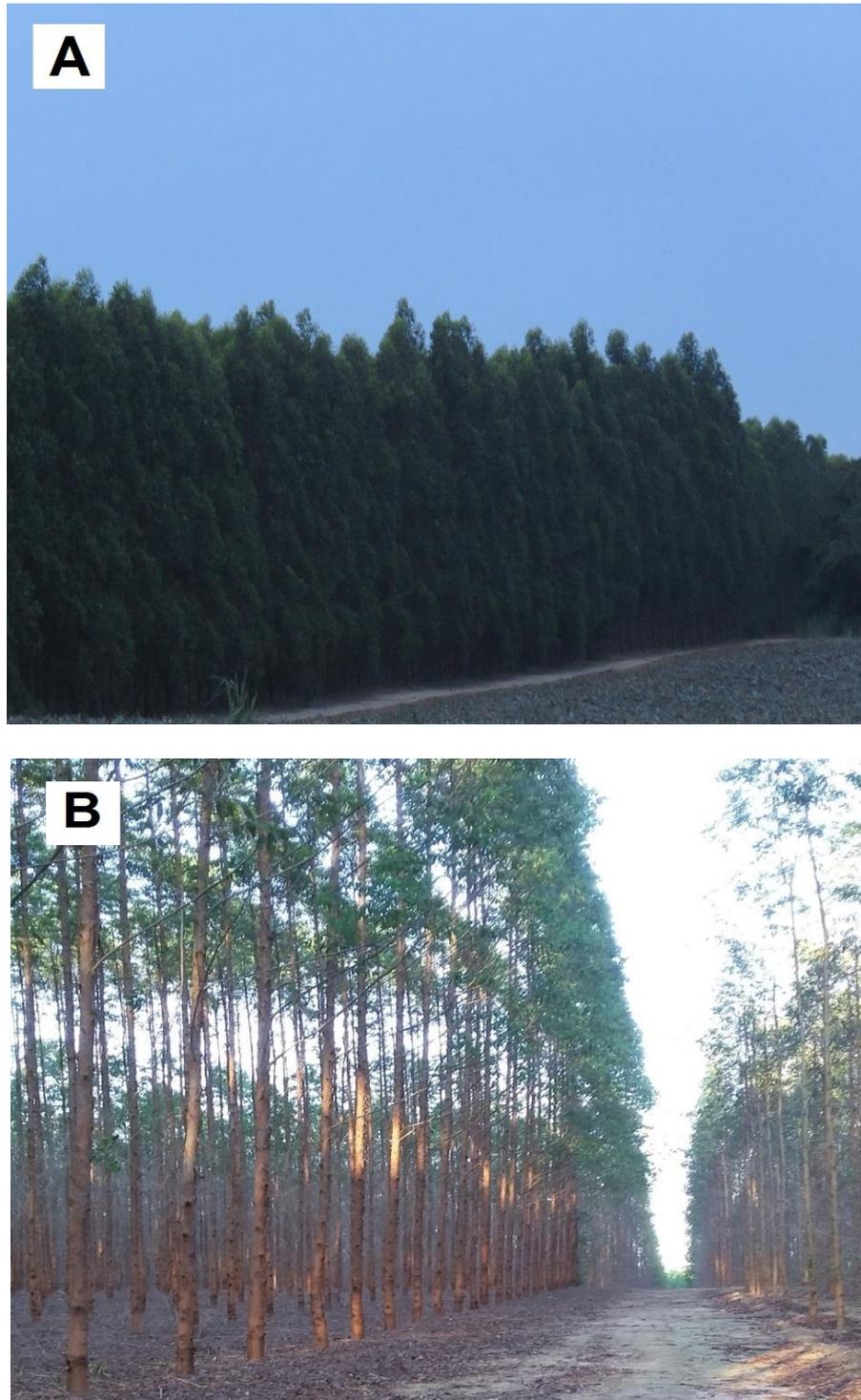


Figura 4. Plantio de *Eucalyptus urograndis* localizado em Campos dos Goytacazes – RJ. (A) vista lateral do plantio de eucalipto. (B) Rua de acesso no interior do plantio.

#### 4.3. Experimento 1: Abundância de forídeos

Em cada uma das três áreas de estudo foram coletados forídeos parasitoides quando esses realizavam sobrevoos e ataques em formigas nas trilhas de quatro ninhos de *A. sexdens*. As coletas foram realizadas nas primeiras horas da manhã ou nas últimas da tarde por um período de 15 minutos enquanto se percorria a trilha de cada ninho. Sessenta sessões de coletas foram realizadas ao longo dos 6 meses de experimentação (julho a dezembro de 2015) totalizando nas três áreas 15 horas de observação (15 min/ninho).

Os insetos foram capturados com aspirador entomológico constituído por mangueira de silicone e tubo Eppendorf® no extremo. O tubo de cada forídeo coletado foi identificado de acordo com data, área de estudo e local de coleta em relação ao ninho (ex: olheiro, trilha, área de corte ou forrageamento). As moscas coletadas nos tubos foram acondicionadas em caixa térmica e transferidas para laboratório.

Em laboratório os forídeos foram sacrificados e identificados por espécie com ajuda de microscópio estereoscópico e utilizando as chaves de identificação (Disney et al., 2006; 2009 e Brown et al., 2010). A confirmação de espécies foi feita por Talles Lavinsky da Universidade de São Paulo (USP).

#### 4.4. Experimento 2: Parasitismo natural em *Atta sexdens*

*Coleta de formigas:* Operárias foram coletadas de seis ninhos de *A. sexdens* em cada uma das três áreas de estudo. De cada ninho foram coletadas pelo menos duzentas operárias. As coletas ocorreram a cada quinze dias desde julho até dezembro de 2015, totalizando 216 amostragens durante todo o experimento. Em cada coleta foram selecionados os ninhos mais ativos e, portanto, não foram geralmente, amostrados os mesmos ninhos.

As formigas foram coletadas aleatoriamente com pinça metálica flexível e colocadas em potes plásticos de 15 cm de diâmetro. As coletas foram realizadas nas primeiras horas do dia (5 h a 10 h) ou em período noturno (19 h a 23 h e 30 min) de acordo com o nível de atividade das formigas ao longo do período de experimentação. No laboratório, as formigas foram transferidas para bandejas

plásticas de 30x20x10 cm e mantidas a  $25\pm 1^{\circ}$  C,  $80\pm 5\%$  UR e 12 h de fotoperíodo (Silva et al. 2007; Gazal et al., 2009).

*Protocolo de obtenção de forídeos adultos:* As formigas coletadas no campo, depois de instaladas no laboratório, foram observadas diariamente e os cadáveres foram isolados individualmente em tubos de ensaio. Esse material foi revisado diariamente e quando larvas ou pupas de forídeo foram detectadas o material foi transferido para copos plásticos de 30 ml, com tampa para evitar escape de adultos. Parte da tampa do recipiente foi substituída por tela tipo “voil” para permitir a ventilação e a base do copo foi preenchida com 2 cm de espessura de gesso dental. O gesso foi umedecido periodicamente para evitar a desidratação dos insetos. Os adultos recém-emergidos foram sacrificados em álcool 70% e a identificação por espécie foi feita com ajuda de microscópio estereoscópico usando as chaves de identificação (Disney et al., 2006; 2009; Brown et al., 2010) (Figura 5). O cálculo da taxa de parasitismo foi feito para cada amostra correspondente a cada ninho.

*Dados climáticos:* dados diários de temperatura, umidade relativa, volume de precipitações e número de horas de chuva foram obtidos da estação climática da Uenf localizada na PESAGRO.



Figura 5. Protocolo de obtenção de forídeos parasitoides de *Atta sexdens* em laboratório a partir de formigas coletadas no campo (A) que foram transferidas para potes plásticos (B) e mantidas com água e solução de sacarose a 15% (C); os indivíduos mortos foram colocados em tubos de ensaio (D) e as pupas ou pupários foram individualizados em copos plásticos (E) até a emergência do adulto (F).

*Variáveis climáticas Análises estatísticas:* A taxa de parasitismo total das distintas áreas e meses foi comparada mediante ANOVA com delineamento em blocos casualizados e as médias comparadas mediante teste de Diferenças Mínimas Significativa de Fisher (DMS). Do mesmo modo, a taxa de parasitismo provocada pelos distintos gêneros ou espécies em cada área e nos meses de estudo foi comparada mediante ANOVA com delineamento inteiramente casualizado. As taxas de parasitismo total e por gênero dos meses foram correlacionadas com as medias mensais de temperatura, umidade relativa, milímetros de precipitações e horas de chuva.

#### 4.5. Experimento 3: Tamanho de cápsula cefálica do hospedeiro

Operárias parasitadas foram separadas e a largura de suas cápsulas cefálicas foi medida em microscópio com ajuda de ocular micrométrica (0,01 mm de precisão). A largura da cabeça foi utilizada como estimador de tamanho do hospedeiro (Wilson, 1980). As operárias atacadas foram categorizadas por intervalos de tamanho de cápsula cefálica (2,0-2,5; 2,51-3,0; 3,0-3,51; 3,5-4,0; 4,01-4,5; 4,51-5,0 mm) e a frequência de ocorrência de parasitismo em cada classe foi estabelecida para os distintos gêneros ou espécies de forídeos. Para *A. attophilus* também foi estabelecido o número de machos e fêmeas de parasitoides produzidos e calculou-se a razão sexual para cada hospedeiro ( $n^{\circ}$  de fêmeas/ $n^{\circ}$ total de parasitoides\*100).

*Análise estatística:* A razão sexual e o número de parasitoides produzidos por hospedeiro foi comparado entre classes de tamanho de hospedeiro mediante anova e a comparação das médias foi feita pelo teste de DMS.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Experimento 1: Abundância de forídeos

No total foram observados 101 forídeos nas três áreas de estudo, mas foram capturados 92 indivíduos. Em 10% dos ninhos não foram encontrados forídeos, em 50% destes coletou-se apenas um indivíduo, em 33% foram coletados dois indivíduos e em 7% dos ninhos coletaram-se três ou mais indivíduos.

A abundância entre áreas não diferiu estatisticamente ( $F_{(2,217)} = 3,07$ ;  $p = 0,45$ ). Na área natural foram observados  $1,02 \pm 1,50$  forídeos/ninho, na área de plantio de eucalipto  $0,81 \pm 0,90$  e na área agrícola  $1,01 \pm 1,00$ . O número total de forídeos capturados em área natural foi de 43, na área de plantio de eucalipto 24 e na área agrícola 34 (Figura 6).

Os parasitoides foram mais abundantes nas trilhas (65,35%) e em olheiros (29,70%). Em áreas de corte e forrageamento foram encontrados apenas 4,95% dos indivíduos (Figura 7).

Somente ocorreram espécies de dois gêneros: *Eibesfeldtphora* e *Myrmosicarius*. As espécies identificadas foram *Myrmosicarius grandicornis*, *Eibesfeldtphora tonhascai*, *Eibesfeldtphora bragancai* e *Eibesfeldtphora inornata* (Figura 8).

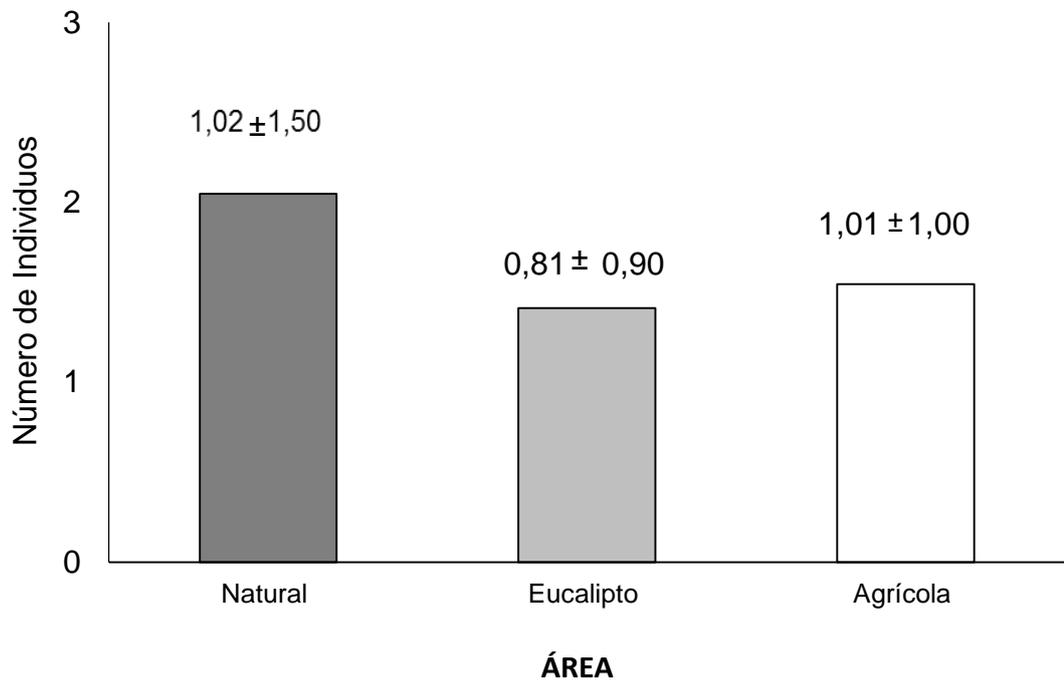


Figura 6. Abundância de forídeos ( $\mu \pm DP$ ) capturados e observados durante seis meses de coleta em área natural, de plantio de eucalipto e agrícola (N = 101).

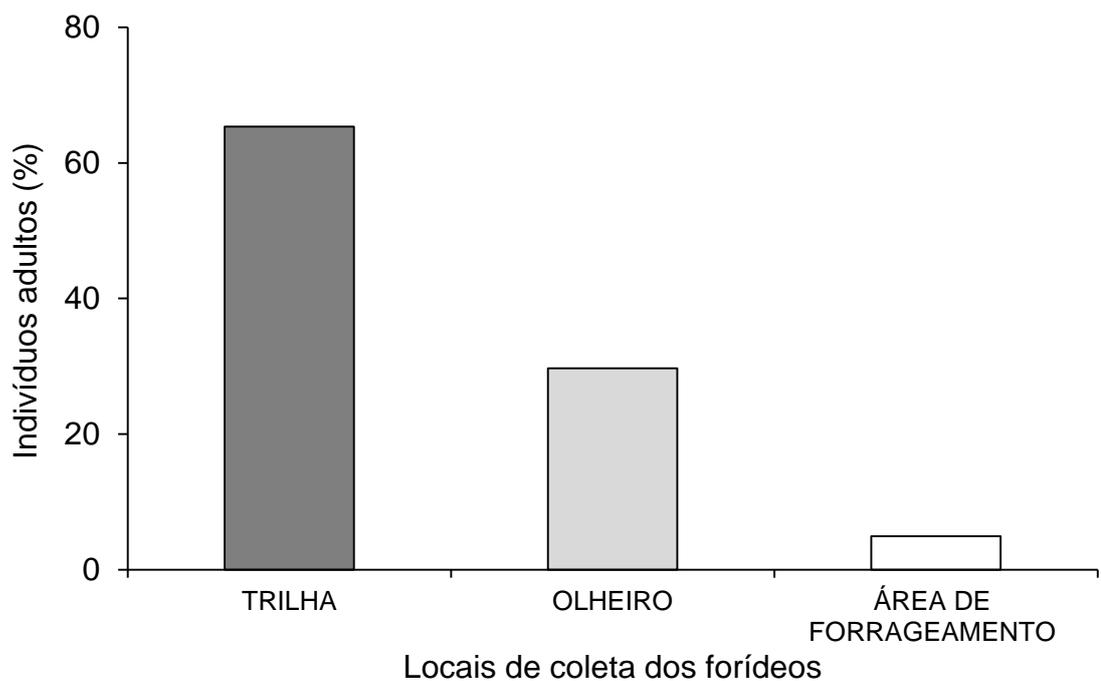


Figura 7. Porcentagem de forídeos coletados em três diferentes locais próximos à ninhos de *A. sexdens* (N=101).

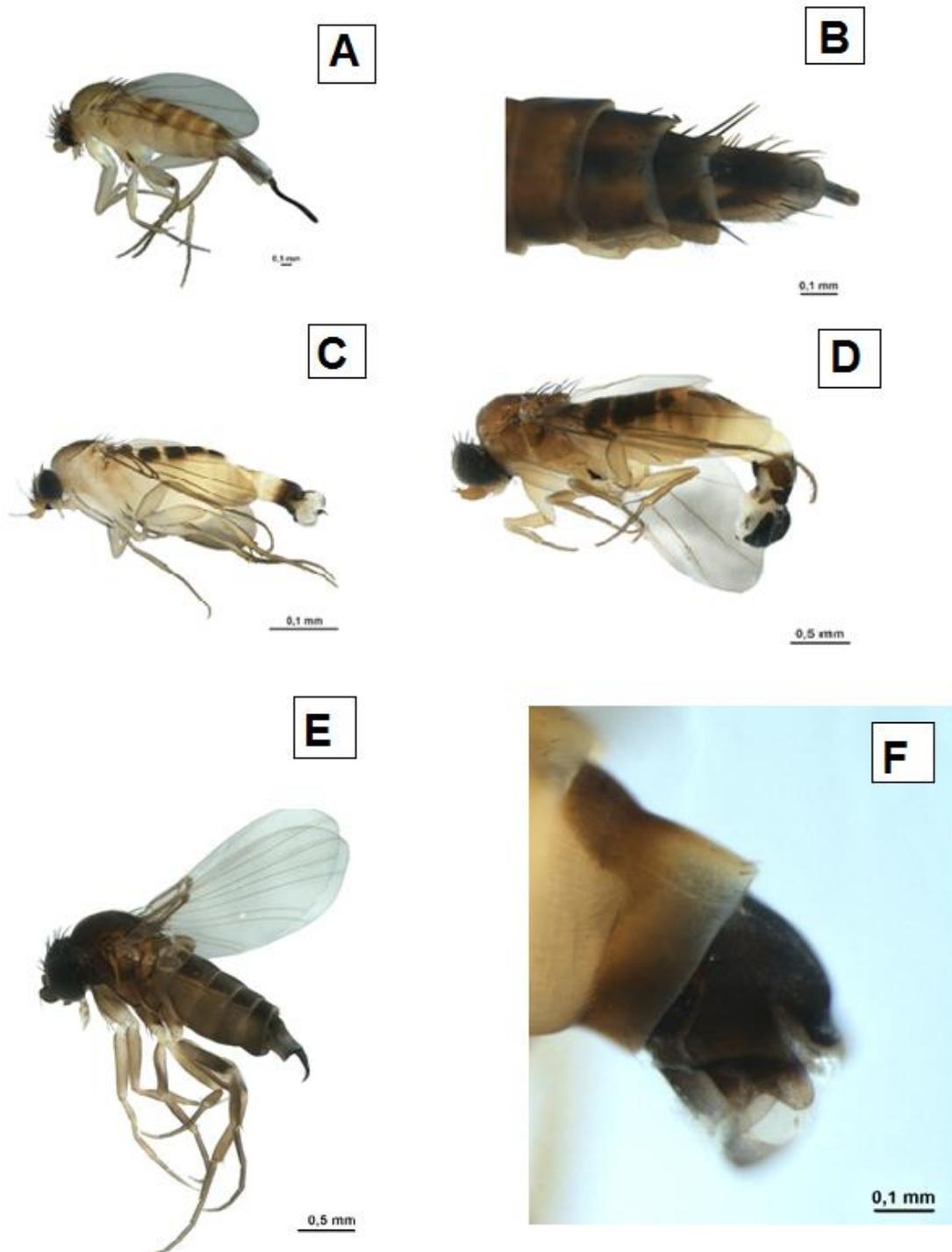


Figura 8. Forídeos coletados/emergidos em *Atta sexdens*: (A) *Apocephalus attophilus*, (B) *Apocephalus vicosae*, (C) *Eibesfeldtphora tonhascai*, (D) *Eibesfeldtphora inornata*, (E) *Myrmosicarius grandicornis* e (F) *Eibesfeldtphora bragancai aff* no norte do estado de Rio de Janeiro. (Foto: Thalles Lavinsky)

## 5.2. Experimento 2: Parasitismo Natural em *Atta sexdens*

Na área de plantio de eucalipto a porcentagem de ninhos com ocorrência de parasitismo foi de 81,94%, em área agrícola 80,55% e em área natural 77,77%.

A taxa média total de parasitismo de operárias das três áreas foi de  $2,53 \pm 0,22\%$ , mas houve diferença significativa entre áreas de estudo ( $F_{(2,191)} = 4,77$ ;  $p < 0,01$ ). Em plantio de eucalipto foi maior ( $3,54 \pm 0,49\%$ ) que em área natural ( $2,42 \pm 0,40\%$ ) e agrícola ( $1,91 \pm 0,39\%$ ) (Figura 9).

Considerando todas as áreas foram identificados forídeos parasitoides de três gêneros: *Eibesfeldtphora*, *Apocephalus* e *Myrmosicarius*. O gênero *Eibesfeldtphora* Disney esteve representado por duas espécies: *E.tonhascai*, *E.bragancai*. O gênero *Myrmosicarius* Borgmeier pela espécie *M. grandicornis*. O gênero *Apocephalus* Coquillett por duas espécies: *A. attophilus* e *A. vicosae* (Figura 7). Como a ocorrência de *A. vicosae* foi muito baixa ( $n=5$ ), nas análises subsequentes deste gênero somente é considerada a espécie *A. attophilus*.

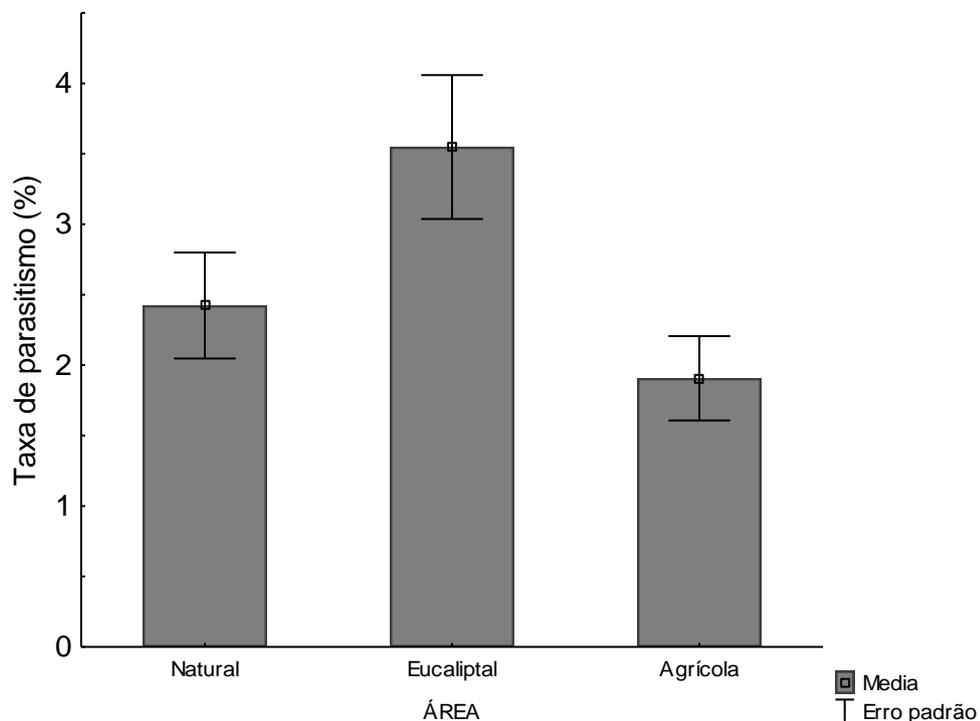


Figura 9. Taxa de parasitismo total de forídeos em *Atta sexdens* em área de mata natural, de plantio de eucalipto e agrícola. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Fisher (DMS) ( $p < 0,01$ ).

A taxa de parasitismo das amostras de ninhos variou de 0% a quase 16% em cada uma das três áreas. Em área natural o máximo foi de 15,96%, em eucaliptal 15,64% e em agrícola 15,63% (Figura 10).

A maioria das amostras (43,51%) tiveram formigas parasitadas por espécies de um único gênero. Parasitados por dois gêneros foram 32,40% e parasitados por três gêneros foram apenas 3,24% das amostras. Aproximadamente 20,83% das amostras de ninhos não sofreram parasitismo (Figura 11). Entre os ninhos que foram parasitados por somente um gênero houve predominância de *Eibesfeldtphora* em área natural (55% dos ninhos), e de *A. attophilus* em plantio de eucalipto e área agrícola (83% e 60%, respectivamente).

A taxa de parasitismo variou significativamente ao longo dos seis meses de experimentação, mas devido a que houve interação significativa área x mês ( $F_{(10,191)} = 4,20$ ,  $p < 0,001$ ), os dados da dinâmica da taxa de parasitismo foram analisados separadamente para cada área de estudo. A área de eucaliptal teve a maior taxa de parasitismo (7,37%) em setembro. Algo similar se observou na área agrícola. Por outro lado, em área natural o pico ocorreu em julho e logo a taxa decresceu gradualmente a cada mês (Figura 12).

A taxa de parasitismo de cada gênero também variou significativamente ao longo dos meses. *Eibesfeldtphora* apresentou diferença significativa entre meses ( $F_{(5,202)} = 5,47$  e  $p < 0,001$ ). O mês com maior índice de parasitismo foi julho. O gênero *Apocephalus* também apresentou diferença significativa com o maior índice de parasitismo em setembro ( $F_{(5,202)} = 9,54$  e  $p < 0,001$ ). O gênero *Myrmosicarius* teve a maior taxa de parasitismo em dezembro ( $F_{(5,202)} = 3,52$  e  $p < 0,01$ ) (Figura 13).

Ao comparar a taxa de parasitismo de cada gênero entre áreas de estudo constatou-se diferença significativa. *Eibesfeldtphora* spp. parasitou mais formigas em área natural ( $F_{(2,205)} = 8,59$ ;  $p < 0,001$ ), *A. attophilus* em plantio de eucalipto ( $F_{(2,205)} = 9,05$ ;  $p < 0,001$ ) e *M. grandicornis* teve a menor taxa de parasitismo em área natural ( $F_{(2,205)} = 3,91$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 14).

Em cada área de estudo houve predominância de um ou dois gêneros de forídeos. Em área natural *Eibesfeldtphora* spp. e *A. attophilus* apresentaram taxas superiores a *M. grandicornis* ( $F_{(2,213)} = 10,26$ ;  $p < 0,001$ ). Em plantio de eucalipto ( $F_{(2,213)} = 30,46$ ;  $p < 0,001$ ) e em área agrícola *A. attophilus* foi dominante ( $F_{(2,213)} = 9,41$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 15).

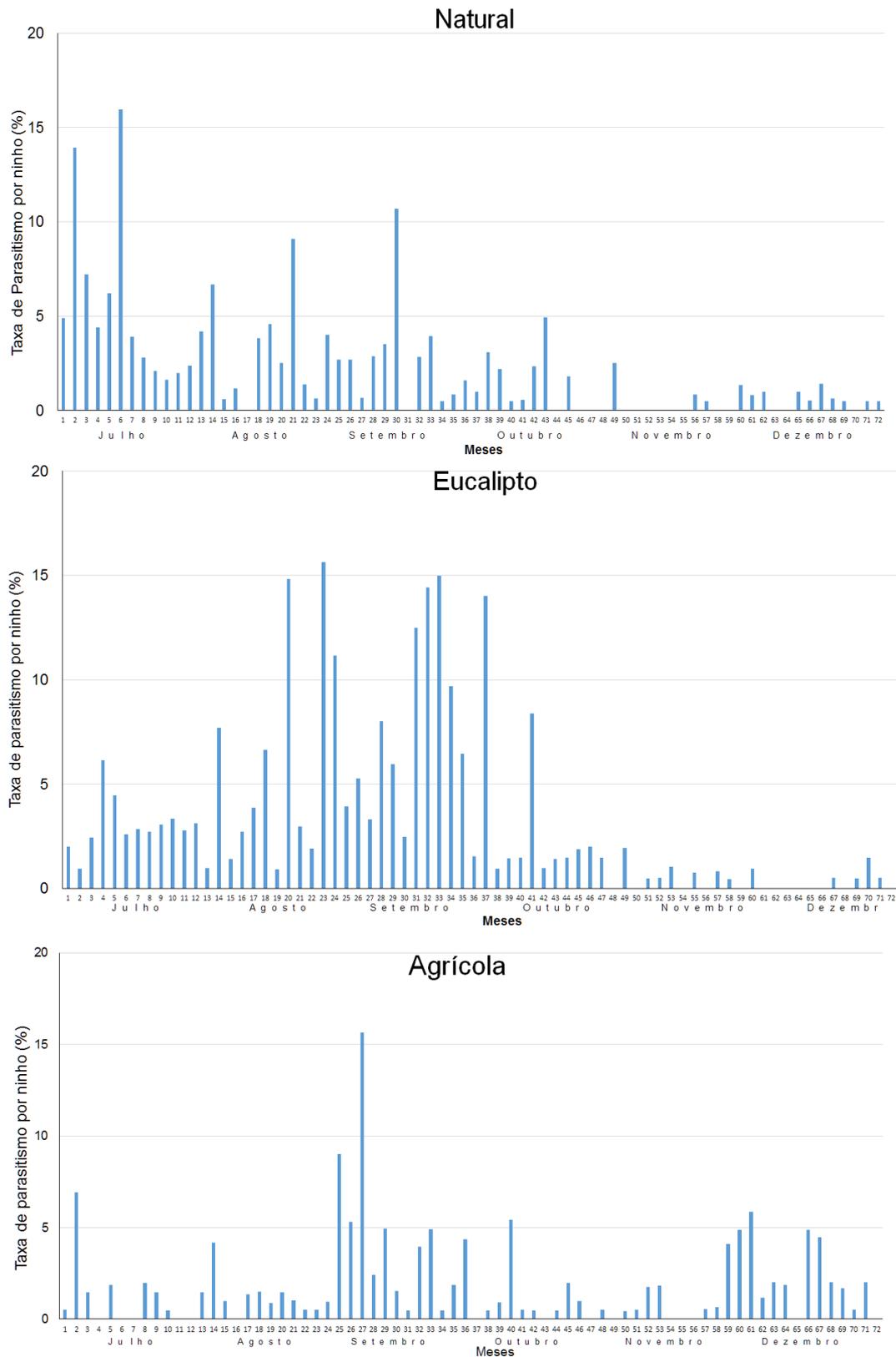


Figura 10. Taxa de parasitismo das amostras de ninhos de *A. sexdens* de área natural, de plantio de eucalipto e agrícola entre os meses de julho e dezembro de 2015 (N=72).

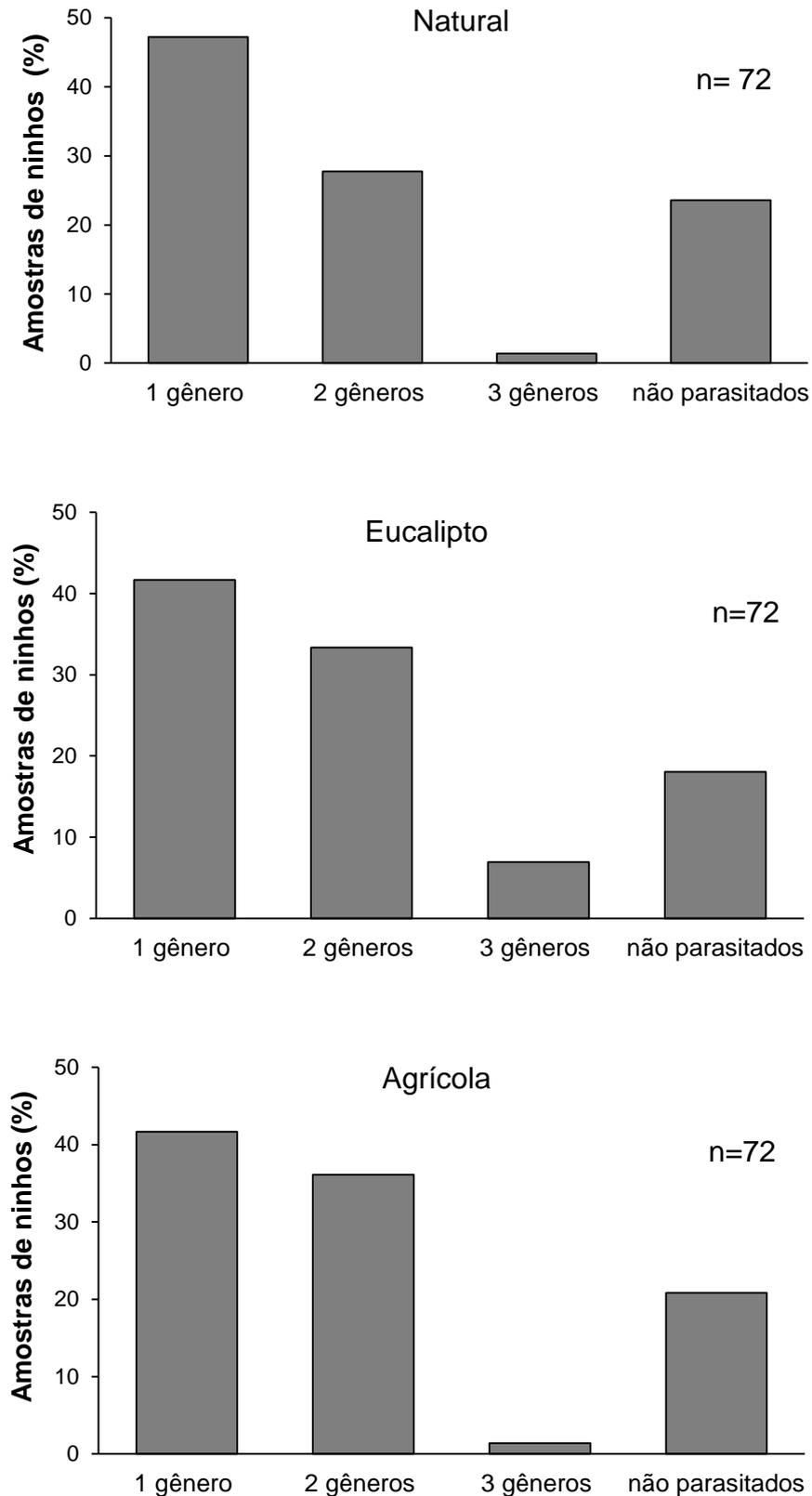


Figura 11. Porcentagem de ninhos amostrados de *Atta sexdens* (N=72) parasitados por 1,2 ou 3 gêneros de forídeos e não parasitados e em área natural, de plantio de eucalipto e agrícola.

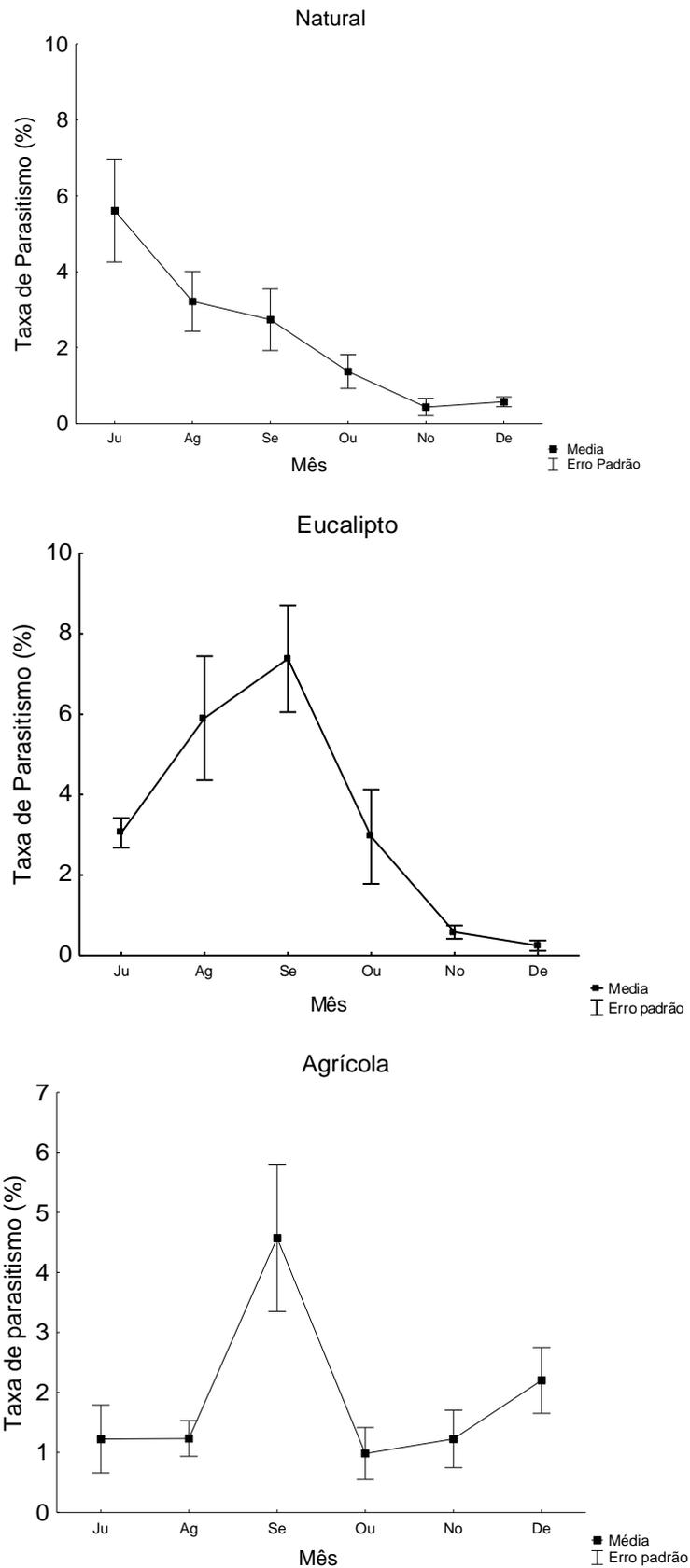


Figura 12. Taxa de parasitismo provocada por forídeos parasitoides à formiga *Atta sexdens* em área natural, de plantio de eucalipto e agrícola nos meses de julho a dezembro de 2015.

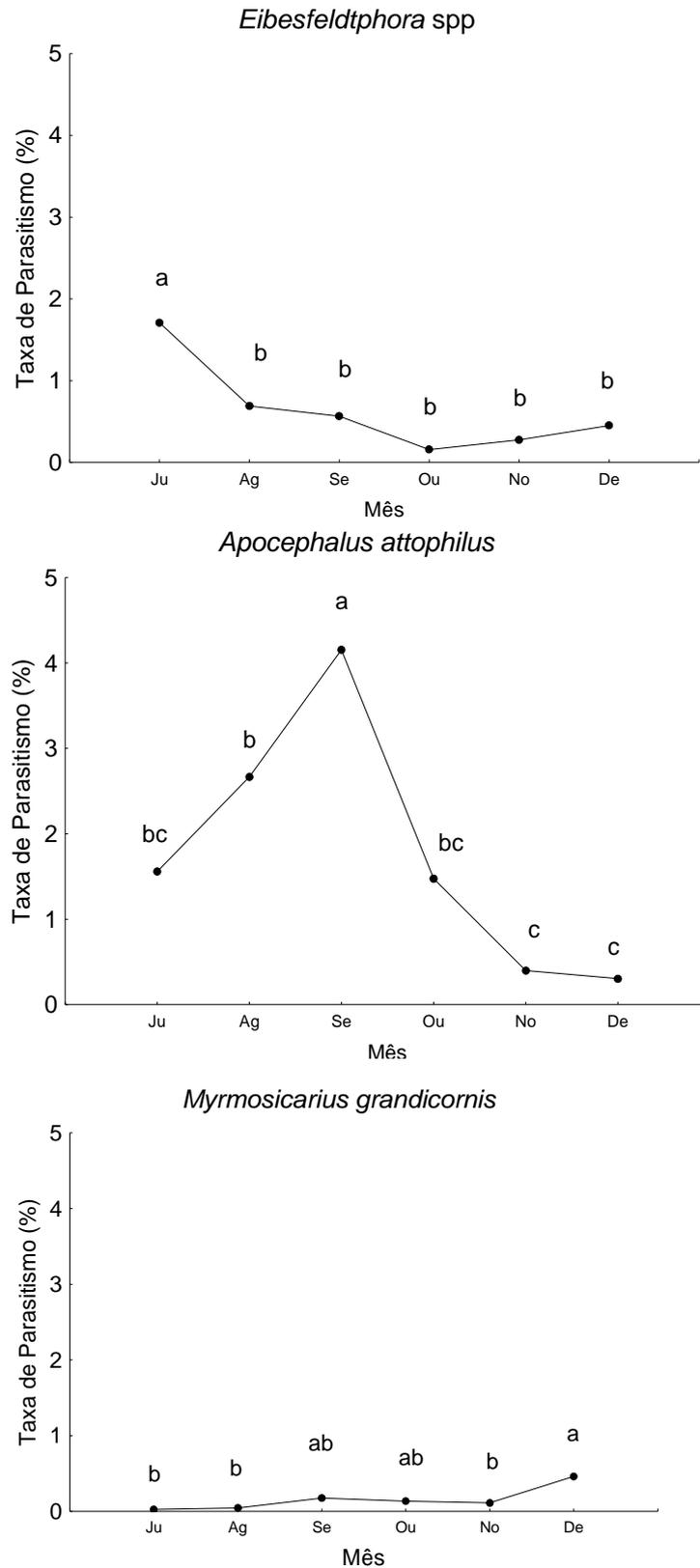


Figura13. Taxa média de parasitismo (%) de ninhos de *Atta sexdens* provocada por *Eibesfeldtphora* spp, *Apocephalus attophilus* e *Myrmosciarius grandicornis* nos meses de julho a dezembro de 2015 no Norte do estado de Rio de Janeiro. Letras distintas indicam diferença significativa (teste DMS) ( $p < 0,05$ ).

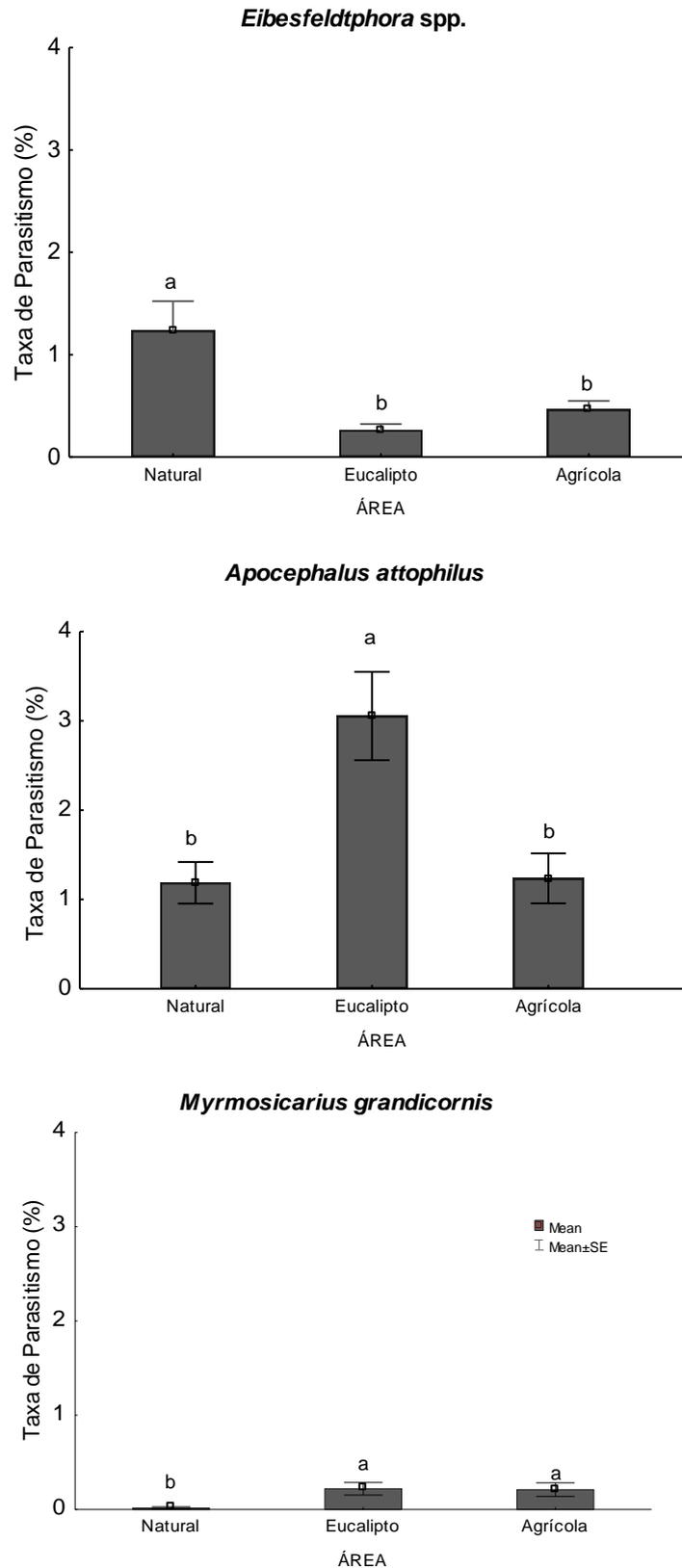


Figura 14. Taxa de parasitismo de ninhos de *Atta sexdens* de área natural, de plantio de eucalipto e agrícola provocadas por *Eibesfeldtphora* spp., *Apocephalus attophilus* e *Myrmosciarius grandicornis*. Letras diferentes indicam diferença significativa (teste de DMS de Fisher,  $p < 0,05$ ).

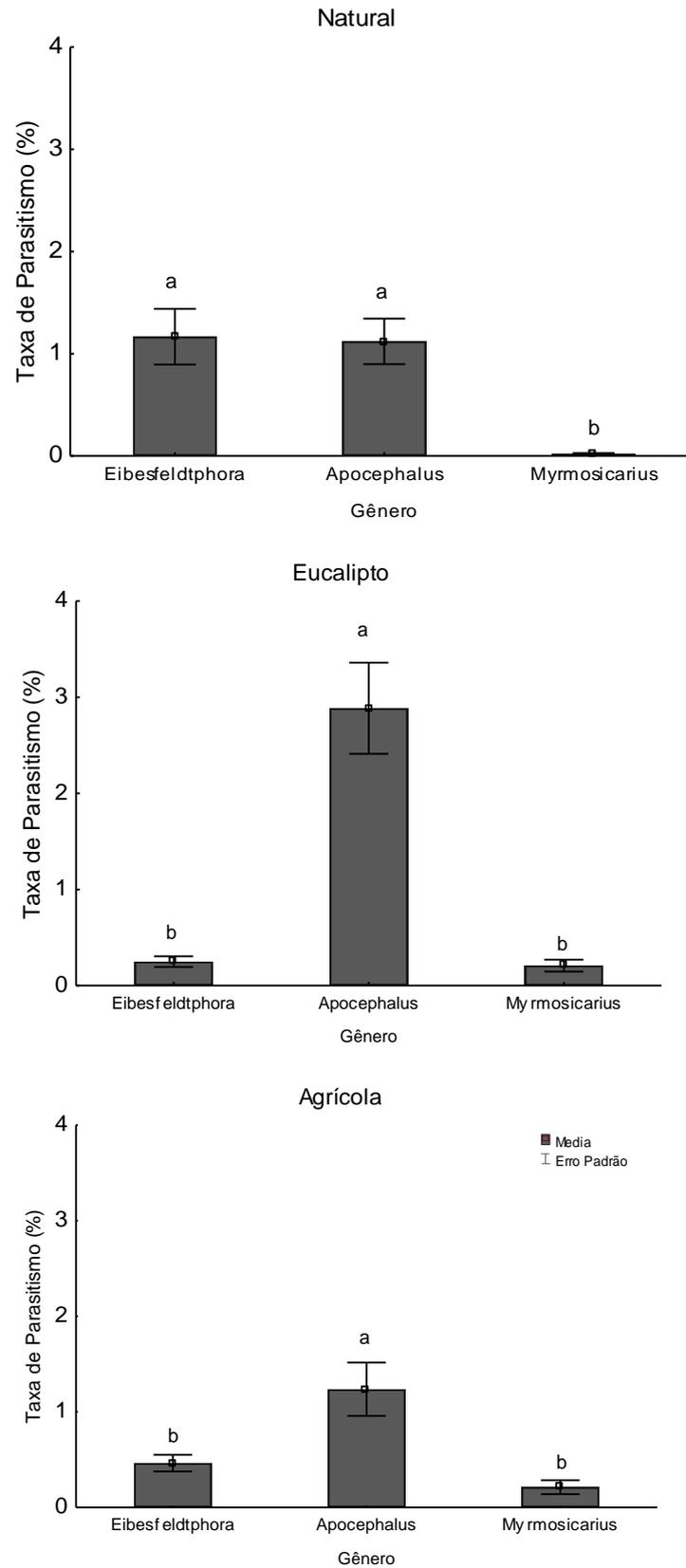


Figura 15. Taxa de parasitismo de ninhos de *Atta sexdens* provocadas por *Eibesfeldtphora* spp., *Apocephalus attophilus* e *Myrmosicarius grandicornis* em área de mata natural, de plantio de eucalipto e agrícola. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de DMS de Fisher ( $p < 0,05$ ).

Ao analisar a taxa de parasitismo total em função das variáveis climáticas consideradas constatou-se que nenhum índice de correlação foi significativo. A taxa de parasitismo parece acompanhar a curva de número de horas de precipitação mensal, mas a correlação não foi significativa (Figura 16).

As taxas de parasitismo por gênero tiveram altos índices de correlação ( $>0.70$ ) com temperatura, mas somente foi significativa, a correlação entre taxa de parasitismo de *A. attophilus* e temperatura (Spearman  $r = -0.87$ ,  $n=6$ ;  $p=0.04$ ). Como a correlação foi significativa a taxa de parasitismo de *A. attophilus* se reduz à medida que aumenta a temperatura média mensal. Temperaturas maiores nos últimos meses do ano provocam concentração da atividade de forrageamento das formigas durante a noite. Isto poderia explicar parcialmente a redução do parasitismo observado nos meses mais quentes. Também foi significativo o índice de correlação entre taxa de parasitismo de *M. grandicornis* e horas de chuva (Spearman  $r=0.92$ ;  $n=6$ ,  $p=0.007$ ) (Figura 16), deste modo, as taxas de parasitismo deste forídeo incrementaram inesperadamente com o aumento da média do número de horas mensal. Uma análise minuciosa do momento de ocorrência das chuvas poderá ajudar a entender esse possível efeito ambiental.

A taxa de emergência de forídeos adultos em laboratório variou para cada gênero. As espécies do gênero *Eibesfeldtphora* spp. tiveram uma taxa de emergência de 23% sobre 229 pupas. A taxa de *M. grandicornis* foi de 79% sobre 98 pupas e a de *A. attophilus* foi de 88% sobre 241 pupas, com uma produção média de  $4,00 \pm 2,50$  pupas/hospedeiro ( $n=382$ ).

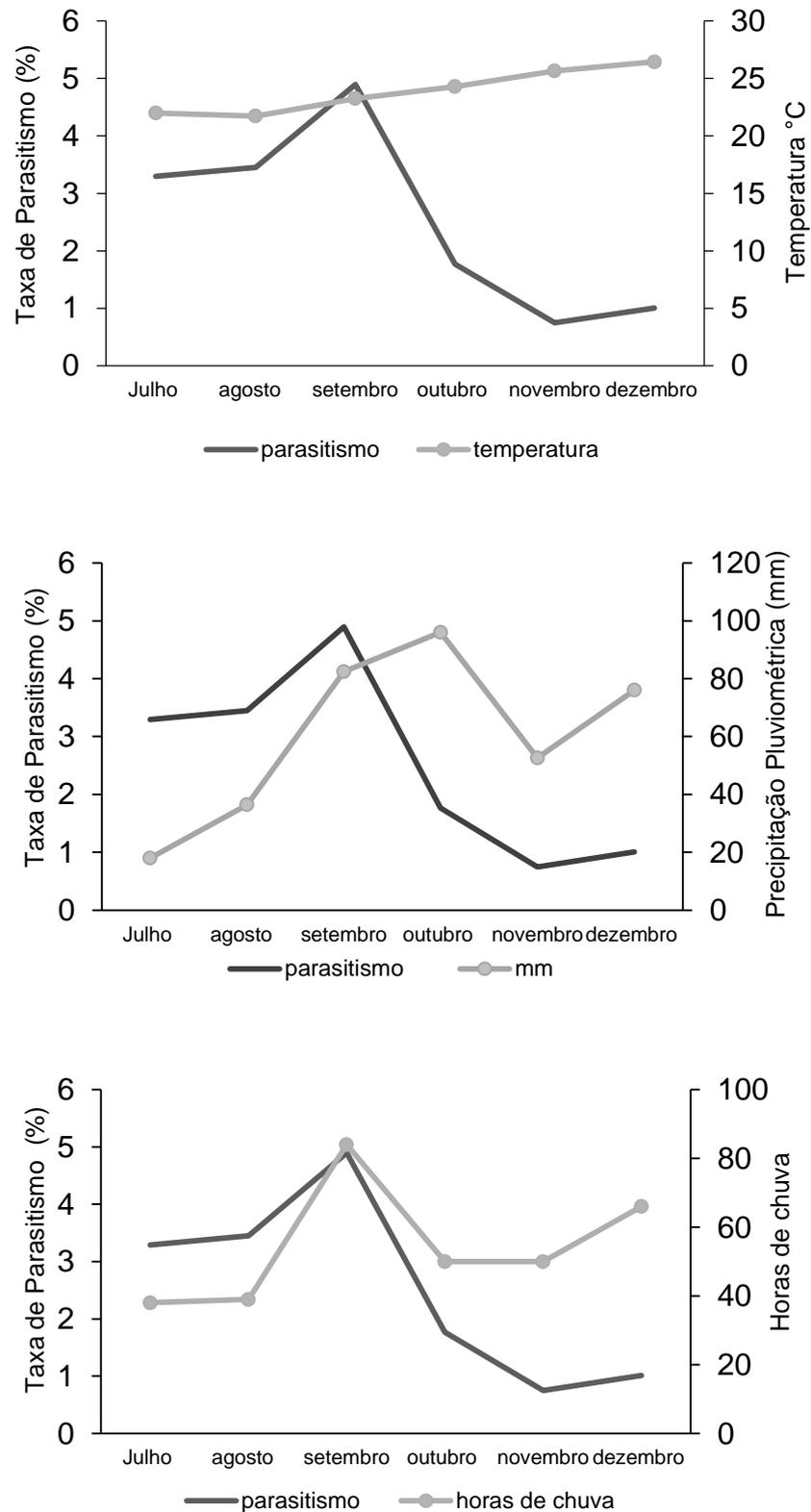


Figura 16. Curva da taxa de parasitismo de forídeos na formiga *Atta sexdens* entre julho e dezembro de 2015 e curva de temperatura em °C, de precipitações mensais em (mm) e de total de horas de precipitações mensais em Campos dos Goytacazes, RJ.

### Experimento 3: Tamanho de cápsula cefálica do hospedeiro

A maior porcentagem de parasitismo provocado por forídeos do gênero *Eibesfeldtphora* (28,12%) ocorreu em operárias da classe de tamanho 3,0-3,5 mm (Figura 17). *Apocephalus attophilus* provocou também altas taxas de parasitismo na mesma classe (28,38%), porém estes parasitoides atacaram operárias de um intervalo de tamanho maior (2,3-5,5 mm vs. 2,3 a 5,0 mm de *Eibesfeldtphora* spp.) (Figura 17). *M. grandicornis* parasitou apenas operárias de duas classes de tamanho (2,0-2,5 e 2,51-3,0 mm) (Figura 17).

A razão sexual encontrada para *Eibesfeldtphora* spp. foi 0.46 (n=28), para *M. grandicornis* 0.52 (n=48) e para *A. attophilus* 0.48 (n=1340). Nenhuma diferiu significativamente de uma razão sexual 1:1 (teste de  $\chi^2$  não significativo).

O número de pupas produzidas por *A. attophilus* variou 1 a 17 pupas/hospedeiro. O número médio de pupas aumentou de acordo com o tamanho da cápsula cefálica do hospedeiro ( $F_{(5,224)} = 10,22$ ;  $p < 0,001$ ). O maior número de pupas ocorreu na classe de 4,51 a 5,0 mm com média de  $8,88 \pm 5,44$  (Figura 18).

A razão sexual dos parasitoides de *A. attophilus* emergidos de hospedeiros de menor e maior tamanho (classes 2,0-2,5 mm e 4,51-5,0 mm, respectivamente) foi de 0.55, mas, não diferiu significativamente de uma razão sexual de 1:1 (teste  $\chi^2$  não significativo).

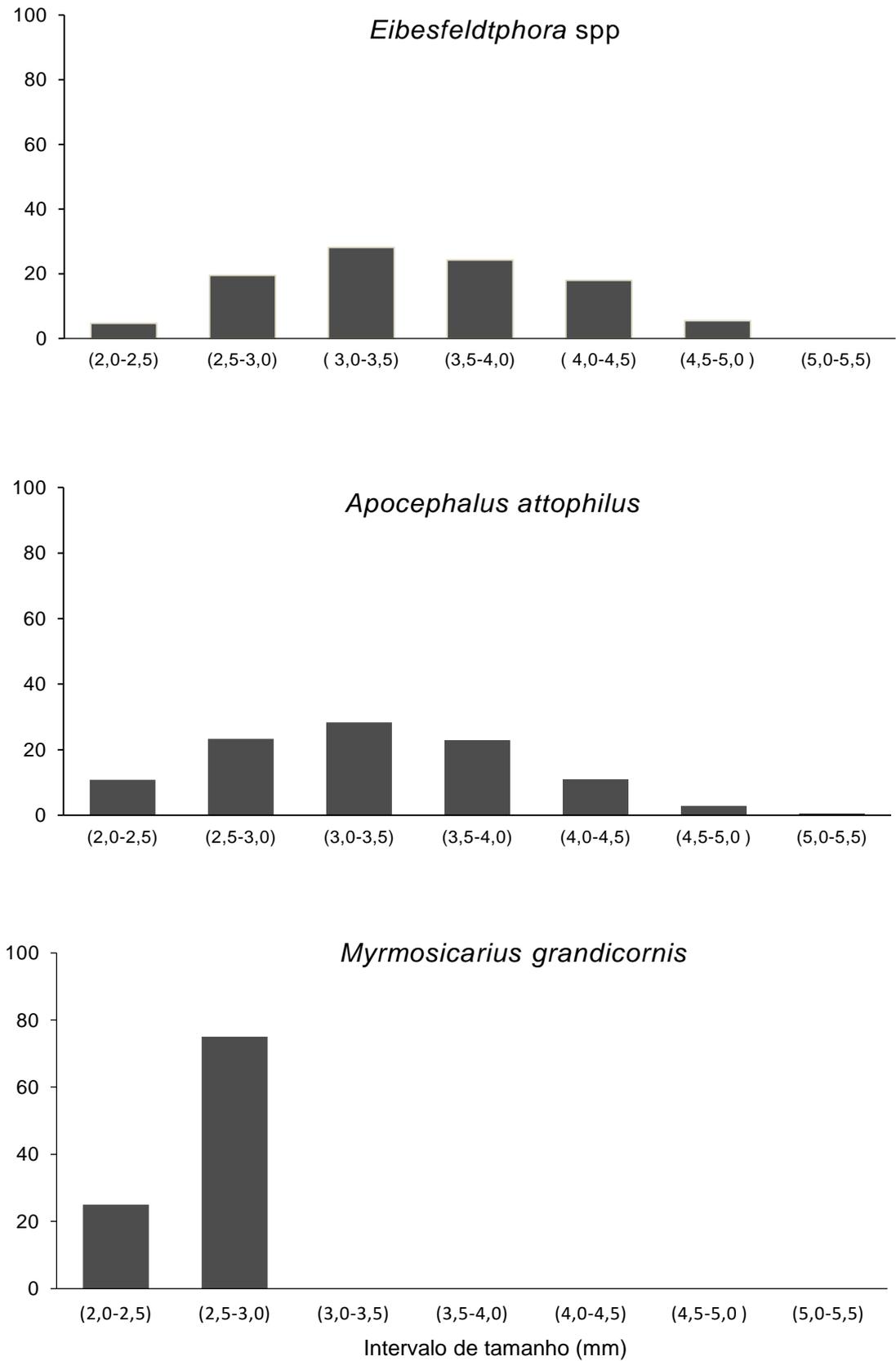


Figura 17. Porcentagem de operárias de *Atta sexdens* de distintas classes de tamanho que foram parasitadas por *Eibesfeldtphora* spp.; *Apocephalus attophilus* e *Myrmosicarius grandicornis*.

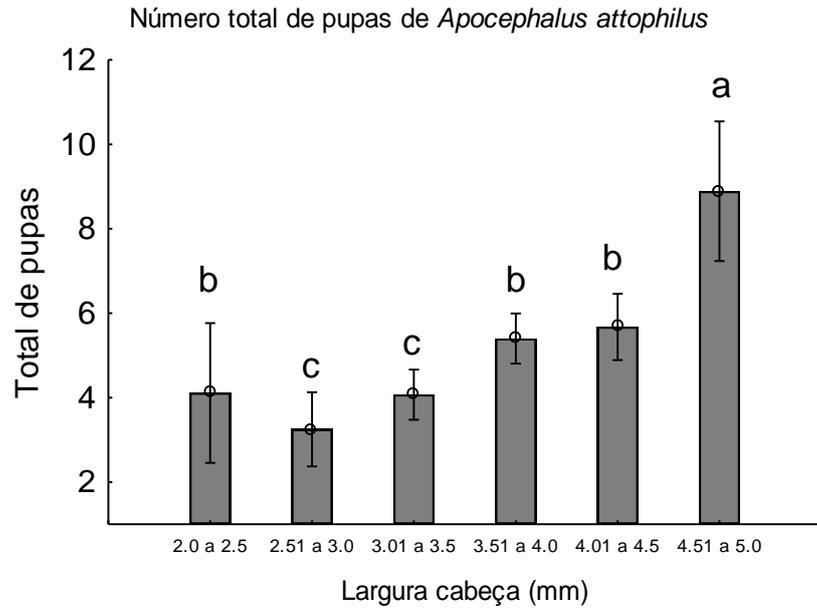


Figura 18. Número total de pupas de *Apocephalus attophilus* produzidas por operárias de *Atta sexdens* de distinto tamanho de cápsula cefálica. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de DMS de Fisher ( $p=0,05$ ).

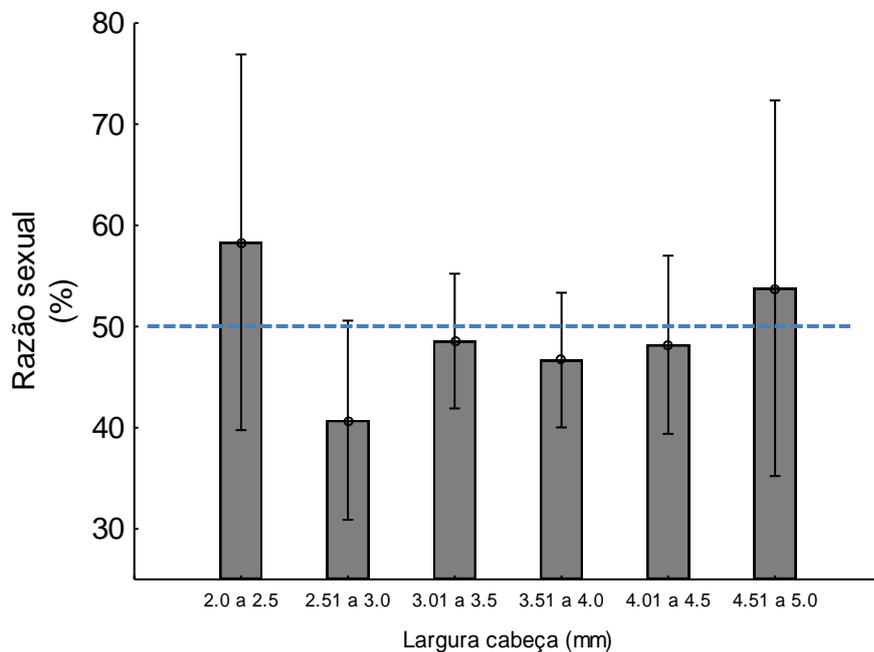


Figura 19. Razão sexual (%) de forídeos de *Apocephalus attophilus* (número de fêmeas/número de machos\*100) que emergiram de operárias de distinta largura da cabeça (2.0-2.5; 2,51-3,0; 3,01-3,5; 3,51-4,0; 4,01-4,5; 4,51-5,0; 5,01-5,5). Linha pontilhada representa uma razão sexual 1:1. Anova ( $p>0,05$ ).

## 6. DISCUSSÃO

Cinco espécies de parasitoides foram coletadas quando atacavam operárias de *A. sexdens*: *E. inornata*, *E. bragancai*, *E. tonhascai* e *M. grandicornis*.

*Eibesfeldtphora tonhascai* e *M. grandicornis* já foram relatados como parasitoides de *A. sexdens* nos estados de Minas Gerais, Goiás e Rio de Janeiro (Tonhasca et al., 2001, Silva et al., 2008; Pesquero et al., 2010; Souza 2013). A ocorrência de *E.inornata* constitui o primeiro registro no estado de Rio de Janeiro, mas ataques desta espécie à *A. sexdens* já foram relatados em Minas Gerais e no Amazonas, mas em ambos os casos não houve confirmação de parasitismo (Uribe et al., 2014). A não emergência de nenhum adulto no experimento de taxa de parasitismo impossibilita a confirmação desta espécie como parasitoide de *A. sexdens*, mas devido a que a taxa de emergência de adultos deste gênero foi muito baixa (<30%) também não reforça a idéia contrária. De qualquer maneira, os relatos de ataques deste forídeo à *A. sexdens* em distintas latitudes sugerem que um processo de adaptação ao parasitismo em um novo hospedeiro pode estar em andamento (Pereira e Lomônaco, 2001).

Duas espécies consideradas parasitoides frequentes de *A.sexdens*, *E.elongata* e *E.declinata*, não foram registradas nos levantamentos. Os seis meses de amostragem podem não ter compreendido o período de ocorrência dessas espécies, pois variações importantes podem acontecer ao longo do ano (Bragança e Medeiros, 2006; Elizalde e Folgarait, 2011; Silva et al., 2008; Guillade e Folgarait 2011). Por outro lado, no estado de Minas Gerais, *E. elongata* aparece como espécie dominante do gênero e *E.tonhascai* é a menos frequente (Silva et al., 2008). Em nossos experimentos, *E. tonhascai* mostra uma clara dominância entre as espécies do gênero, pois 90% do parasitismo do gênero correspondeu a esta espécie. É provável que espécies do gênero *Eibesfeldtphora* tenham sofrido processos de evolução divergente que deram origem a espécies mais adaptadas aos distintos ambientes no qual o hospedeiro prospera (Elizalde e Folgarait, 2010). Deste modo, em cada ambiente uma espécie ocuparia total ou majoritariamente o nicho de outras do mesmo gênero. No norte do estado de Rio de Janeiro, *E. tonhascai* ocuparia o nicho que *E. elongata* ocupa em certas regiões do estado de Minas (Silva et al., 2008).

A técnica utilizada de coleta direta de forídeos adultos não demonstrou ser eficiente para avaliar abundância de forídeos parasitoides, pois não foram capturados nem observados forídeos do gênero *Apocephalus* em nenhuma das três áreas. Além disso, o maior número de forídeos coletados foi registrado em área natural. Ambos os resultados contrastam com os obtidos no experimento 2 no qual utilizando a técnica de coleta de operárias que é de eficiência comprovada (Elizalde e Folgarait, 2011) foi determinado que as maiores taxas de parasitismo ocorreram em plantio de eucalipto e que foram provocadas por *A.attophilus*. A não detecção de espécimes de *Apocephalus* spp. nas trilhas e olheiros pode ter sido consequência do ritmo de atividade e comportamento de ataque diferente dessas espécies que poderia ter dificultado sua visualização (Bragança et al., 2008). Essa espécie executa ataques mediante aproximações sem sobrevoos ao hospedeiro (Erthal e Tonhasca, 2000; Tonhasca e Bragança, 2000) somado ao pequeno tamanho, que pode ter dificultado sua visualização no campo. Estudos em laboratório que permitam determinar o ritmo de atividade e as condições de luminosidade nas quais ocorre o comportamento de ataque permitiriam obter informações essenciais para um melhor delineamento de experimentos a campo que envolva esta espécie.

O experimento de taxa de parasitismo demonstrou que 80% dos ninhos amostrados foram parasitados por forídeos. Este valor foi similar nas três áreas e implica que aproximadamente 20% dos ninhos amostrados (n=216) conseguiram escapar ao parasitismo em algum momento do experimento e isto, independentemente, do ambiente. Amostragens de diversas espécies de cortadeiras na Argentina mostraram parasitismo em todos os ninhos ao longo de todo o ano (Elizalde e Folgarait, 2011). No entanto, ninhos sem parasitismo têm sido relatados no Brasil por Erthal (1999) e Bragança e Medeiros (2006). As formigas poderiam evitar o parasitismo dificultando sua detecção por meio de camuflagem, tanatose, ou ficando quimicamente “invisíveis” (Breed et al.,1992; Lenoir et al.,2001), se defendendo do ataque ou fugindo do parasitoide (Wetterer, 1990; Orr,1992; Elizalde e Folgarait, 2012; Bailez 2013). Fenômenos imunológicos podem também destruir ovos ou dificultar o desenvolvimento da larva e evitar, assim, as consequências do parasitismo (Vinson e Iwantsch, 1980; Bailez, 2013). Pesquisas orientadas a desvendar se a ocorrência desse fenômeno de ausência de parasitismo é consequência do acaso ou de mecanismos de resistência seriam de grande interesse para avaliar corretamente a eficiência dos forídeos sobre as distintas populações de formigas.

Taxas de parasitismo de até 16% foram registradas em vários ninhos e nas três áreas de estudo. Outros autores também registraram taxas de parasitismo excepcionalmente elevadas. Pesquero (2010) relatou uma taxa de 12% em *A. sexdens* e Elizalde e Fogarait (2011) uma taxa de 35% em *Atta vollenweideri*. Entretanto, estes resultados surgiram de um tamanho amostral muito pequeno ou corresponderam aos dados de só um ninho, respectivamente. Altas taxas de parasitismo podem ser consequência de variabilidade genética dos hospedeiros ou de amostragens pouco representativas (Pesquero et al.,2010).

Variações importantes na ocorrência de forídeos e das taxas de parasitismo já foram associadas por outros autores a outras épocas do ano (Tonhasca, 1996; Bragança e Medeiros, 2006; Silva et al., 2008, Elizalde e Folgarait, 2011). Além disso, amostras tomadas em curtos períodos de tempo podem distorcer os valores devido a efeitos ocasionais de curta duração. As altas porcentagens de parasitismo constatadas em nosso trabalho expressam um elevado potencial dos forídeos para uso em controle biológico de formigas cortadeiras. Taxas menores que 3% foram consideradas suficientes para

empreender programas de controle de formiga lava-pés nos Estados Unidos com forídeos do gênero *Pseudacteon* (Morrison e Porter, 2005; Morrison, 2012). Por tudo isso, entender quais fatores são responsáveis pela alta variação do parasitismo de ninhos aparece como uma das perguntas para se responder em pesquisas futuras.

A taxa de parasitismo total para as três áreas foi 2,53% e se situa entre as taxas descritas na literatura em estudos similares (0,35%) (Souza, 2013) e 2,6% (Erthal, 1999). Em área natural, a taxa de parasitismo foi de 2,35% e constitui o primeiro registro para *A. sexdens* em áreas de Mata Atlântica no estado de Rio de Janeiro. Em ambiente de vegetação natural Souza (2013) relatou uma taxa de parasitismo de apenas 0,35%, mas o ambiente foi de cerrado fragmentado no Nordeste brasileiro. Em área agrícola mista a taxa de parasitismo foi de 1,91% e constitui o primeiro registro para este tipo de agossistema, pois não existem outros registros em áreas de atividade agrícola para serem utilizados como parâmetro de comparação. A maior taxa de parasitismo foi constatada em área de plantio de eucalipto.

As maiores taxas de parasitismo eram esperadas em área natural, pois ambientes naturais favorecem a preservação das interações entre organismos (Pickett e White, 1985; Philpot et al., 2010). Entretanto, alguns trabalhos relatam que algumas espécies podem ser beneficiadas pela degradação do ambiente natural (Laurance et al., 2007, Wirth et al., 2007). A maior taxa de parasitismo (3,8%) em nosso trabalho aconteceu em plantio de eucalipto ainda em um valor maior ao registrado por Erthal (1999) na mesma região (2,6%). *Apocephalus atrophilus* foi o forídeo responsável por quase 80% do parasitismo em plantio de eucalipto, no entanto que, em áreas de vegetação natural, apenas 50% da taxa total de parasitismo corresponde a esta espécie. Em área agrícola, a taxa de parasitismo deste forídeo também não mostrou uma redução em comparação com a taxa de parasitismo observada em área natural. Deste modo, esta espécie parece se adaptar bem aos diferentes ambientes nos que seu hospedeiro se desenvolve. Algo similar se observa em relação a *M. grandicornis*, pois as taxas de parasitismo em área agrícola e de plantio de eucalipto foram maiores que em ambiente natural. Perturbações do habitat natural muitas vezes são suficientes para provocar mudanças microambientais importantes que afetam os forídeos parasitoides (Wuellner e Saunders, 2003; Almeida e Queiroz, 2009; Guillade e

Folgarait, 2011), mas neste trabalho verificamos que o efeito ambiental varia muito com a espécie, pois as espécies de forídeos mostraram uma adaptabilidade diferenciada a esses ambientes aos quais são submetidos na procura do hospedeiro. *Apocephalus attophilus* e *M. grandicornis* não parecem afetados pela falta do habitat natural, mas as espécies do gênero *Eibesfeldtphora* em conjunto mostraram uma redução significativa da taxa de parasitismo em área agrícola e em eucaliptal. Deste modo, a transformação ambiental provocada pela atividade agrícola nas áreas de estudo pode ter alterado a dinâmica populacional das espécies de forídeos parasitoides (Folgarait et al., 2003; Almeida e Queiroz 2009). No entanto, as mudanças ambientais não parecem ter alterado o microambiente de desenvolvimento dos forídeos nem as relações interespecíficas de forma tão significativa (Dale et al., 2001, Del-Claro e Torezan-Silingardi, 2009; Philpot et al., 2010; Barbosa et al., 2015) ao ponto de provocar exclusão de espécies (Philpot et al., 2010; Pickett e White 1985; Folgarait, 1998; Fahrig, 2003), pois as espécies de parasitoides que atacam *A. sexdens* nos ambientes modificados e natural são os mesmas.

Plantios de eucalipto apresentam como principal diferença com a paisagem de florestas naturais a ausência de sub-bosque que cria um microambiente conveniente para o desenvolvimento de insetos (Almeida e Queiroz, 2009). Esta característica de alguma maneira não parece afetar negativamente nem a *A. attophilus* nem a *M. grandicornis*. Estas espécies provavelmente se veem beneficiadas, assim como seu hospedeiro, pelas mudanças ambientais (Wirth et al., 2007). Os parasitoides do gênero *Eibesfeldtphora* talvez são mais suscetíveis a essas mudanças ambientais devido à sua estreita gama de hospedeiros ou a uma maior sensibilidade à mudança microambiental. A estratégia de procura e ataque do hospedeiro destas espécies é marcadamente diferente da utilizada por *A. attophilus* e *M. grandicornis* (Bragança, 2011).

Na literatura são relatadas 11 espécies de forídeos atacando *Atta sexdens*, porém o parasitismo efetivo não foi comprovado em todas elas (Uribe et al., 2014). Além disso, nunca foi verificada a ocorrência de todas as espécies num único local. Aparentemente, dependendo da região geográfica, ocorrem mudanças quanto às espécies que parasitam *A. sexdens* (Erthal 1999; Tonhasca et al., 2001; Pesquero et al., 2010; Souza, 2013). Quatro foram, até agora, o número máximo de espécies já relatado parasitando operárias de *A. sexdens*

numa mesma região (Souza, 2013). Portanto, neste trabalho com cinco espécies, nós registramos o maior número de espécies que parasitaram simultaneamente a *A. sexdens* numa mesma região: *E. tonhascai* (2,2%), *E. brangancai* (2,2%), *A. attophilus* (71,77%), *A. vicosae* (0,48%), e *M. grandicornis* (5,97%) sobre um total de 1.038 formigas parasitadas. No entanto, a baixa taxa de emergência de *Eibesfeldtphora* spp. (23%, sobre 229 pupas) pode ter impedido ainda o registro de outras espécies (eg. *E. innornata* registrada somente na coleta direta).

A identificação das espécies do gênero *Eibesfeldtphora* foi feita com base na chave do trabalho de Uribe et al., (2014). Os passos determinantes para alcançar a identificação da espécie *E. brangancai* foram: presença de fileira de cerdas paliçadas na tíbia anterior, em vista lateral ao menos um dos lobos direcionados posteriormente, diferenciáveis, largos e arredondados, com os lobos próximos e definidos. Após analisar essas características e comparar o material obtido na pesquisa com espécimes da série tipo, presentes no MZSP (Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo) notamos uma diferença no ovipositor que com uma análise mais profunda poderia permitir sua classificação como espécie nova, próxima da *E. brangancai*. Porém, no presente momento classificaríamos os espécimes como *E. brangancai* aff. As espécies identificadas como aff. são consideradas similares, mas não idênticas à espécie no binômio. Devido à falta de informação sobre a existência de polimorfismos dentro da espécie, a identificação adotada aqui seria a mais parcimoniosa.

*Eibesfeldtphora brangancai* é relatado na literatura como parasitoide específico de *A. laevigata* e *A. bisphaerica* (Bragança et al., 2003; Martins, 2015). Ser parasitoide destas duas espécies de formigas indica que este forídeo possui plasticidade comportamental e capacidade de adaptação a anatomias e fisiologias de diferentes hospedeiros. A ocorrência deste forídeo na trilha de *A. sexdens* poderia ser consequência de uma incapacidade deste forídeo para discriminar entre o hospedeiro e uma espécie semelhante ou filogeneticamente próxima (Silva et al., 2008; Gazal et al., 2009). No entanto, a ocorrência de parasitismo no segundo experimento permite confirmar que de *E. brangancai* é também parasitoide de *A. sexdens*.

Em cada área de estudo houve predominância de alguma espécie ou gênero. Em área de vegetação natural houve predominância de *Eibesfeldtphora*

spp. e *A. attophilus*. Em plantio de eucalipto e em área agrícola predominou *A. attophilus*.

A baixa ocorrência de parasitismo de *Eibesfeldtphora* spp. em plantio de eucalipto demonstra como esta espécie é sensível a esse ambiente agrícola. Ausência total de parasitismo desse gênero em plantio de eucalipto já foi relatada por Pesquero et al., (2010) também para *A. sexdens*. Isto provavelmente é consequência de uma maior sensibilidade destas espécies ao microclima deste tipo de floresta. Muitos autores relatam que a ausência de sub-bosque e a pouca diversidade vegetal podem alterar de forma significativa o ambiente. Umidade relativa, radiação solar, circulação de ar e temperatura são alguns dos fatores que podem ser alterados por conta da estrutura da floresta (Ferreira e Marques, 1998; Silva et al., 2011; Maestri et al., 2013). Gomes et al., (2013) relataram que *Eibesfeldtphora breviloba* (Brown) prospera em áreas de restingas fechada, mas não é encontrada em áreas de restinga aberta. Ambientes pouco úmidos podem provocar perda acelerada de água especialmente nas espécies de maior tamanho como as do gênero *Eibesfeldtphora* pela maior superfície corporal.

Diferenças importantes de taxa de parasitismo foram verificadas ao longo dos meses para algumas espécies dos três gêneros. O pico de parasitismo de *A. attophilus* ocorreu em setembro, picos de atividade em setembro para essa espécie foram também relatados por Erthal (1999), mas para *Atta laevigata* no estado de Minas Gerais. O pico de parasitismo de *Eibesfeldtphora* spp. foi em julho e logo decresceu gradualmente. Altas temperaturas e chuvas abundantes parecem não favorecer as espécies desse gênero que também se mostrou mais sensível a ambientes perturbados. A ocorrência de espécies desse gênero em alguns locais do estado de Minas Gerais acontece em todo o ano (Silva et al., 2008). *M. grandicornis* teve um pico de parasitismo em dezembro. Todos esses dados reforçam a forte influência sazonal na dinâmica populacional desses insetos.

Pouco mais de 50% dos ninhos de *A. sexdens* foram parasitados por espécies de apenas um gênero. Entretanto, 30% dos ninhos foram atacados simultaneamente por indivíduos de 2 ou 3 dos gêneros (*Apocephalus*, *Eibesfeldtphora* e *Myrmosicarius*). Uma pergunta importante a esse respeito é se a ocorrência simultânea de espécies está associada a fenômenos de competição. Diferenças de hierarquias entre essas espécies que parasitam simultaneamente

um mesmo hospedeiro poderiam determinar predominância de alguma espécie com implicações ecológicas, ou ainda agronômicas no eventual uso destes insetos em controle biológico (Plowes et al., 2012).

A razão sexual em algumas espécies de forídeos parasitoides pode variar de 1:1 a 3:1 (Morrison et al., 1999; Folgarait et al., 2006; Chirino et al., 2012). Nesses casos, o tamanho do hospedeiro pode ser um parâmetro fortemente associado ao sexo dos indivíduos. Maior ocorrência de fêmeas em hospedeiros de tamanho maior já foi constatada para forídeos dos gêneros *Pseudacteon* e *Eibesfeldtphora* (Morrison et al., 1999; Martins, 2015). Neste trabalho, todos os forídeos de *A. sexdens* tiveram uma razão sexual que não diferiu de 1:1. Em outros trabalhos, com diversas espécies de parasitoides de formigas cortadeiras, também foram relatadas proporções macho/fêmea equilibrada (Bragança et al., 2007; Bragança, 2011; Elizalde e Folgarait, 2011; Guillade e Folgarait, 2011; Martins, 2015). Deste modo, parece existir uma estratégia universal nos forídeos de cortadeiras em relação à proporção de machos e fêmeas produzidos simultaneamente no ambiente. Na espécie *A. attophilus* a razão sexual também foi similar a 1:1. Apesar de que o tamanho incide fortemente no número de forídeos produzidos por hospedeiro não foram detectadas variações significativas na razão sexual das distintas classes de tamanho atacadas por esta espécie.

O tamanho do hospedeiro explorado pelas espécies do gênero *Eibesfeldtphora* e por *A. attophilus* foi similar apesar das importantes diferenças biológicas entre estes forídeos. Operárias de uma grande variedade de tamanhos foram atacadas. Outros autores já verificaram essa plasticidade em relação ao hospedeiro atacado, mas não com tanta amplitude (Erthal e Tonhasca, 2000; Bragança et al., 2009b). Por outro lado, *M. grandicornis* demonstrou uma preferência bem marcada por operárias de menor tamanho e coincide com o relatado por Tonhasca et al., (2001).

No gênero *Apocephalus* a espécie dominante foi *A. attophilus* (95%). Esta espécie parece se adaptar bem aos distintos ambientes, pois a taxa de parasitismo em ambientes agrícolas foi igual ou superior à constatada em ambiente de mata natural. De acordo com a literatura *A. attophilus* parasita *A. sexdens*, *A. laevigata* e *A. bisphaerica* em muitas regiões de Brasil (Erthal, 1999; Erthal e Tonhasca, 2000; Bragança et al., 2003; Bragança e Medeiros, 2006). Essa diversidade de hospedeiros expressa a particular capacidade de adaptação

deste forídeo as diferenças comportamentais, fisiológicas e morfológicas de seus hospedeiros.

*Apocephalus attophilus*, se caracterizou por produzir mais de um parasitoide por hospedeiro. Desconhece-se se isto é produto da oviposição de mais de um ovo num mesmo ataque do parasitoide ou se isto é consequência de múltiplos ataques efetuados por um mesmo ou vários parasitoides. A relação entre tamanho de formiga e quantidade de forídeos/hospedeiro para a espécie *A. attophilus* já foi relatada por Erthal (1999) que indicou uma média de 4 pupas para classe de maior tamanho. O maior número de pupas absoluto relatado para esta espécie de forídeo foi de 14 pupas em *Atta laevigata* (Tonhasca, 2000). Em nosso trabalho foram encontradas até 17 pupas/hospedeiro e uma média de mais de 8 pupas/hospedeiro foi obtida na classe de maior tamanho. Estes índices refletem o enorme potencial desta espécie para ser multiplicada em forma massal.

Também verificamos um aumento do número de pupas associado ao aumento de tamanho do hospedeiro. Entretanto, se desconhece qual é o mecanismo utilizado pelo forídeo para regular esse número de parasitoides produzidos. Hospedeiros maiores indicam maior disponibilidade de recurso e, conseqüentemente, aumenta a probabilidade de sobrevivência de maior número de parasitoides (Morrison et al., 1999). Portanto, essa regulação poderia ocorrer como consequência de fenômenos de competição pelo recurso por meio de canibalismo entre larvas. Outra opção seria que o número de ovos ovipositados fosse controlado de acordo com o tamanho do hospedeiro. Esta alternativa, de difícil comprovação, pressupõe a existência de capacidades de percepção, reconhecimento e discriminação do tipo de hospedeiro não muito comum em insetos. Outra questão sem resposta é se a deposição de muitos ovos no hospedeiro ocorre numa única oviposição, em múltiplas oviposições e se participam uma ou várias fêmeas por mecanismos de superparasitismo (oviposições de várias fêmeas).

Compreender o papel dos inimigos naturais de formigas cortadeiras em diferentes habitats é um aspecto essencial para avaliar o possível uso destes em técnicas de manejo ambientalmente corretas. A diferença de ocorrência de forídeos e de suas taxas de parasitismo em ambientes com distinta intensidade de perturbação permite avaliar o potencial desses parasitoides de *A. sexdens*. *Eibesfeldtphora* spp. e *A. attophilus* foram capazes de provocar altas taxas de

parasitismo/ninho. Entretanto, *A. attophilus* apresenta outros atributos que a postulam como a espécie com maior potencial para ser utilizada em programas de controle biológico. Esta espécie pode produzir um elevado número de parasitoides por hospedeiro com quase 90% de taxa de emergência de adultos. Ambas as características são de grande importância para qualquer sistema de criação massal de parasitoides (Martins, 2015). Além disso, esta espécie, assim como *M. grandicornis*, mostrou uma grande adaptabilidade a ambientes diferentes. Tanto em plantio de eucalipto, como em área de agrícola, a taxa de parasitismo foi similar ou superior à registrada em ambiente natural. Outra grande vantagem desta espécie é o amplo espectro de tamanhos de operárias que consegue parasitar e que foi superior ao de todas as outras espécies juntas. Esta característica reduz a chance de escape ao parasitismo por seletividade de tamanho que ocorre em algumas espécies (Bailez, 2013).

## 6. CONCLUSÕES

A eficiência de parasitismo das espécies de forídeos é afetada pelo ambiente no qual se desenvolve o hospedeiro.

Variações na taxa de parasitismo dos forídeos ocorrem ao longo do ano e a temperatura e o número de horas de precipitações mensais estão fortemente associados a esta variação em algumas espécies.

As espécies do gênero *Eibesfeldtphora* provocam altas taxas de parasitismo em área natural, e *A. attophilus* em áreas agrícolas e de plantio de eucalipto.

*A. attophilus* apresenta características biológicas que lhe conferem grande potencial para ser usada como agente de controle biológico de *A. sexdens*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adán, A.; E. Viñuela, P.; Bengochea, F.; Budia, P. Del Estal, P.; Aguado, and P. Medina. (2011) Lethal and sublethal toxicity of fipronil and imidacloprid on *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal Economic Entomology*, 104: 1541-1549.

Almeida, W. R, Wirth. R, Leal, I. R. (2008) Edge-mediated reduction of phorid parasitism on leaf-cutting ants in a Brazilian Atlantic forest. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129: 251-257.

Almeida, F.S.; Queiroz, J. M. (2009) 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*, 53: 461-465.

Almeida, J.T.S. de. (2011) Eficiência de Barreiras físicas no controle de *Acromyrmex* Mayr, 1865 (Hymenoptera: Formicidae). Dissertação (Mestrado em Ciências) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 50p.

Alves, S.B.; Sosa Gomez, D.R. (1983) Virulência do *Metharhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para castas de *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). *Poliagro*, 5: 1-9.

Araújo, M. S.; Rodrigues, C. A.; Oliveira, M. A.; Jesus, F. G. (2015) Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2: 8-12.

Bailez, O. (2013) Tactics and strategies in Phorid-Ant relationship. *Anais XXI Simpósio de Mirmecologia an international ant meeting*.

Barbosa, B.C.A; Fagundes, R.B; Silva, L.F.A; Tofoli, J.F.V.A; Santos, A.M.C; Imai, B.Y.P.D; Gomes, G.G.E; Hermidorff, M.M.F. (2015) Evidences that human disturbance simplify the ant fauna associated a *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae) compromising the benefits of ant-plant mutualism. *Braz. J. Biol.*, vol. 75: 58-68

Barrera, C.A. (2016) Interações entre Forídeos Parasitóides (Diptera: Phoridae) e *Acromyrmex niger* Smith (Hymenoptera: Formicidae) em uma Paisagem Fragmentada da Mata Atlântica, RJ. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 61p.

Barnes, J. K. (1990) Life history of *Dohrniphora cornuta* (Bigot) (Diptera: Phoridae), a filth-inhabiting humpbacked fly. *Journal of the New York Entomology*, 98:474 -483.

Bass, M.; Cherret, J.M. (1995) Fungal hyphae as a source of nutrients for the leaf-cutting ant *Atta sexdens*. *Physiological Entomology*, 20:1–6.

Boaretto, M. A. C., Forti, L. C. (1997). Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. *Série Técnica IPEF*, 11: 31-4

Bolton, B. An online Catalog of the Ants of the World – ANTCAT (2012) Disponível em: <<http://www.antcat.org/catalog/4295529>> Acesso em: 01 mar.2016

Borgmeier, O.F.M. (1925) Novos subsídios para o conhecimento da Família Phoridae (Diptera). *Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, 25:85-281.

Borgmeier, T. (1928) Nota prévia sobre alguns phorideos que parasitam formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*. Boletim Biológico, 14: 119–126.

Borgmeier, T. (1931) Sobre alguns phorideos que parasitam a saúva e outras formigas cortadeiras (Diptera: Phoridae). Arch. Inst. Biol, 4: 209-228.

Bragança, M.A.L (1999) Características do forrageamento da saúva *Atta sexdens* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) e sua interação com moscas parasitoides da família Phoridae. (Tese) Doutorado em Produção Vegetal-Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 119 p.

Bragança, M. A. L.; A. Tonhasca Jr. e T. M. C Della Lucia. (1998) Reduction in the foraging activity of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* caused by the phorid *Neodohniphora* sp. Entomologia Experimentalist Applicata, 89: 305–311.

Bragança, M.A.L., Souza, L.M.D., Nogueira, C.A. e Della Lucia, T.M.C. (2008) Parasitism by *Neodohniphora* spp. Malloch (Diptera, Phoridae) on workers of *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera, Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia, 52: 300–302.

Bragança, M.A.L.; Nogueira, C.A.; Souza L.M.; Della Lúcia, T.M.C. (2009a) Superparasitism and Host Discrimination by *Neodohniphora elongata* (Díptera: Phoridae), a parasitoid of the Leaf-Cutting Ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, 54: 907-918.

Bragança, M.A.L.; Tonhasca Jr, A.; Della Lucia, T.M.C. (2009b) Características biológicas e comportamentais de *Neodohniphora elongata* Brown (Diptera, Phoridae), um parasitoide da saúva *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenopter: Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia, 53: 600–606

Bragança, M.A.L. (2011) Parasitoides de formigas-cortadeiras. Formigas-cortadeiras: da Bioecologia ao manejo. 1ed. Viçosa: Editora UFV. 1: 321-343.

Brandão, C.R.F.; Mayhé-Nunes, A. J.; Sanhudo, C.E.D. (2010) Taxonomia e filogenia das formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed). Formigas-cortadeiras da bioecologia ao manejo. Viçosa, MG: Ed. UFV. p.27-40.

Breed, M.D.; Snyder, L.A.; Lynn, T.L. e Morhart, J.A. (1992) Acquired chemical camouflage in a tropical ant. *Animal Behaviour*, 44: 519-523

Brown, B.V.; Feener, D.H. (1991) Behavior and host location cues of *Apocephalus paraponerae* (Diptera: Phoridae), a parasitoid of the giant tropical ant, *Paraponera clavata* (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica*, 23: 182–187.

Brown, B.V. (1992) Generic revision of Phoridae of the Nearctic Region and phylogenetic classification of Phoridae, Sciadoceridae, and Ironomyiidae (Diptera: Phoridae). *Memoirs of the Entomological Society of Canadá*, 164:1–144

Brown, B.V. (1999) Differential host use by Neotropical phorid flies (Diptera: Phoridae) that are parasitoids of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 33: 95-103.

Brown, B.V. (2001) Taxonomy revision of *Neodohrniphora*, subgenus *Eibesfeldtphora* (Diptera: Phoridae). *Insect Systematics and Evolution*, 32: 393-409.

Brown, B.V. (2002) Revision of the *Apocephalus pergandei*-group of ant-decapitating flies (Diptera: Phoridae). *Contributions in Science*, n. 496, 1–58.

Brown, B.V. (2004) Revision of the subgenus *Udamochiras* of *Melaloncha* bee-killing flies (Diptera: Phoridae: Metopininae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 140: 1-42.

Brown, B.V; Bragança, M.A.L; Gomes, D. S.; Queiroz, J.M.; Teixeira, M.C. (2012) Parasitoid phorid flies (Diptera: Phoridae) from the threatened leafcutter ant *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 3385: 033-038.

Brown, B.V.; Disney, R.H.L.; Elizalde L, Folgarait, P.J. (2010) New species and new records of *Apocephalus* Coquillett (Diptera: Phoridae) that parasitize ants (Hymenoptera: Formicidae) in America. *Sociobiology*, 55:165–190.

Bueno, O.C.; Hebling, M.J.A., Silva, O.A.; Matenhauer, A.M.C. (1995) Effect of sesame (*Sesamum indicum* L.) on nest development of *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Journal Applied Entomology*, 119: 341-343.

Carpenter, F. L. (1987) The study of territoriality: complexities and future directions. *The American Zoologist*, 27: 401–409.

Celis, S.U. (2013) Fóridos (Diptera: Phoridae) asociados al hábitat de hormigas cortadoras de hojas (*Atta cephalotes* y *Acromyrmex octospinosus*) y sus patrones de localización en un bosque seco tropical andino. (Maestría em Ciências-Entomologia) – Medellín, Universidad Nacional de Colombia – UNC. 72p.

Cherrett, J.M. (1986) The biology, pest status and control of leaf-cutting ants. *Agric. Zool. Rev.*, 1:1-37.

Chirino, M.G.; Folgarait P. J.; Gilbert, L. E. (2012) *Pseudacteon tricuspis*: Its Behavior and Development According to the Social Form of Its Host and the Role of Interference Competition Among Females, 105: 386-94.

Coupland, J.B.; Barker, G.M. (2004) Diptera as Predators and Parasitoids of Terrestrial Gastropods, with Emphasis on Phoridae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae and Fanniidae. In: Barker, G.M. (ed.) *Natural Enemies of Terrestrial Molluscs*. Oxfordshire: CABI, p. 85-158.

Coutinho, L.M. (1984) Aspectos ecológicos da saúva no cerrado. A saúva, as queimadas e sua possível relação na ciclagem de nutrientes minerais. *Boletim de Zoologia da USP*, 8: 1-9.

Dale, V., Joyce, L., McNulty, S., Neilson, R., Ayres, M., Flannigan, M., Hanson, P., Irland, L., Lugo, A., Peterson, C., Simberloff, D., Swanson, F., Stocks, B., Wotton, B. (2001) "Climate Change and Forest Disturbances". *BioScience*, 51: 723–734.

Daniels, S.J.; Walters, J. R. (2000) Inbreeding depression and its effects on natal dispersal in red-cockaded woodpeckers. *The Condor*, 120: 482–491.

Del-Claro, K.; Torezan-Silingardi, H.M. (2009) Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in Neotropical savannas. *Neotropical Entomology*, 38:159-164.

Della Lucia, T.M.C.; Fowler, H.G. (1993) As formigas cortadeiras. In: Della Lucia, T.M.C. *As Formigas Cortadeiras: da bioecologia ao manejo*. Ed.Viçosa.p. 1-3.

Della Lucia, T. M. C. (1999). *Atta bisphaerica*: uma ilustre desconhecida. *Naturalia*, 24: 53-59.

Della Lucia, T.M.C. (2011) *Formigas-cortadeiras: da Bioecologia ao manejo*. Universidade Federal de Viçosa, Ed. Viçosa. 421 pp

Didham, R.K.; Ghazoul, J.; Stork, N.E.; Davis, A.J. (1996) Insects in fragmented forests: a functional approach. *Tree*, 11: 255-260.

Disney, R.H.L. (1990) Some myths and the reality of scuttle fly biology. *Antenna*, 14:64-67.

Disney, R.H.L. (1994) *Scuttle flies: the Phoridae*. London, Chapman e Hall, 467p.

Disney, R.H.L.; Bartarerau, T. (1995) A new species of *Dohrniphora* (Diptera: Phoridae) associated with a stingless Bee (Hymenoptera: Apidae) in Australia. *Sociobiology*, 26: 229-240.

Disney, R.H.L. (1997) Fantastic flies and flights of fancy. *Journal of Biological Education*. Educ, 31: 39-48.

Disney, R.H.L. e Bragança, M.A.L. (2000) Two new species of (Phoridae: Diptera) associated with leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 36: 33–39.

Disney, R.H.L., Elizalde, L. e Folgarait, P.J. (2006) New species and revision of *Myrmosicarius* (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 47: 771–809.

Disney, R.H.L.; Elizalde, L. e Folgarait, P.J. (2009) New species and records of scuttle flies (Diptera: Phoridae) that parasitize leaf-cutter and army ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 54: 601-631.

Disney, R.H.L.; Prescher, S.Y e Ashmole, N.P. (2010) Scuttle flies (Diptera: Phoridae) of the Canary Islands. *Journal of Natural History*, 44:107-218.

Elizalde, L. e Folgarait, P.J. (2010) Host diversity and environmental variables as determinants of the species richness of the parasitoids of leaf-cutting ants. *Journal of Biogeography*, 37: 2305-2316.

Elizalde, L. e Folgarait, P.J. (2011) Biological attributes of Argentinian phorid parasitoids (Insecta: Diptera: Phoridae) of leaf-cutting ants. *Journal of Natural History*, 45: 2701-2723.

Elizalde, L. e Queiroz, J. M. (2013) Parasitoids of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) Leaf-Cutting Ants in Continuous and Fragmented Atlantic Forest. *Sociobiology*, 60: 397-404

Erthal Junior, M. (1999) Variações sazonais nas taxas de parasitismo, biologia de forídeos (Diptera: Phoridae), e suas interações comportamentais com as saúvas *Atta sexdens* (L.) e *Atta laevigata* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes, RJ Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 56 p.

Erthal Junior, M.; Tonhasca Junior, A. (2000) Biology and oviposition behavior of the phorid *Apocephalus atrophilus* and the response of its host, the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalist Applicata*, 95:71-75.

Ewers, R. M. e Didham, R.M. (2006) Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews*, 81:117–142.

Fadamiro, H.Y.; Chen, L.; Onagbola, E.O.; Graham, L.C.F. (2005) Lifespan and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in sugar fed phorid fly *Pseudacteon tricuspis*. *Physiol. Entomol*, 30: 212-224.

Fahrig, L. (2003) Effects of habitats fragmentation on diversity. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v.34, p.487-515.

Feener, D. H. Jr. e B. V. Brown. (1993) 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*, 6: 675-688.

Feener, D. H. (1995) Headless hosts, legless guests. *Nature*, 378:129.

Feener, D.H.Jr. e Brown, B.V. (1997) Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 42: 73-97.

Ferreira, R. L.; Marques, M.M.G.S.M. (1998) A fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27: 395-403

Foley, J. A.; Defries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K.; Helkowski, J.H.; Holloway, T.; Howard, E.A.; Kucharik, C.J.; Monfreda, C.; Patz, J.A.; Prentice, I.C.; Ramankutty, N.; Snyder, P.K. (2005) Global consequences of land use. *Science*, 309: 570-574.

Folgarait, P. J. (1998) Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a 65 The Prairie Naturalist. 44 (1): Biodiversity and Conservation, 7:1221– 1244

Folgarait, P. J.; O. A. Bruzzone; Gilbert, L. E. (2003) Seasonal patterns of activity among species of black fire ant parasitoid flies (Pseudacteon: Phoridae) in Argentina explained by analysis of climatic variables. Biological Control, 28: 368–378.

Folgarait PJ, Patrock RJ, Gilbert LE (2006) Development of *Pseudacteon nocens* (Diptera: Phoridae) on *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Journal Economic Entomology, 99: 295–307.

Forest Stewardship Council. (2007) FSC guidance document. FSC Pesticides policy: guidance on implementation. Disponível em: <<http://ebookbrowse.com/fsc-pol-30-001-en-fscpesticides-policy-2005-pdf-d342630382>>Acesso em: 25 de março 2016.

Forti, L. C. e Ichinose, K. (1993) Expansão de *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera: Formicidae) para o norte do estado do Paraná e os problemas ocasionados. In: Internacional Symposium on Pest Ants, 11, 1993, Belo Horizonte, Encontro de Mirmecologia. Belo Horizonte. Resumos. Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Fowler, H.G., Pagani, M.I., Da Silva, A., Forti, L.C., Pereira da Silva, U., Vasconcelos, H.G. (1989) A pest is a pest is a pest? The dilemma of Neotropical leaf-cutting ants: keystone rate of natural ecosystems. Environmental Management, 13: 671-675.

Fowler, H.G., J.H.C. Delabie e M.N. Schindwein. (1996) The endemic Brazilian leaf-cutting ants, *Atta silvai* and *Atta robusta* (Hymenoptera: Formicidae): Population status. Revista Brasileira Entomologia, 40: 111-112.

Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira-Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Baptista, G.C.; Berti Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendramim, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.R.S.; Omoto, C. (2002) *Entomologia Agrícola*. São Paulo: FEALQ, 920p.

Gazal, V., Bailez, O. e Viana-Bailez, A.M. (2009) Mechanism of host recognition in *Neodohrniphora elongata* (Brown) (Diptera: Phoridae). *Animal Behavior*, 78: 1177-1182.

Godfray, H.C.J. (1994) *Parasitoids: Behavioral and evolutionary ecology*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.

Gomes, D. S., Elizalde, L., e Queiroz, J. M. (2013) Parasitoids of the endangered leafcutter ant *Atta robusta* Borgmeier in urban and natural areas. *Revista Brasileira de Entomologia*, 57: 335-339.

Gonçalves, C.R. (1945) Saúvas do Sul e do Centro do Brasil. *Boletim Fitossanit*, 2: 183-218.

Guillade, A.C e Folgarait, P.J (2011) Life history traits and parasitism rates of four phorid species (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) in Argentina. *Journal of Economic Entomology*, 104: 32–40.

Guillade, A.C e Folgarait, P.J (2014) Natural enemies of *Atta vollenweideri* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutter ants negatively affected by synthetic pesticides, chlorpyrifos and fipronil. *Journal of Economic Entomology*, 107: 105–114

Guillade, A. C., e Folgarait, P. J. (2015) Effect of phorid fly density on the foraging of *Atta vollenweideri* leafcutter ants in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 154: 53-61.

Henne, D. C., Johnson, S. J.; Porter, S. D. (2007) Status of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* (Diptera: Phoridae) in Louisiana. *Florida Entomol*, 90: 565-569.

Holldobler, B. e Wilson, E. (1990) *The ants*. Oxford: The Belknap Press of Harvard University.

Jaccoud, D.B. (2000) *Formigas cortadeiras: princípios de manejo integrado de áreas infestadas*. Brasília: IBAMA. 60p. (Série Meio Ambiente em debate, 34).

Kempf, W. (1972) Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical (Hymenoptera: Formicidae). *Studia Entomology*, 15: 3-344.

Lachaud, J.P.; Pérez-Lachaud, G. (2012) Diversity of Species and Behavior of Hymenopteran Parasitoids of Ants: A Review. *Psyche*, 1-24.

Laurance, W. F.; Lovejoy, T.E.; Vasconcelos, H.L.; Bruna, E.M.; Didham, R.K.; Stouffer, P.C.; Gascon, C.; Bierregaard, R.O.; Laurance, S.G.; Sampaio, E. (2002) Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology*, Hoboken, 16: 605-618.

Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G.; Andrade, A.; Ewers, R.M. (2007) Habitat fragmentation, variable edge effects and the landscape-divergence hypothesis. *PlosOne*, 10: 10-17.

Laurance, W.F. (2008) Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biol.Conserv*, 141:1731-1744.

Lenoir, A.; D'Ettorre, P.; Errard, C.; Hefetez, A. (2001) Chemical ecology and social parasitismo in ants. *Annual Review of Entomology*, 46: 553-59

Levey, J. e Byrne, M. M. (1993) Complex Ant-Plant Interactions: Rain Forest Ants as Secondary Dispersers and Pos-Dispersal Seed Predators. *Ecology*, 74: 1802-1812.

Loureiro, E. de S.; Monteiro, A. C. (2005) Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 29: 553-561.

Maestri, R. L.; Schmitt, M. A. S.; Restello, L. Z., R. M. (2013) Efeito de mata nativa e bosque de Eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serrapilheira PERSPECTIVA, Erechim. 37:31-40

Magistrali, I. C.; Anjos, N. dos. (2011) Avaliação de saúveiros externos em eucaliptais de Minas Gerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas SP, 21: 349-354.

Mariconi, F.A.M. (1970) *As Saúvas*. Ed. Agronômica Ceres. 167p.

Martins, H.C. (2015) Bioecologia de três espécies de forídeos parasitoides da saúva *Atta bisphaerica*. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Viçosa– MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, 67p.

Mathis, K. A. e Philpott, S. M. (2012) Current Understanding and Future Prospects of Host Selection, Acceptance, Discrimination, and Regulation of Phorid Fly Parasitoids That Attack Ants. *Psyche*, 2012: 9.

Medina, P., J. J. Morales, F. Budia, A. Adán, P. Del Estal, and E. Viñuela (2007) Compatibility of endoparasitoid *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) protected stages with five selected insecticidas. *Journal Economic Entomology*, 100: 1789-1796.

Mehdiabadi, N.J e Schutz, T.R. (2009) Natural history and phylogeny of fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Myrmecological News*, Vienna, 13: 37-55

Mendonça, J.C., Sousa, E.F. de, Bernardo, S., Sugawara, M.T., Peçanha, A.L., Gottardo, R.D. (2007) Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 11: 471–475.

Metzger, J.P. (1999) Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. An. Acad. Bras.Cienc., 71:445-463.

Moressi, M.; Moraes Neto, A.; Crepaldi, R.A.; Carbonari, V.; Demetrio, M.F.; Silvestre, R. (2007) Eficiência no controle mecânico de formigas cortadeiras (*Atta laevigata*) no reflorestamento com espécies nativas. Biológico, São Paulo, 69: 471-473.

Morinini, M.S.C., Bueno, O.C.; Bueno, F.C.; Leite, A.C.; Hebling, M.J.A.; Pagnocca, F.C.; Fernandes, J.B.; Vieira, P.C.; Silva, M.F.G.F. (2005) Toxicity of sesame seed to leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, 45(1) 195-204.

Morehead, S. A. e Feener, D. H. (2000) Visual and chemical cues used in host location and acceptance by a Dipteran parasitoid. Journal of Insect Behavior, 13: 613–625.

Morrison, L.W.; Porter, S.D.; Gilbert, L.E. (1999) Sex ratio variation as a function of host size in *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). Biological Journal of the Linnean Society, 66: 257-267.

Morrison, L. W. and Porter, S. D. (2005) Phenology and parasitism rates in introduced populations of *Pseudacteon tricuspis*, a parasitoid of *Solenopsis invicta* BioControl, 50: 127–141

Morrison, L.W. (2012) Biological Control of *Solenopsis* fire ants by *Pseudacteon* parasitoids: Theory and Practice, 2012:1- 11.

Mueller, U.; Schultz, T.R.; C Urrie, C.R.; Adams, R.M.M.; Malloch, D. (2001) The origin of the Attine ant-fungus mutualism. *The Quarterly Review of Biology*, 76: 169-197.

Oliveira, M.C.; Della Lucia, T.M.C.; Nascimento Júnior, N; Lima, C.A. (2002) Espécies forrageiras preferidas para o corte *por Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Ceres*, 49: 321-328.

Oliveira, M.A.; Araújo, M.S.; Marinho, C.G.S.; Ribeiro, M.M.R.; Della Lucia, T.M.C. (2011) Manejo de Formigas-Cortadeiras. p.400-419, In: 116 Della Lucia, T.M.C. *Formigas-Cortadeiras da Bioecologia ao Manejo*. Viçosa: Ed. UFV, 421p.

Orr, M. R. (1992) Parasitic flies (Diptera: Phoridae) influence foraging rhythms and caste division of labor in the leaf-cutter ant *Atta cephalotes* (Hymenoptera Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol*, 30: 395-402.

Ostman O.; Ekbohm B.; Bengtsson J. (2001) Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and Applied Ecology* 2: 365–371.

Paiva Castro, U.; Zamith, A.P.L.; Mariconi, F.A.M. (1961) Contribuição para o conhecimento da "saúva de vidro" *Atta laevigata* Fred. Smith, 1858. *Anais da ESALQ*, 18: 313-325.

Pereira, C.D. e Lomônaco, C. (2001) Plasticidade fisiológica e comportamental de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em duas variedades de *Brassica oleraceae* L. *Neotropical Entomology*, 30: 29-35.

PESAGRO- Campos dos Goytacazes. Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/>> Acesso em: 01 de fev 2016

Philpott, S.M., Perfecto, I., Armbrrecht, I.; Parr, C.L., (2010) Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. In: LACH, L., PARR, CL. and ABBOTT, KL. (Eds.). *Ant Ecology*. New York: Oxford University Press, p. 137-156.

Plowes, R. M.; Folgarait, P. J.; Gilbert, L.E. (2012) The introduction of the fire ant parasitoid *Pseudacteon nocens* in North America: challenges when establishing small populations. *Biocontrol*, 57: 503-514.

Rando, J.S.S. (2002) Ocorrência de espécies de *Atta* Fabricius, 1804 e *Acromyrmex* Mayr, 1865 em algumas regiões do Brasil. 105 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo.

Reibe, S. e Madea, B. (2010) Use of *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) for post-mortem interval estimation indoors *Parasitol. Res.*, 106: 637–640.

Rodrigues, E. (1998) Edge effects on the regeneration of forest fragments in south Brazil. Tese de Doutorado. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 172 pp.

Schultz, T.R.; Brady, S.G. (2008) Major evolutionary transitions in ant agriculture. *Proceedings of the National Academic Society, Washington*, 105: 5435-5440

Silva, V. S. G., Bailez, O. E., Viana-Bailez, A. M. e Tonhasca, A., Jr. (2007) Effect of the size of workers of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) on the attack behavior of *Neodohrniphora* spp. (Diptera: Phoridae). *Sociobiology*, 50: 01–10.

Silva, V.S.G; Bailez, O; Viana-Bailez, A.M; Tonhasca Jr, A e Della Lucia, T.M.C. (2008) Survey of *Neodohrniphora* spp. (Diptera:Phoridae) at colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (FOREL) and specificity of attack behavior in relation to their hosts. *Bulletin of Entomological Research*, 98: 203-206

Silva, A.P.; Ramio, E.E.M; Vieira, M.A.; Cordeiro, W.M. (2011) Estudo da diversidade de arthropoda em fragmentos de mata no distrito de Rolim de Moura do Guaporé – Ro. *Revista Eletrônica da Facimed*, 3: 315-321

Souza, A.; Zanetti, R.; Calengario, N. (2011) Nível de dano econômico para formigas cortadeiras em função do índice de produtividade florestal de Eucaliptais em uma Região de Mata Atlântica. *Neotropical Entomology*, 40:483-488

Souza, L. R. R. (2013) Influência do tamanho das operárias e da sazonalidade no parasitismo das saúvas *Atta sexdens* e *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) por moscas da família Phoridae. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecótonos) – Porto Nacional, TO. Universidade Federal do Tocantins – UFT, 43 p.

Tatagiba-Araújo, G.; Viana-Bailez, A. M.; Bailez, O. (2012) Increasing Attractiveness of Baits with Venom Gland Extract for *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology* (Impresso), 41: 1-5.

Tonhasca Jr, A. (1996) Interactions between a parasitic fly, *Neodohrniphora declinata* (Diptera: Phoridae), and its host, the leaf-cutting *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecotropica*, 2: 157-164.

Tonhasca, A. Jr. e M. A. L. Bragança. (2000) Effect of leaf toughness on the susceptibility of the leaf-cutting ant *Atta sexdens* to attacks of a phorid parasitoid. *Insectes Sociaux*, 47: 220-222.

Tonhasca, A. Jr.; Bragança, M.A.L. e Erthal, M. (2001) Parasitism and biology of *Myrmosicarius grandicornis* (Diptera, Phoridae) in relationship to its host, the leaf-cutting ant *Atta sexdens* (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, 48: 154–158.

Teixeira, M., Schoederer, J. e Louzada, J. (2004) Occurrence of *Atta robusta* Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae) in the North of Espírito Santo State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 33: 265–266.

Uribe, S; Brown, B.V; Bragança, M.A.L; Queiroz, J.M e Nogueira, C.A. (2014) New species of *Eibesfeldtphora* Disney (Diptera: Phoridae) and a new key to the genus. *Zootaxa*, 3814: 443–450.

Vasconcelos, H.L. e J.M. Cherrett. (1995) Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. *Studies Neotropical Fauna Environment*, 30: 107-113.

Verchot, L.V.; Moutinho, P.R. e Davidson, E. A. (2003) Leaf-cutting ant *Atta sexdens* and nutrient cycling: deep soil inorganic nitrogen stocks, mineralization, and nitrification in Eastern Amazonia. *Soil Biology and Biochemistry*, 35:1219-1222.

Villesen P., Mueller, U. G., Schultz, T. R., Adams, R. M. M. & Bouck, A. C. (2004) Evolution of ant-cultivar switching in *Apterostigma* fungus-growing ants. *Evolution*, 58: 2252-2265.

Vinson, S.B. e Iwantsch, G.F. (1980) Host regulation by insect parasitoids. *Quarterly Review of Biology*, 55:143-165.

Weber, N. A. (1972) *Gardening ants: the attines*. Philadelphia: American Philosophical Society, 92:146 pp.

Weibull, A.; Ostman O.; Granqvist, A. (2003) Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management biodiversity and conservation, 12: 1335–1355.

Wetterer, J. K. (1990) Diel changes in forager size, activity, and load selectivity in a tropical leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*. *Ecol. Entomol*, 15: 97-104.

White, P. S.; Pickett, S. T. A. (1985) Natural disturbance and patch dynamics, an introduction.. In S. T. A. Pickett and P. S. White (eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. New York. pp. 3-13

Wirth, R.; Meyer S.T.; Almeida W.R, Araújo, M.V, Jr, Barbosa V.S; Leal, I.R (2007) Increasing densities of leaf-cutting ants (*Atta* spp.) with proximity to the edge in a Brazilian Atlantic forest. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 501–505.

Wilson, E.O (1980) Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera: Formicidae: *Atta*). The overall pattern in *A. sexdens*. Behav Ecol Sociobiol, 7:143-156.

Wuellner, C.T e Saunders, J.B (2003) Circadian and Circannual Patterns of Activity and Territory Shifts: Comparing a Native Ant (*Solenopsis geminata*, Hymenoptera: Formicidae) with Its Exotic, Invasive Congener (*S. invicta*) and Its Parasitoids (*Pseudacteon* spp., Diptera: Phoridae) at a Central Texas Site. Entomological Society of America, 96: 54-60.

Zanetti, R.; Vilela, E. F.; Zanuncio, J. C.; Leite, H. G. e Freitas, G.D. (2000) Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35: 1911-1918.

Zanetti, R. (2011) Amostragem e determinação do nível de dano econômico de formigas cortadeiras em florestas cultivadas. In: DELLA LUCIA, T.M.C. Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo. Viçosa: UFV, p. 391-392.

Zanetti, R.; Zanuncio, J.; Santos, J.C.; da Silva, W.L.P; Ribeiro G.T.; Lemes, P.G (2014) An overview of integrated management of leafcutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. Forests, 5: 439–454