

## ISCA ENCAPSULADA ATRATIVA VISANDO CONTROLE MICROBIANO DE FORMIGAS CORTADEIRAS

### ATTRACTIVE CAPSULE TO MICROBIOLOGICAL CONTROL OF LEAF CUTTER ANTS

Raphael Vacchi Travaglini<sup>1</sup>; Luis Eduardo Pontes Stefanelli<sup>2</sup>; André Arnosti<sup>3</sup>; Roberto da Silva Camargo<sup>4</sup>; Luiz Carlos Forti<sup>5</sup>

**Área Temática: Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**

#### RESUMO

A busca por novos tipos de controles de pragas é uma constante na agricultura, assim, as formulações tendem a atender os anseios dos produtores, no caso das formigas cortadeiras, o controle mais difundido é o que faz uso da isca granulada atrativa. No intuito de encontrar uma alternativa ao controle químico, elaboramos uma cápsula capaz de carrear o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para o interior das colônias de *Atta sexdens rubropilosa*. As iscas foram incorporadas no fungo simbiote em sua totalidade nas primeiras 24 horas do experimento. O ato comportamental mais observado é o de lamber a cápsula.

**Palavras-Chave:** Entomopatogênico. Formiga. Orgânico. Fungo.

#### ABSTRACT

The search for new pest's controls is a constant in agriculture, so formulations tend to meet the desires of producers, in the case of leaf cutting ants, the most widespread control is the one makes use of attractive granulated bite. In an attempt to find an alternative to chemical control, we developed a capsule possible of carrying the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* inside the *Atta sexdens rubropilosa* colonies. The bites were incorporated into the symbiotic fungus in your totality in the first 24 hours of the experiment. The most observed behavior act is to lick the capsule.

**Keywords:** Entomopathogenic. Ant. Organic. Fungus.

---

<sup>1</sup>Doutorando do Departamento de Proteção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista de Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 CEP: 18.610-307, Jd. Paraíso, Botucatu, SP. E-mail: [raphaelvacchitravaglini@gmail.com](mailto:raphaelvacchitravaglini@gmail.com) <sup>2</sup>Mestrando do Departamento de Proteção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. E-mail: [agronomiastefanelli@hotmail.com](mailto:agronomiastefanelli@hotmail.com) <sup>3</sup>Pós Doc do Departamento de Biologia, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, Av. 24A, 1515, CEP: 13506-900, Bela Vista, Rio Claro, SP. E-mail: [andre\\_arnosti@hotmail.com](mailto:andre_arnosti@hotmail.com) <sup>4</sup>Pós Doc do Departamento de Proteção Vegetal pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista de Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 CEP: 18.610-307, Jd. Paraíso, Botucatu, SP. E-mail: [camargobotucatu@yahoo.com.br](mailto:camargobotucatu@yahoo.com.br) <sup>5</sup>Professor adjunto do Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 CEP: 18.610-307, Jd. Paraíso, Botucatu, SP. E-mail: [luizforti@fca.unesp.br](mailto:luizforti@fca.unesp.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o ingrediente ativo mais comumente empregado pela indústria de isca granulada formicida é a sulfluramida, essa molécula inseticida de ação lenta, por ser usada em baixas concentrações, é considerada a forma mais segura de controle segundo registros (BRITTO et al., 2016).

No Brasil, o controle de formigas cortadeiras é amplamente realizado com a isca granulada atrativa, constituída de polpa cítrica e ingrediente ativo, em sua formulação, pois é necessário que as operárias forrageadoras transportem as iscas até o interior de suas colônias, para serem incorporadas no jardim de fungo simbiote e assim ocorra a disseminação do princípio ativo entre as operárias que participam deste processo ao manipular a isca, o atrativo também atua na camuflagem do princípio ativo e evita que as formigas detectem essa substância tóxica, para que não haja rejeição da isca (DELLA LUCIA; VILELA, 1993).

Enquanto demais técnicas de controle, como o uso de termonebulizador ou polvilhadeira, perderam espaço devido a particularidades da formulação de seus inseticidas, do custo operacional, devido à especificidade do funcionamento destes equipamentos além do maior risco de contaminação, tanto do meio ambiente, por resíduos, quanto do operador por exposição ao produto aplicado, a isca granulada neste sentido apresenta vantagens, por ser a forma mais prática e econômica para aplicação, podendo também ser encontrada em embalagens micro porta iscas (BOARETTO; FORTI, 1997, BRITTO et al., 2016). Essas ações de controle exigem o uso de equipamento de proteção individual (EPI).

Consideradas pragas agrícolas, as formigas cortadeiras do gênero *Atta*, vulgarmente chamadas de “saúvas”, têm como característica taxonômica três pares de espinhos dorsais e apresentam polimorfismo entre as operárias da colônia (soldado, carregadeira e generalistas), além da casta reprodutiva, enquanto o gênero *Acromyrmex*, popularmente conhecido por “quenquéns”, possui formigas menores, com quatro ou mais pares de espinhos visíveis no dorso. Esses dois gêneros pertencentes à tribo Attini (Subfamília: Myrmicinae), são os que causam o corte da parte aérea das plantas, tal desfolha, principalmente em espécies florestais, é realizada para a manutenção do fungo simbiote (*Leucoagaricus gongylophorus*), o qual se alimenta, principalmente na fase larval, por isso são consideradas pragas-chave da cultura do *Eucalyptus* e *Pinus*, o que pode ocasionar 30% menos de rebrota em áreas infestadas (SCHNEIDER, 2003; DELLA LUCIA; VILELA, 1993).

Tais formigas quando em equilíbrio com o ambiente são tidas como engenheiras do solo, seus ninhos, subterrâneos, aumentam a fertilidade e permeabilidade deste, trazendo

benefícios como o acúmulo de matéria orgânica, que acaba por possibilitar o desenvolvimento de determinadas espécies da flora, através da dispersão de sementes, são capazes de remodelar os cenários florestais, atraindo atenção para estudos de características biológicas e comportamentais (MONTROYA-LERMA et al., 2012).

Alguns programas de controle biológico fazem uso do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*, cujo sucesso é reconhecido, como no caso da cigarrinha-da-cana-de-açúcar e cigarrinha-da-pastagem (Hemiptera: Cercopidae), porém no caso de formiga cortadeira (Hymenoptera: Formicidae), esbarramos na “imunidade social” (CREMER; ARMITAGE; SCHMID-HEMPEL, 2007), apresentada por este inseto que vive em colônias populosas e muito bem organizadas (FORTI et al., 1994). São várias as estratégias adotadas pelas colônias para defender a população dos inimigos naturais, pois estas pragas que evoluíram no ambiente de solo parecem ter desenvolvido uma glândula (metapleurálica), capaz de anular a ação patogênica de inúmeros microorganismos do meio em que habitam, através das secreções destas, que, por exemplo, impediriam a germinação de fungos aderidos ao tegumento das operárias (VIEIRA et al., 2012; TRAVAGLINI, et al. 2016).

EVANS (1974) e SAMSON et al. (1988) relataram que fungos entomopatogênicos podem ser comumente encontrados em formigas, sendo que *Beauveria bassiana* pode ser isolada de operárias de *Atta sexdens piriventris* (DIEHL-FLEIG et al., 1992) e em rainhas de *A. sexdens rubropilosa* (ALVES; SOSA GÓMEZ, 1983), posteriormente, *Metarhizium anisopliae* também foi encontrado nesta última espécie (ZARZUELA, 2007).

Neste contexto, propomos a cápsula atrativa contendo fungo entomopatogênico *M. anisopliae*, prospectado da natureza e concentrado por processo industrial por meio de cultivo em arroz, no intuito de promover o controle microbiano e aumentar o leque de alternativas de controle, pensou-se numa isca tendo os indivíduos imaturos como o principal alvo da aplicação, testando as cápsulas em colônias iniciais de formigas cortadeiras (até um ano).

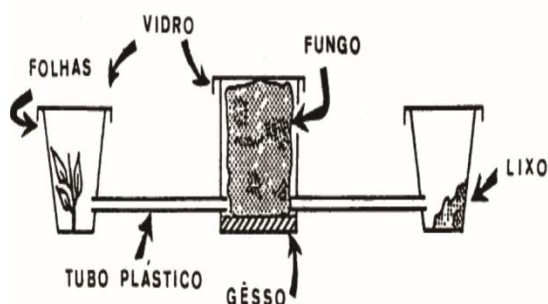
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Obtenção das Colônias

As colônias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae), foram coletadas a campo após três meses da fundação, ou seja, após a revoada, já estabelecidas no solo, foram escavadas e transferidas para potes de acrílico contendo três repartições: a arena de forrageamento, o jardim de fungo simbiote (com gesso na base) e a câmara de lixo, conectadas

por tubos plásticos transparentes (FIGURA 1), mantidas em condições de laboratório (25°C e 75%UR), para serem utilizadas ao atingirem um ano de idade e volume de fungo de aproximadamente 1 litro. O compartimento destinado ao lixo era limpo periodicamente (FORTI et al., 1994).

Figura 1: Dispositivo para manutenção de colônias em laboratório



Fonte: Forti et al., 1994

## 2.2. Obtenção do Fungo

Empregou-se o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* ( $10^9$  conídios/g), formulação comercial (5%), com inerte tipo talco (pó de arroz), preenchendo o compartimento de uma das repartições da cápsula, ou seja, no interior continha 0.1g do produto.

## 2.3. Preparo da Cápsula

As cápsulas são encaixadas, sendo que a parte maior foi reduzida com um corte de tesoura (0.3 mm), retirando parte de seu corpo cilíndrico, assim reduzindo seu volume. Para confecção das iscas atrativas, foram usadas cápsulas duras de gelatina bipartida populares, estas permaneceram em recipiente fechado com polpa cítrica seca e triturada para impregnação do aroma cítrico que é deveras atrativo para estas formigas (RAMOS et al., 2006). Para melhor adesão da polpa cítrica na superfície das cápsulas, foi borrifado água destilada e melaço (1:1) nas cápsulas já preenchidas e fechadas com o fungo *M. anisopliae*, a fim de aumentar a atratividade e conseqüentemente o transporte da cápsula, estas secaram em uma bandeja por 12 horas, ficando com aspecto empanado.

## **2.4. Sala de Observação:**

Os testes foram realizados no Laboratório de Insetos Sociais-Praga (LISP), no Departamento de Proteção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Botucatu, em sala aclimatada, similar a sala de criação, sendo que para a manutenção destas colônias, foram ofertadas folhas de *Acalypha wilkesiana* ou grão de milho triturado como alimento nos demais dias, dependendo da umidade aparente do fungo simbiote. Uma vez preparado o material, as colônias foram alocadas numa caixa de vidro que permitiu a observação e registro fotográfico dos atos comportamentais, listados numa planilha e anotados durante as seis primeiras horas do experimento, a cada dez minutos (cronometrados), iniciando após ofertarmos as cápsulas, a fim de gerar as frequências de cada ato comportamental, nas análises estatísticas ( $\chi^2$ ) no programa Excel e em um teste não paramétrico de Kruskal Wallis.

Os quatro atos comportamentais estudados foram: a) Transporte de cápsula, b) Lamber a cápsula, c) Segurar a cápsula e d) Incorporar o material da cápsula no jardim de fungo simbiote, para tanto foram ofertadas 20 cápsulas na arena de forrageamento, para cada uma das colônias observadas, cujas operárias foram divididas em dois grupos, (M) e (G), respectivamente, entre 1 mm e 2 mm de cápsula encefálica e maiores que 2 mm de cápsula encefálica, sendo que as operárias menores que estas medidas não foram contabilizadas neste experimento (SILVA, 2014). Continuamos observando diariamente, durante uma semana, em intervalos de 24 horas, para verificar possíveis alterações no volume do jardim de fungo simbiote, em relação a uma régua milimétrica usada para tal finalidade. A câmara de lixo foi limpa, permitindo assim verificar o que foi levado para tal compartimento neste período.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Muitos autores estudaram a evolução das espécies de formigas cortadeiras e a interação com patógenos do ambiente, tais estudos mostram mudanças no comportamento das colônias e concluem que a imunidade social em sociedades de formigas é muito eficiente para evitar epizootia. Uma análise detalhada de mais de 114 anos de literatura, de 1900 até 2014, mostra que a maioria dos estudos utilizou os fungos entomopatogênicos *Beauveria* e *Metarhizium* (89% dos estudos sobre as interações) (LORETO; HUGHES, 2016).

Esses fungos foram encontrados naturalmente acometendo formigas, elevando a importância destes para os ensaios de infecção (testes de mortalidade), sendo que em

laboratório, em condições de confinamento dos indivíduos, alcançou-se 100% de mortalidade nos primeiros dias de experimento, dependendo da concentração da suspensão fúngica, forma de aplicação do isolado fúngico utilizado, espécie de formiga cortadeira e casta operária exposta aos patógenos (TRAVAGLINI et al., 2016; CASTILHO et al., 2010), tem-se ainda resultados de mortalidade com uso de *M. anisopliae* aliado a um imunossupressor, onde esta combinação apresentou diferença significativa aos demais tratamentos, atingindo a maior taxa de mortalidade (DORNELAS et al., 2017).

O controle microbiano parece não ter apresentado resultados satisfatórios em nível de campo, apenas em um estudo ocorreu o controle da colônia de *Atta cephalotes* por fungos entomopatogênicos, após utilizar mais de uma aplicação (LOPEZ; ORDUZ, 2003). Tal contexto nos permite propor esta nova técnica de aplicação, uma vez que a isca de extrato vegetal (*Tephrosia candida*) (MARANGONI; BOLZAN; LIVIA, 2015), é o primeiro e único produto registrado para o controle de formigas cortadeiras visando o produtor orgânico.

Dentre os atos comportamentais observados nas primeiras 6 horas do experimento, o mais executado foi o de lambar a cápsula, seguido de segurar a cápsula, após análise estatística, ficou evidente pelo teste de  $\chi^2$  e análise pareada não paramétrica (Tabelas 1 e 2), que a maior parte das operárias estavam envolvidas por mais tempo nestes atos comportamentais, corroborando trabalhos similares (SILVA, 2014; CAMARGO et al., 2017), pois esta espécie não apresenta altas taxas de trofalaxia, diferente de outras espécies de formiga, sendo que várias castas de operárias participam do processo de incorporação do substrato, manipulando o mesmo. O ato de segurar a cápsula é majoritariamente efetuado por operárias de grande porte (G), atingindo 85% das operárias envolvidas nesta função, em média quatro operárias, segurando a cápsula no fungo simbiote ao longo do período observado. Nas primeiras horas as mesmas operárias que transportam, seguram a cápsula e também são as que a lambem, porém, com o passar do tempo as operárias (M) chegam a superar em número de operárias (M) no ato comportamental de lambar a cápsula (Tabelas 1 e 2). Ainda aqui se tem operárias de tamanho reduzido (P), que não foram contabilizadas neste estudo, mas que participam constantemente da incorporação do substrato no jardim de fungo e assepsia das larvas “nurse”.

Tabela 1. Atos comportamentais das operárias pequenas (M)

1	2	3	4
x	*	*	ns
	x	**	**
		x	ns
			x

Transportar (1), Lamber (2), Segurar (3) e Incorporar (4).

\*significativo, \*\* muito significativo e ns: não significativo

Tabela 2. Atos comportamentais das operárias médias (G)

1	2	3	4
x	**	**	ns
	x	ns	**
		x	**
			x

Transportar (1), Lamber (2), Segurar (3) e Incorporar (4).

\*significativo, \*\* muito significativo e ns: não significativo

O terceiro ato comportamental mais observado foi o de incorporar o substrato no jardim de fungo simbiote, não havendo rejeição de talco, fungo ou cápsula gelatinosa, apesar de iniciar em média na quinta hora de observação, só terminou no dia seguinte, ou seja, 24 horas após o início do experimento.

O quarto ato comportamental mais observado foi o transporte, visto que as cápsulas foram carreadas em média nas primeiras 4 horas do experimento, variando entre as colônias experimentadas em 2 horas e 6 horas após início do transporte da primeira cápsula até o da última cápsula, variação explicada pelo ritmo de forrageamento, diferente entre as colônias, sendo que o máximo de formigas envolvidas nesta função foram 30 operárias forrageiras, entre elas 15 (M) e 15 (G), a superfície rugosa gerada pela adesão de fragmentos de polpa cítrica seca favoreceu o transporte pelas operárias recrutadas.

A cápsula empanada tinha um formato globoso, assemelhando-se a uma semente, estas por sua vez são comumente citadas sendo naturalmente transportadas por saúvas em ambiente

de cerrado (LEAL; OLIVEIRA, 1998). Em média três formigas médias (M), são necessárias para o transporte da cápsula, variando entre 6 operárias e uma operária (FIGURA 2). A cápsula, contendo o fungo em seu interior e empanada com polpa cítrica externamente, pesava entre 0,15g e 0,2g. O tamanho das operárias nesta função influenciava no modo que a cápsula era transportada. Fica evidente que o peso do substrato interfere no transporte e na velocidade de forrageio, além de que o local de passagem da trilha, pode dificultar o transporte, levando a um ajuste no tamanho do substrato carregado (DUSSUTOUR et al., 2009), frisando aqui a importância de formular uma isca atrativa, de peso e tamanho compatível com a espécie alvo da aplicação.

Em *Acromyrmex subterraneus subterraneus*, a velocidade de transporte da carga independe do tamanho da operária e do tamanho da área foliar, estando este diretamente relacionado com a temperatura, sendo o corte e transporte tarefa das operárias medianas e raramente das maiores (GOMIDES et al., 1997). Acredita-se que a presença de operárias menores na trilha de *Atta*, esteja relacionada com a manutenção dos feromônios de trilha (CALDATO, 2014).

Em 1959, temos a identificação da glândula responsável pela produção do feromônio de marcação das trilhas e posteriormente, a formação de trilha foi descrita como um processo baseado em retroalimentação positiva para o forrageamento em massa (WILSON, 1962), em que uma formiga (escoteira), ao encontrar uma fonte de alimento atrativa, retorna à colônia marcando a trilha com feromônio e recrutaria mais formigas ao chegar ao ninho, essas formigas recrutadas seguiriam a trilha de feromônio deixada pela pioneira, até o alimento e ao retornarem, também marcariam a trilha (TRAVAGLINI, 2014). O recrutamento em massa, através de trilhas químicas, é um exemplo de processo auto-organizável, quanto mais formigas são recrutadas, mais intensa a marcação de feromônio e consequentemente maior o estímulo para que outras formigas continuem o forrageamento, com a não marcação, ocorre a volatilização do feromônio diminuindo o estímulo e parando assim a atividade forrageira (TOLEDO, 2013).

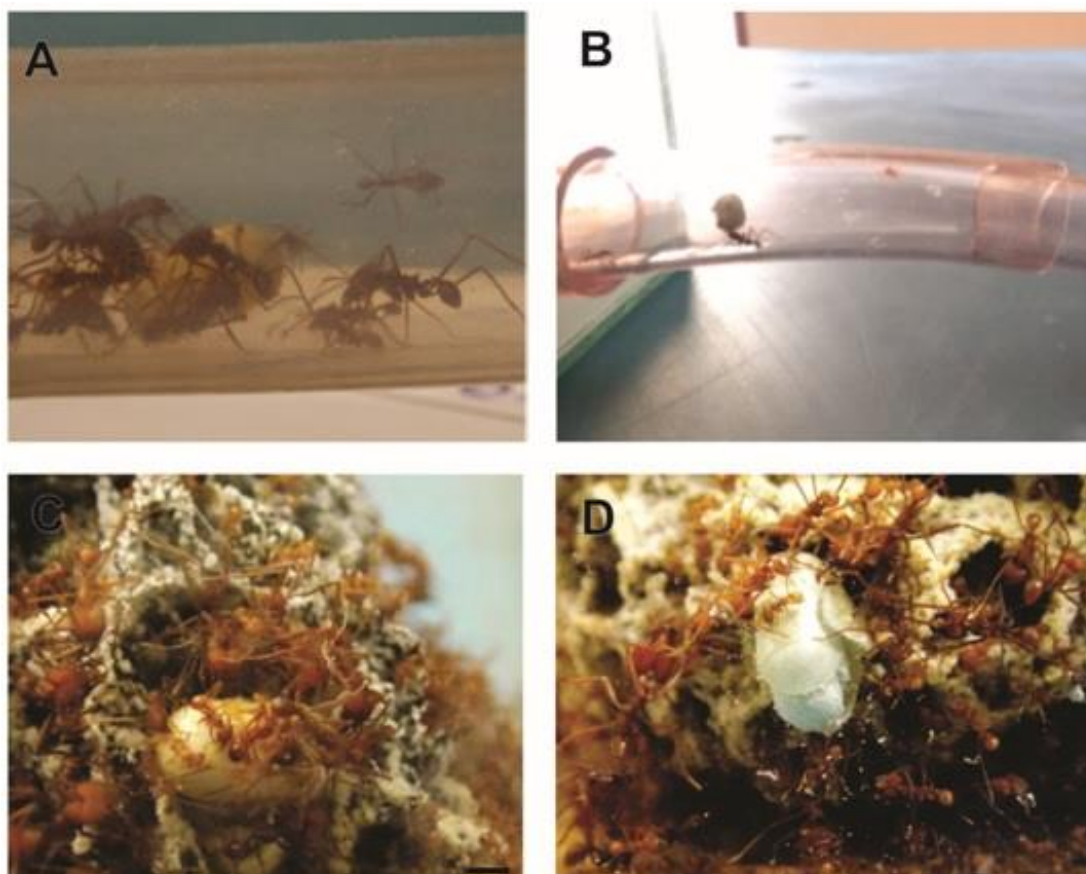
O estímulo olfatório é importante no momento da seleção do substrato, porém apenas ele não garante o recrutamento de outras operárias para a fonte, ou seja, na trilha de forrageamento operárias exibem movimentos antenais para baixo e para cima, durante a locomoção, em atividade exploratória, se deparam com a fonte de alimentação (aleatoriamente), exploram o substrato (iscas), visto a impossibilidade de carregar ou de se alimentar de tal fonte, as operárias abandonam o local e podem dar preferência para outro substrato (CARLOS, 2008, BARROS, 2013).



Após passar pelos tubos de conexões, no espaço reservado ao jardim de fungo simbiote, as cápsulas, distribuídas de maneira equidistantes na base do fungo simbiote e posteriormente elevadas para a lateral deste, sentido o ápice (FIGURA 2). Estas cápsulas ao serem posicionadas no fungo simbiote, estavam prontas para serem incorporadas sendo cortadas e repicadas (FIGURA 2).

Aparentemente as formigas operárias não distinguiram o fungo patogênico assim como a hipótese formulada com fungos endofíticos (ROCHA et al., 2017), uma vez que o transito de formigas no lixo foi constante do início ao final do experimento, tendo em média duas operárias, executando esta função a cada hora amostrada. No lixo da colônia não foram observadas alterações, imaturos contaminados, operárias mortas ou fragmento do jardim de fungo simbiote, fato que ocorre com inseticidas químicos, que são reconhecidos pelas demais formigas operárias em testes laboratoriais (MARIN, 2014). O volume do fungo permaneceu constante durante a semana experimentada, uma vez que suas medidas de altura e base não sofreram alterações.

Figura 2: Transporte e incorporação da cápsula. A) Transporte coletivo B) Transporte individual C) Incorporação da cápsula atrativa no jardim de fungo simbiote D) Abertura da cápsula a exposição do fungo entomopatogênico, Barra de escala 2mm.



#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho vem responder uma questão importante neste tipo de estudo, elucidando como carrear o fungo entomopatogênico ou demais microorganismos de interesse para o interior da colônia em altas concentrações, futuramente esperamos trabalhar com novos isolados fúngicos, visando o controle destas colônias, gerando um estresse que culmine no declínio populacional.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, S.B.; SOSA GÓMEZ, D.R. Virulência do *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para duas castas de *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1968). **Poliagro**, v.5, n.1, p.1-9, 1983.

BARROS, T.G.S. **Respostas comportamentais de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (hymenoptera, formicidae) a substâncias voláteis**. ix, 70 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) apresentada a Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”/ SP.2013.

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

BRITTO, J.S et al. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies**. Stud. v.3, p.11-92, 2016.

CALDATO, N. **Ontogenia das trilhas físicas em *Atta capiguara* Gonçalves 1944 (Hymenoptera: Formicidae)**. Tese (Doutorado em proteção de plantas) apresentada a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/ SP. 2014.

CAMARGO, R.S. et al. Behaviors in Fungus Garden Cultivation: Routes of Contamination of Leaf Cutting Ant Workers with Fat-Soluble Tracer Dye. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**. v.5, p.2319-1473. 2017.

CARLOS, A. A. **Influência da polpa cítrica, do óleo e de fungos filamentosos na atratividade de iscas tóxicas à *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae)** 90 f. Tese (Doutorado em proteção de plantas) apresentada a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / SP. 2008.

CREMER, S.; ARMITAGE, S. A. O.; SCHMID-HEMPEL, P. Social immunity. **Current Biology**, 17, R693eR702. 2007.

DELLA LUCIA T.M.C.; VILELA E.F. (1993). Métodos atuais de controle e perspectivas. In: **As formigas cortadeiras**. Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, p.163-190.

DIEHL-FLEIG, E. et al. Ocorrência natural de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia**, v.14, p.99–104. 1992.

- DORNELAS, A. S. P. et al. Susceptibility of *Atta sexdens* worker ants treated with the immunosuppressant Sandimmun Neoral to *Metarhizium anisopliae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n2, p.133-136. Doi.org/10.1590/s0100204x2017000200008. 2017.
- DUSSUTOUR, A. et al. Individual and collective problem-solving in a foraging context in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Animal Cognition**, v.12, p.21–30. 2009.
- EVANS, H. C. Natural control of arthropods, with special reference to ants (Formicidae), by fungi in the tropical high forest of Ghana. **Journal of Applied Ecology**, v.11, p.37–49. 1974.
- FORTI L.C.; PRETTO D.R.; GARCIA I.P. Aprimoramento de Metodologias Experimentais para Controle de Formigas Cortadeiras. **An do III Curso Atualização no Controle de Formigas Cortadeiras**, 14-23. 1994.
- GOMIDES, C.H.F, et al Velocidad de forrajeo y área foliar transportada por la hormiga *Acromyrmex subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biología Tropical**, v.45 p.1663-1667. 1997.
- LEAL, I. R.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between Fungus-Growing Ants (Attini), Fruits and Seeds in Cerrado Vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica**, v.30, p.170-178. 1998.
- LOPEZ, E.; ORDUZ, S. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. **Biological Control**. v.27, p.194–200. doi:10.1016/S1049-9644(03)00005-7. 2003.
- LORETO, R.G.; HUGHES, D.P. Disease dynamics in ants: a critical review of the ecological relevance of using generalist fungi to study infections in insect societies. **Advances in Genetics**, v.94, p.287-306, DOI: 10.1016/bs.adgen.2015.12.005. 2016.
- MARANGONI, A.; BOLZAN, A.; LIVIA, M. A. Extração de rotenona com fluido em estado supercrítico de *Derris elliptica* e *Tephrosia candida* em escala Industrial. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, p.15792-15799. Florianópolis-SC. 2015.
- MARIN, N. O. **Alterações na dinâmica de colônias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1906 (Hymenoptera: Formicidae) submetidas ao tratamento com iscas tóxicas**. 60 f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado- Ciências Biológicas) apresentado a Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho”/ SP. 2014.
- MONTOYA-LERMA, J. et al. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. **International Journal of Pest Management**, London, v. 58, n. 3, p. 225–247, 2012.
- RAMOS, V. M. et al. Atratividade de iscas de polpa cítrica pulverizadas com extrato de capim jaraguá (*Hyparrhenia rufa nees*) para a formiga cortadeira de gramíneas *Atta capiguara*. **Pasturas Tropicales**, v.28, p.1-10. 2006.
- ROCHA, S.L. et al. Recognition of endophytic *Trichoderma* species by leaf-cutting ants and their potential in a Trojan-horse management strategy. **The Royal society publishing**. 1-14.doi.org/10.5061/dryad.0164h. 2017.

SAMSON, R.A.; E VANS, H.C.; LATGÉ, J.P. (1988) **Atlas of Entomopathogenic Fungi**. Berlin: Springer-Verlag.

SCHNEIDER, M.O. **Comportamento de cuidado com a prole da saúva-limão *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae)**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia). apresentada a Universidade Estadual Paulista ‘Julio de Mesquita Filho’/ SP. 2003.

SILVA, L. C. **Preparação e incorporação do substrato em *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: formicidae) e morfofuncionalidade mandibular em espécies de *Atta***. xii, 66 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas). Apresentada a Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho”/ SP. 2014.

TOLEDO, M. A. F. **Aspectos temporais da organização coletiva do forrageamento em formigas saúvas (*Atta sexdens rubropilosa*)**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) apresentado a Universidade de São Paulo/ SP. 2013.

TRAVAGLINI, R.V. et al. Mapping the Adhesion of Different Fungi to the External Integument of *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908). **International Journal of Agriculture Innovations and Research**. v.5, p.118-125. 2016.

TRAVAGLINI, R.V. **DETERMINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS COLETIVAS DE FORRAGEAMENTO EM *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae)**. ix, 83 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) apresentado a Universidade Estadual Paulista, “Julio de Mesquita Filho”/ SP. 2014.

VIEIRA A.S. et al. Chemical Composition of Metapleural Gland Secretions of Fungus-Growing and Non-Fungus-Growing Ants. **Journal of Chemical Ecology**, v.38, p.1289–1297. DOI 10.1007/s10886-012-0185-8. 2012.

WILSON, E.O. Chemical communication among workers of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Fr. Smith). 1. The organization of mass-foraging. **Animal Behavior**, Bristol, v. 10, n. 1-2, p. 134-147. 1962.

ZARZUELA, M.F.M. **UTILIZAÇÃO DE ENTOMOPATÓGENOS PARA O CONTROLE DE FORMIGAS**. **Biológico**, São Paulo, v.69, n2, p.157-160 2007.

## AGRADECIMENTO

Agradecemos a gentileza da empresa Tecnicontrol pela doação do produto comercial Arizium® e ao apoio financeiro da agência de fomento CAPES.