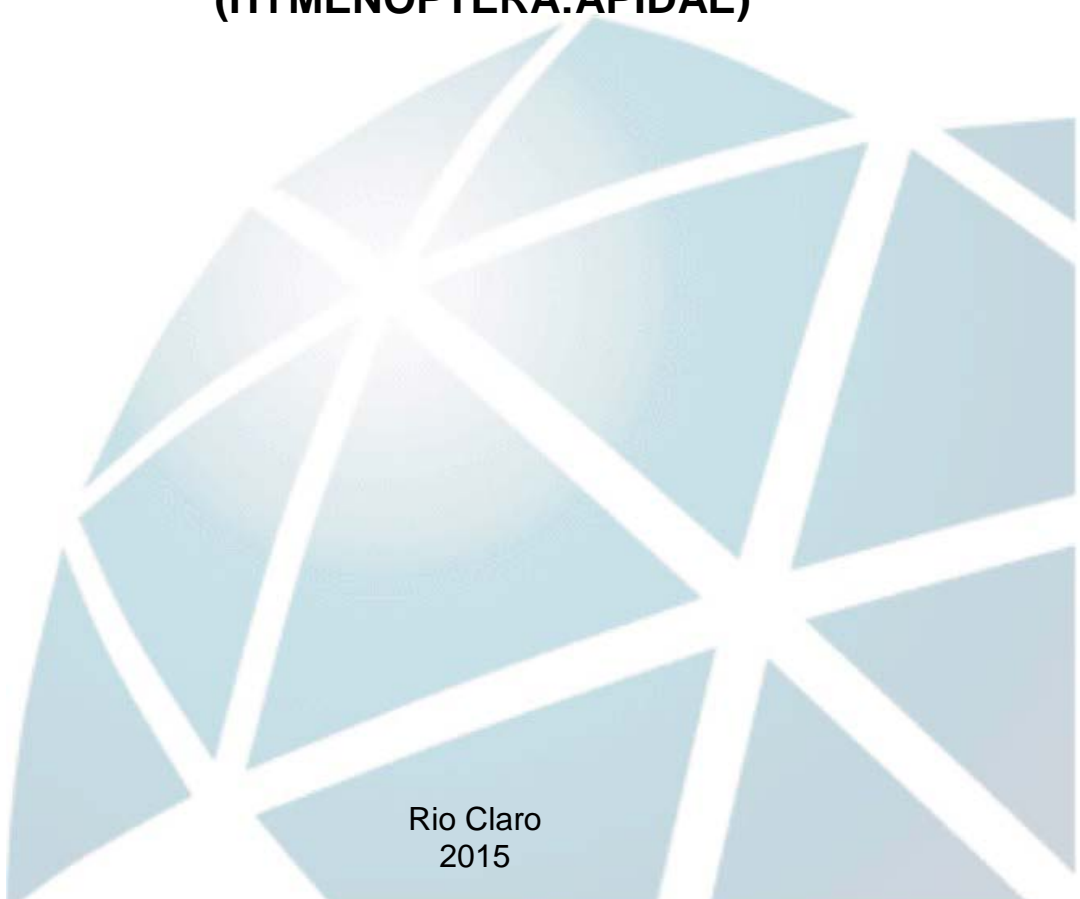

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARCOS ROGÉRIO SIMÕES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOQUÍMICA DE ADULTOS
DA FORMIGA *Camponotus atriceps* SMITH, 1858
(HYMENOPTERA, FORMICIDAE) INVASORAS DE
COLMEIAS DE *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758
(HYMENOPTERA: APIDAE)**



Rio Claro
2015

MARCOS ROGÉRIO SIMÕES

CARACTERIZAÇÃO MORFOQUÍMICA DE ADULTOS DA FORMIGA *Camponotus atriceps* SMITH, 1858 (HYMENOPTERA, FORMICIDAE) INVASORAS DE COLMEIAS DE *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758 (HYMENOPTERA: APIDAE)

Orientador: Prof. Dr. Edilberto Giannotti

Co-orientador: Dra. Viviane Cristina Tofolo Chaud

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2015

595.799 Simões, Marcos Rogério
S593c Caracterização morfoquímica de adultos da formiga *Camponotus*
 atriceps Smith, 1858 (Hymenoptera, Formicidae) invasores de ninhos de
 Apis mellifera Linnaeus, 1758 (Hymenoptera:Apidae) / Marcos Rogério
 Simões. - Rio Claro, 2015
 41 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Edilberto Giannotti
Coorientador: Viviane Cristina Tofolo Chaud

1. Abelha. 2. Mirmecologia. 3. Ataque. 4. Casta. 5. Subcasta. 6.
Sociotomia. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço à Deus por ter me acompanhado em todos os momentos dessa árdua jornada, e por Ele sempre ter sido amparado.

Também à minha família, principalmente meu irmão, pais e avós, que sempre me incentivaram a alcançar meus objetivos, e nos momentos de desilusão e dificuldade me ajudaram e aconselharam com muita sabedoria.

Agradeço ao meu orientador Dr. Edilberto Giannotti, que me recebeu com muito carinho em seu grupo de pesquisa e deu todo apoio que precisei, confiando que eu pudesse desenvolver este trabalho desde meu primeiro ano de graduação. Também à minha co-orientadora Dra. Viviane Cristina Tofolo Chaud, que me ensinou muitas coisas, sempre utilizando-se de sabedoria, paciência e dedicação, além de me instigar a buscar o conhecimento que era necessário. Saibam que a liderança e companheirismo mostrado por vocês é admirável, e através de vocês tive a oportunidade de conhecer o mundo acadêmico mais profundamente. Com toda certeza, guardarei muitos de seus ensinamentos por toda minha vida.

Agradeço ao professor Marcos Pizano, do Departamento de Ecologia, ao pesquisador Fábio Rau Akashi Hernandez e ao grupo de pesquisa do professor William Antonialli Jr, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, pela parceria feita para a realização desse trabalho.

Aos outros membros do laboratório, obrigado pelas longas conversas, divagações e momentos de descontração que tivemos, tornando um grupo de pesquisa em um grupo de grandes amigos. Também às outras pessoas do Departamento de Zoologia, que sempre foram muitas solícitas.

A todos meus amigos, desde os que conheci na escola até os que pude conviver durante a faculdade, obrigado pela companhia e pelas alegrias que pudemos compartilhar.

Agradeço à Unesp, universidade que deu a oportunidade de amadurecimento pessoal e profissional, permitindo que eu tivesse contato com pessoas de extrema competência. Ao CNPq, por fomentar o meu aprendizado, sendo fundamental para a realização deste trabalho.

RESUMO

A apicultura no Brasil é bastante rentável e apresenta grande potencial de expansão, como clima favorável e diversidade vegetal abundante. Porém, a ocorrência de pragas, doenças e parasitoses, dificultam o crescimento e a rentabilidade dessa atividade. No interior do Estado de São Paulo/Brasil apiários vêm sofrendo ataques de formigas da espécie *Camponotus atriceps* Fr Smith (Formicidae: Formicinae), que utilizam os produtos das caixas de criação de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Apidae: Apinae) como fonte alimentar para as formigas adultas e imaturas, além de matarem ou deslocarem as abelhas adultas durante os confrontos. Este estudo teve como objetivo compreender a estratégia de invasão de colônias de *C. atriceps* em caixas de criação de *A. mellifera*. Primeiramente, as formigas foram classificadas em castas e subcastas por meio de medidas morfométricas para posteriormente terem seus compostos químicos cuticulares identificados utilizando a Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-PAS). As análises morfométricas permitiram a classificação das formigas nas castas reprodutora (rainhas e gines) e operária (mínimas e pequenas) e na subcasta soldado (formigas pequenas e grandes). Por meio da identificação dos hidrocarbonetos cuticulares dessas formigas foi possível compreender que as oito caixas de criação de abelhas foram invadidas por somente três colônias de *C. atriceps*, sendo que uma delas invadiu apenas uma caixa e outras duas colônias sofreram sociotomia e foram responsáveis pela invasão das outras sete caixas. A ausência de métodos preventivos e o comportamento noturno das formigas favoreceu a entrada das formigas nas caixas e o ataque às abelhas.

Palavras-chave: abelha, mirmecologia, ataque, casta, subcasta, sociotomia.

ABSTRACT

Apiculture in Brazil is quite profitable and has great potential for expansion, because of the favorable climate and abundant plant diversity. However, the occurrence of pests, diseases and parasites hinders the growth and profitability of beekeeping. In the interior of the state of São Paulo, apiaries are attacked by ants, especially the species *Camponotus atriceps* Fr Smith (Formicidae: Formicinae), which use the substances produced by *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Apidae: Apinae), as a source of nourishment for the adult and immature ants, and kill or expel the adult bees during the invasion. This study aimed to understand the invasion strategy of *C. atriceps* in hives of *A. mellifera*. The individuals were classified into castes and subcastes according to morphometric analyses, and their cuticular chemical compounds were identified using Photoacoustic Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR-PAS). The morphometric analyses were able to classify the individuals into reproductive castes (queen and gynes), workers (minor and small ants) and the soldier subcaste (media and major ants). Identification of cuticular hydrocarbons of these individuals revealed that the eight beehives were invaded by only three colonies of *C. atriceps*; one of the colonies invaded only one beehive, and the other two colonies underwent a process called sociotomy, and were responsible for the invasion of the other seven beehives. The lack of preventive measures and the nocturnal behavior of the ants favored the invasion and attack on the bees.

Keywords: bee, myrmecology, attack, caste, subcaste, sociotomy

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1 Separação das formigas em castas morfológicas	9
2.2 Relação entre os compostos químicos cuticulares e a estratégia de fragmentação de colônias de <i>Camponotus atriceps</i> para invadir colmeias de <i>Apis mellifera</i>	9
2.2.1 <i>Figura 1</i>	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1 Separação das formigas em castas morfológicas	12
3.1.1 <i>Tabela 1</i>	14
3.1.2 <i>Tabela 2</i>	14
3.1.3 <i>Figura 2</i>	15
3.1.4 <i>Figura 3</i>	16
3.1.5 <i>Figura 4</i>	17
3.1.6 <i>Figura 5</i>	18
3.1.7 <i>Figura 6</i>	19
3.1.8 <i>Figura 7</i>	20
3.1.9 <i>Figura 8</i>	21
3.1.10 <i>Figura 9</i>	22
3.1.11 <i>Figura 10</i>	23
3.1.12 <i>Figura 11</i>	24
3.2 Relação entre as castas e subcastas de <i>Camponotus atriceps</i> pelo perfil químico cuticular	25
3.2.1 <i>Tabela 3</i>	27
3.2.2 <i>Figura 12</i>	28
3.2.3 <i>Figura 13</i>	29
3.3 Relação entre os compostos químicos cuticulares e a estratégia de fragmentação de colônias de <i>Camponotus atriceps</i> para invadir colmeias de <i>Apis mellifera</i>	30
3.3.1 <i>Figura 14</i>	32
3.3.2 <i>Figura 15</i>	33
3.3.3 <i>Figura 16</i>	34

4. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A apicultura é uma das principais opções viáveis para famílias que desejam aumentar sua renda aproveitando a potencialidade do meio ambiente. O Brasil, por possuir ampla área territorial, clima favorável e alta diversidade vegetal, tem potencial para alta produção apícola, sendo o quinto maior exportador de mel do mundo, com mercado avaliado em torno de US\$ 360 milhões anuais (MAGALHÃES, 2012). Por outro lado, uma das maiores dificuldades no desenvolvimento das atividades deste setor são as pragas, como as formigas, que acometem as colmeias das abelhas afetando suas larvas, pupas e adultos (SOUZA, 2012) e, por vezes, as destruindo totalmente (STIRLING, 1921).

Dentre as espécies de formigas que causam danos em apiários, *Camponotus atriceps* Fr. Smith, 1858 (Formicidae: Formicinae) merece destaque, pois é conhecida por danificar seriamente colmeias por todo o Brasil (MARCOLINO et al., 2000; CAMPOS-FARINHA, 2005). É uma espécie poligínica (CAMPOS-FARINHA, 2005), com ampla distribuição geográfica, ocorrendo tanto na região Neártica quanto na Neotropical (KEMPF, 1972, aqui designada *C. abdominalis* var. *atriceps*). Apresentam polimorfia, com grande variação de cor da cutícula (do amarelo ao preto), da pilosidade e do brilho (LONGINO, 2012).

C. atriceps ocupa diversos habitats, tais como mata, capoeira, área de reflorestamento (LOPES et al., 2010), deserto (BESTELMEYER; SCHOOLEY, 1999), além de invadirem amplamente áreas urbanas, tanto domiciliares quanto hospitalares (CAMPOS-FARINHA, 2005; OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; SOARES et al., 2006; BICHO et al., 2007; MAIA et al., 2009). Constroem ninhos secundários (satélites), menores, conectados ao ninho principal, o que faz com que toda ou parte da colônia migrem facilmente de um local para outro, causando aumento na infestação. Esta estratégia de reprodução é chamada de sociotomia, na qual ocorre a migração de um grupo de operárias e rainhas virgens ou recém-fecundadas para um novo local para estabelecerem uma nova colônia (WILSON, 1971). Ao longo de sua evolução aboliram o voo nupcial, de forma que durante as estações de reprodução essas formigas realizam a cópula em suas próprias colônias e até mesmo em edificações urbanas (CAMPOS-FARINHA et al., 1997).

A coesão e as interações entre os indivíduos presentes no ninho principal e nas estruturas secundárias só é possível graças ao desenvolvimento da habilidade das formigas em reconhecerem as companheiras de ninho e distingui-las das intrusas por meio da identificação das substâncias químicas presentes na cutícula (SHOREY, 1973). Cada espécie possui um “perfil químico cuticular” que compõe o chamado odor colonial comum a todos os indivíduos

(WILSON, 1971), composto por uma mistura de substâncias químicas como hidrocarbonetos, álcoois, éteres, ésteres, ácidos graxos, dentre outras (BRADSHAW; HOWSE, 1984; BLOMQUIST; BAGNÈRES, 2010).

Os compostos químicos cuticulares estão agrupados numa classe de compostos conhecidos como “feromônios de superfície”. Estes feromônios são importantes para os insetos sociais, por permitirem o reconhecimento intra e interespecífico. Geralmente, estes feromônios aparecem absorvidos pela superfície do corpo e são percebidos por outros insetos por meio de contato direto com as antenas em distâncias pequenas (ABDALLA et al., 2003).

Desta maneira, em uma mesma espécie de inseto social, o perfil qualitativo dos compostos químicos cuticulares são praticamente os mesmos, mas eles variam em suas proporções relativas principalmente conforme a origem de sua colônia e fisiologia individual (BONAVITA-COUGOURDAN et al., 1987; ESPELIE et al., 1990; LENOIR et al., 1999; BLOMQUIST; BAGNÈRES, 2010).

Portanto, esses compostos estão relacionados à identificação dos papéis dos indivíduos dentro da colônia, ou seja, a qual casta pertence, quais são os indivíduos geneticamente relacionados, qual a sua função na colônia e outras questões comportamentais (SINGER et al., 1998). Acredita-se, ainda, que estes compostos, mesmo dos imaturos fornecem importantes informações químicas que poderiam ser utilizadas pelas operárias para distinguir larvas de outros membros da colônia (BONAVITA-COUGOURDAN et al., 1993) e, estes mesmos compostos nas pupas, parecem estimular as operárias que cuidam da prole a ajudarem à forma jovem durante a emergência (HÖLLDOBLER, 1977). Portanto, é claro que estes compostos são responsáveis pela identidade de cada colônia, sendo que seu perfil químico é específico desde os estágios imaturos até os adultos (BLOMQUIST; BAGNÈRES, 2010).

O método mais comumente utilizado para a identificação destes compostos é o da Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS). No entanto, nos últimos anos, a técnica de Espectroscopia Fotoacústica Infravermelha por Transformada de Fourier (FTIR-PAS, *Fourier Transform Infrared Photoacoustic Spectroscopy*), associada com análises estatísticas, tem provado ser bastante confiável para análise destes compostos (ANTONIALLI-JUNIOR et al., 2007, 2008; NEVES et al., 2012, 2013; TOFOLO et al., 2014).

Portanto, devido ao grande prejuízo que essas formigas vêm causando em apiários de diversas localidades, e dos poucos dados que existem sobre os mecanismos usados por elas para obter sucesso durante a invasão de colmeias, o objetivo deste trabalho foi investigar a estratégia de fragmentação de colônias de *Camponotus atriceps* avaliando as relações entre os focos de invasão por meio de análises morfométricas e dos compostos químicos cuticulares.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Separação das formigas em castas morfológicas

O local de estudo foi um apiário no município de Limeira/SP, Bairro do Pinhal, Sítio Boa Vista (22° 30' 13,3" S; 47° 20' 28,9" W). Oito caixas de criação de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Apidae: Apinae) (Figura 1) invadidas por *C. atriceps* foram lacradas com sacos plásticos e imediatamente levadas para câmara fria para o anestesiamento e conservação em baixa temperatura de todos os indivíduos por três dias.

Com o auxílio de uma lupa, as formigas de cada caixa de abelha foram previamente separadas de acordo com parâmetros morfofisiológicos em: gines, rainhas, operárias mínimas, pequenas, médias e grandes. Posteriormente, foram realizadas as seguintes medidas morfométricas em 15 operárias de cada uma destas subcastas, coletadas aleatoriamente de cada um dos focos de invasão: comprimento máximo da cabeça (CMC); largura máxima da cabeça (LMC); comprimento do escapo antenal (CEA); comprimento máximo do olho composto (CMOC); largura máxima do olho composto (LMOC); distância interocular (DI); largura máxima do segundo tergito gastral (LMSTG); medida de Weber (MW): distância da margem do pronoto, excluindo seu colar frontal, até a margem posterior do propódeo, medida em vista lateral; comprimento da tíbia posterior (CTP); largura máxima do pronoto (LMP) e largura máxima da mandíbula (LMM).

Todos os dados morfométricos foram submetidos ao teste *One-Way* ANOVA (IC=99%) com ajuste de *Bonferroni* para avaliar se cada grupo morfológico são, de fato, estatisticamente diferentes.

2.2 Relação entre os compostos químicos cuticulares e a estratégia de fragmentação de colônias de *Camponotus atriceps* para invadir colmeias de *Apis mellifera*

Após a separação das formigas em castas e subcastas, foram escolhidas aleatoriamente 15 operárias de cada subcasta, além de todas as rainhas e gines para serem submetidas à Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para a identificação e quantificação dos compostos químicos cuticulares.

Por conta do tamanho reduzido da célula fotoacústica, a leitura pelo FTIR-PAS não foi feita no corpo inteiro das formigas. O gáster foi escolhido por conter a maior concentração de hidrocarbonetos cuticulares em comparação com as outras partes do corpo (CUVILLIER-HOT et al., 2001). Esta região do corpo foi extraída com auxílio de pinça e tesoura e colocada em um dessecador a vácuo por 48 horas para reduzir o teor de água.

Feixes de luz no infravermelho-médio foram incididos no gáster das formigas, gerando um sinal acústico, cuja radiação incidente é absorvida pela amostra, a qual emite calor e causa variação de pressão no meio. Esta é captada por um microfone que transforma sinais acústicos em sinais elétricos, que são proporcionais à absorção da radiação pelo material (SMITH, 1999).

Esta técnica foi realizada em um espectrofotômetro *Thermo-Nicolet Nexus 670* combinado com um detector fotoacústico *MTEC-300* na gama espectral de 4000-400 cm^{-1} , área que abrange a região conhecida como impressão digital (1500 e 400 cm^{-1}). Durante o experimento, o espectrômetro foi purgado com ar comprimido seco, a fim de remover qualquer vapor de água e CO_2 . A célula fotoacústica foi purgada com gás hélio antes de cada leitura. Como referência para normalização, foi utilizado um corpo de carbono negro para coletar o espectro da fonte de infravermelho, sendo que novos espectros de referência foram realizados a cada 100 minutos. Os espectros foram obtidos com a média de 128 varreduras da amostra, com resolução de 16 cm^{-1} . Para posterior análise comparativa, os espectros foram normalizados por uma mesma constante.

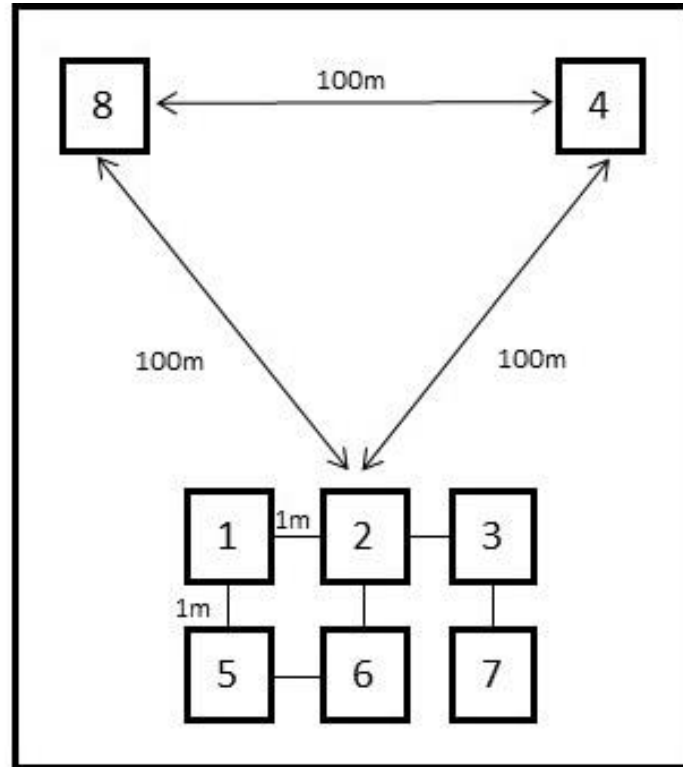
Os dados foram processados com o *Software Omnic*, fornecido pelo próprio fabricante do equipamento, como descrito por Antonialli-Junior et al. (2007, 2008).

Foi avaliado, então o grau de similaridade do perfil químico cuticular entre:

- as formigas de uma mesma caixa de abelha para a confirmação de subcastas determinadas morfometricamente e,
- as formigas da mesma casta e com maior sinal fotoacústico pertencentes a caixas de abelha diferentes para determinar se a origem delas provém de uma mesma colônia ou de colônias diferentes.

Tanto as relações entre as castas e subcastas quanto as relações entre os diferentes focos de infestação, foram avaliados por meio de análise discriminante, a qual pode revelar o conjunto de variáveis que melhor explicam os grupos avaliados caso exija diferença. Isto é indicado pela Wilk's Lambda, que é uma medida da diferença, caso exista, entre os grupos (QUINN; KEOUGH, 2002).

2.2.1 Figura 1 Representação da área do apiário na cidade de Limeira/SP, Bairro do Pinhal, Sítio Boa Vista, contendo as oito caixas de criação de *Apis mellifera* (Apidae: Apinae) invadidas por *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado pela Dr^a. Viviane Cristina Tofolo Chaud

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Separação das formigas em castas morfológicas

A tomada de medidas morfológicas das formigas permitiu a separação nas seguintes castas: reprodutoras (rainhas e gines) e operárias (mínimas, pequenas, médias e grandes), sendo que as operárias médias e grandes constituíram a subcasta chamada de soldado. De acordo com a análise estatística realizada entre as variáveis morfométricas, das onze medidas utilizadas apenas CMOC e LMOC não constituíram bom parâmetro para a diferenciação proposta ($p > 0,01$) (Tabela 1 e figuras 2 a 11).

As diferenças morfológicas entre estas categorias refletem uma especialização na realização de funções dentro da colônia. Jaffé e Sanchez (1984), por exemplo, observaram que o tamanho das operárias de *C. rufipes* reflete as tarefas por elas desempenhadas na colônia, de forma que as operárias maiores geralmente desempenham papéis de defesa e forrageamento, enquanto que operárias menores cuidam da prole e realizam tarefas dentro do ninho. Diniz-Filho et al. (1994) observaram que as operárias menores de *C. rufipes* são mais numerosas que as maiores, além de inferirem que os únicos caracteres que permitem diferenciar estatisticamente tais subcastas são Largura Máxima do Pronoto (LMP) e Comprimento do Escapo Antenal (CEA), sendo que a variabilidade morfológica é maior entre operárias maiores do que entre as menores.

Em *C. gigas*, duas subcastas morfológicamente distintas possuem funções diferentes na colônia, sendo que uma é composta por indivíduos transportadores, e outra por forrageadoras. A subcasta das forrageadoras é responsável por procurar alimento e alertar as transportadoras caso o encontrem (PFEIFFER; LINDENMAIR, 1998). De maneira similar, Bonavita-Cougourdan et al. (1990, 1993) encontraram diferenças nos compostos químicos cuticulares entre rainhas, machos alados, fêmeas aladas e operárias de *C. vagus*.

Em *C. foreli*, há duas distintas subcastas funcionais e morfológicas: operárias menores são coletoras especializadas de alimentos e operárias maiores são armazenadoras de alimento (ESPADALER et al., 1990). O mesmo padrão foi observado por Wilson (1974) em *C. fraxinicola*. Operárias maiores desta espécie têm suas cabeças completamente modificadas tanto para realizar atos de defesa quanto para bloquear a entrada do ninho. Outra atividade distinta funcional atribuída a essas operárias é o armazenamento de alimentos líquidos (JAFFÉ; SANCHEZ, 1984).

Na espécie *C. (Colobopsis) impressus* foram encontradas duas subcastas de operárias, uma classificada como operárias maiores (soldados), responsáveis pela proteção dos ninhos e também pelo armazenamento de alimentos, e a outra como operárias menores responsáveis pelo forrageamento (WALKER; STAMPS, 1986).

Busher et al. (1985) observaram a presença de três subcastas físicas de operárias de *C. sericeiventris* e, estudos comportamentais, revelaram que as operárias maiores são especializadas na defesa e podem ter um papel no processamento de alimentos da colônia e, também sugerem que esta espécie pode ter um dos sistemas de subcastas mais avançados do gênero.

Considerando o grande número de tarefas existente em uma colônia de formigas, é esperado que exista um aumento no número de subcastas operárias para otimizar a realização de tarefas, sobretudo em colônias mais numerosas, mas esta relação parece não ocorrer na natureza. Em vez disso, espécies com grandes colônias evoluíram um máximo de três distintas subcastas operárias, enquanto 87 % dos gêneros de formigas mostram pouco ou nenhum polimorfismo entre as operárias. Isto sugere que a evolução do polimorfismo pode ser limitada por restrições de desenvolvimento (WHEELER, 1991; FJERDINGSTAD; CROZIER, 2006) ou uma troca entre a especialização morfológica por uma flexibilidade comportamental (OSTER; WILSON, 1978).

Para confirmar o número de subcastas que a espécie apresenta, foram escolhidas as quatro caixas que possuíam o maior número de formigas em seu interior e realizadas as medidas morfométricas. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que apenas na caixa três não havia imaturos. Isto sugere que as formigas não utilizam a colmeia apenas como fonte de alimento, mas também como local de estabelecimento e manutenção de suas colônias, ou seja, além de pilharem os produtos das colmeias e eliminarem todas as abelhas, encontram nessas caixas condições adequadas para abrigar e desenvolver suas próprias colônias.

O grande número de rainhas encontradas nas caixas 1, 2 e 4 (mais de 2% dos adultos) sugere a poliginia. Por outro lado, o número relativamente baixo de formigas na nº 3, com ausência tanto de imaturos quanto de rainhas, poderia indicar uma recente infestação ou uma migração da maioria dos indivíduos para outro local ou a caixa.

A quantificação das formigas das colmeias 1, 2 e 4 ultrapassou os 73.400 indivíduos, o que demonstra que esta espécie de formiga pode formar colônias muito grandes, agravando seu potencial como causadora de danos por meio das invasões.

3.1.1 Tabela 1 Média e desvio padrão das 11 medidas morfométricas utilizadas como ferramenta de separação de subcastas de operárias de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae) (n=60 para cada medida) em quatro caixas de criação de *Apis mellifera* (Apidae: Apinae). Comprimento máximo da cabeça (CMC); largura máxima da cabeça (LMC); comprimento do escapo antenal (CEA); comprimento máximo do olho composto (CMOC); largura máxima do olho composto (LMOC); distância interocular (DI); largura máxima do segundo tergito gastral (LMSTG); medida de Weber (MW): distância da margem do pronoto, excluindo seu colar frontal, até a margem posterior do propódeo, medida em vista lateral; comprimento da tíbia posterior (CTP); largura máxima do pronoto (LMP) e largura máxima da mandíbula (LMM).

<i>MEDIDAS MORFOMÉTRICAS (mm)</i>	<i>Operárias mínimas</i>	<i>Operárias pequenas</i>	<i>Operárias médias</i>	<i>Operárias grandes</i>
CMC	1,72 ± 0,10	2,22 ± 0,18	2,44 ± 0,34	3,61 ± 0,21
LMC	1,35 ± 0,06	1,88 ± 0,20	2,14 ± 0,39	3,46 ± 0,23
CEA	2,15 ± 0,09	2,47 ± 0,09	2,50 ± 0,14	2,81 ± 0,12
CMOC	0,45 ± 0,03	0,55 ± 0,04	0,58 ± 0,06	0,70 ± 0,05
LMOC	0,36 ± 0,03	0,43 ± 0,03	0,52 ± 0,02	0,54 ± 0,06
DI	0,97 ± 0,04	1,23 ± 0,12	1,38 ± 0,23	2,17 ± 0,15
LMSTG	1,78 ± 0,13	2,28 ± 0,15	2,33 ± 0,15	3,03 ± 0,19
MW	2,62 ± 0,10	3,13 ± 0,13	3,26 ± 0,20	4,06 ± 0,22
CTP	2,78 ± 0,88	2,81 ± 0,12	2,91 ± 0,17	3,41 ± 0,18
LMP	1,12 ± 0,05	1,42 ± 0,09	1,52 ± 0,15	2,06 ± 0,11
LMM	0,36 ± 0,06	0,54 ± 0,08	0,61 ± 0,12	0,92 ± 0,09

Fonte: elaborado pelo autor

3.1.2 Tabela 2 Número de indivíduos pertencentes a diferentes castas de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae) (larvas, pupas, operárias (mínimas e pequenas), soldados (operárias médias e grandes) e rainhas) coletados nas caixas de criação de abelhas nº 1, 2, 3 e 4.

<i>Nº DA CAIXA</i>	<i>Nº DE LARVAS</i>	<i>Nº DE PUPAS</i>	<i>Nº DE OPERÁRIAS</i>	<i>Nº DE SOLDADOS</i>	<i>Nº DE RAINHAS</i>	<i>TOTAL DE INDIVÍDUOS</i>
1	616	5.730	17.172	4.212	5	27.730
2	359	10.552	11.740	1.759	1	24.410
3	0	0	5.153	2.467	0	7.620
4	438	5.494	12.396	2.961	75	21.289

Fonte: elaborado pelo autor

3.1.3 Figura 2 Operária mínima de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.4 Figura 3 Vista frontal da operária mínima de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.5 **Figura 4** Operária pequena de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.6 Figura 5 Vista frontal da operária pequena de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.7 **Figura 6** Operária média de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.8 Figura 7 Vista frontal da operária média de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.9 **Figura 8** Operária grande de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.10 Figura 9 Vista frontal da operária grande de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.11 **Figura 10** Rainha de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.1.12 **Figura 11** Vista frontal da rainha de *C. atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Fonte: elaborado por Dr. Fábio Rau Akashi Hernandez

3.2 Relação entre as castas e subcastas de *Camponotus atriceps* pelo perfil químico cuticular

Os espectros médios do perfil químico cuticular de *C. atriceps* revelaram oito grupos funcionais de maior relevância (Tabela 3). A identificação visual na distinção entre os espectros nem sempre é evidente, portanto, as intensidades de absorção foram utilizadas na construção de uma matriz para avaliar se há diferenças estatísticas significativas entre elas. Os resultados demonstram que há diferenças significativas entre os diferentes grupos, de forma que as castas e subcastas distintas apresentaram composição química cuticular bem definida (WL = 0,002; $p < 0,001$) (Figura 12).

A análise dos compostos químicos mostrou que cada casta e subcasta apresentam espectros médios similares. No entanto, a variação da intensidade dos picos indicou que cada grupo tem seu perfil químico característico e que quanto mais forte o sinal fotoacústico, maior é a proporção de compostos químicos na cutícula da formiga.

Na figura 13 é possível observar dois grupos definidos, um englobando operárias grandes, médias e pequenas; e outro grupo englobando rainhas, gines e operárias mínimas. Essas sobreposições provavelmente acontecem devido a maior similaridade entre os compostos químicos cuticulares de cada grupo (BLOMQUIST; BAGNÈRES, 2010). Essa similaridade provavelmente reflete semelhanças na função e comportamento dos indivíduos dentro da colônia. Assim, no primeiro grupo, as operárias grandes, médias e pequenas, por terem função de forragear, passam a maior parte do tempo fora do ninho. No segundo grupo, as gines, rainhas e operárias mínimas ficam no interior do ninho praticamente o tempo todo, aguardando a época de revoada, realizando oviposição, cuidando da cria e fornecendo alimento para as reprodutoras, respectivamente (JAFFÉ; SANCHEZ, 1984).

Em insetos sociais, a condição fisiológica do indivíduo está, de fato, relacionada ao perfil químico de sua cutícula (revisado em BLOMQUIST; BAGNERES, 2010). Em *Camponotus floridanus*, por exemplo, há uma distinção nítida entre os compostos químicos de rainhas e operárias, sendo que 18 compostos só são encontrados em rainhas férteis (ENDLER et al., 2004). Apesar da regulação da atividade de trabalho não ser centralizada (GORDON, 1997), sabe-se que os padrões de interações entre os indivíduos são mediados por sinais presentes na mistura de compostos químicos cuticulares (GREENE; GORDON, 2003; 2007). Estudos com este tema já mostraram que grandes quantidades de alcanos ramificados (metil,

dimetil e trimetil) também haviam sido encontrados em diferentes castas e subcastas de *C. fellah*, (BOULAY et al., 2007) e *C. vagus* (MESKALI et al., 1995).

Em *C. floridanus* o perfil cuticular também é específico para cada uma das duas castas (rainhas e operárias) e varia de acordo com o estado fisiológico do indivíduo. Em rainhas, essas variações estão ligadas ao ciclo de oviposição, já nas operárias provavelmente estão relacionadas ao desenvolvimento do ovário e com a idade dos indivíduos, dividindo as operárias em duas principais subcastas: cuidadoras da prole e forrageiras (ENDLER et al., 2004).

Com relação à composição química cuticular, os compostos que possuem diferentes isômeros (ligações duplas ou grupos metil) são aqueles associados ao reconhecimento colonial. Por outro lado, n-alcenos são importantes para proteção física, contra dessecação do indivíduo (HOWARD; BLOMQUIST, 2005). O mesmo foi observado em *C. textor*, e os hidrocarbonetos mais importantes para separar significativamente as subcastas, em sua maioria, foram monometilalcenos e dimetilalcenos.

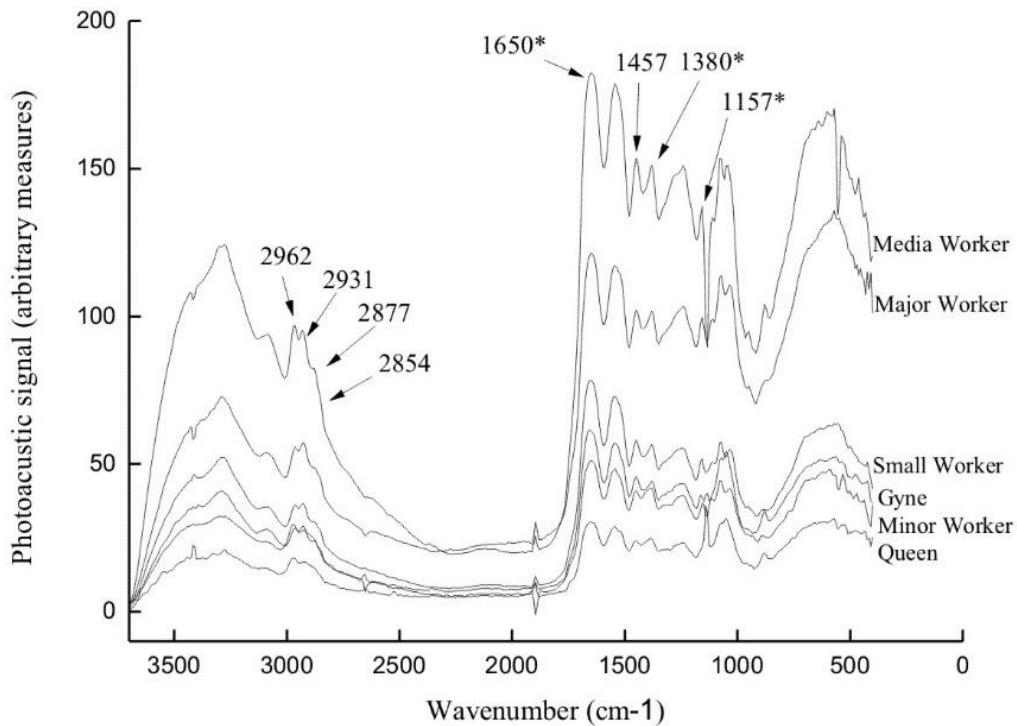
Por fim, Campos (2013) também observou que as castas morfológicas de *C. textor* apresentam perfis químicos cuticulares distintos que refletem especializações em seus repertórios comportamentais.

3.2.1 Tabela 3 Número de onda, grupos funcionais e os modos de vibração dos oito picos identificados nos espectros médios de absorção no infravermelho referentes às análises da composição química da cutícula de castas e subcastas de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae).

<i>Peak</i>	<i>Wavenumber (cm⁻¹)</i>	<i>Functional group</i>	<i>Vibration mode</i>
1	1157	C-H	Bending in the plane
2	1380	O-CH ₂	Twist out of the plane
3	1457	O-CH ₂	Scissors
4	1650	C=N (Amida I)	Stretching
5	2854	CH ₂	Symmetric stretching
6	2877	CH ₃	Symmetric stretching
7	2931	CH ₂	Asymmetric stretching
8	2962	CH ₃	Asymmetric stretching

Fonte: elaborado pela equipe do Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Dourados-MS, liderada pelo professor William Antonialli Junior.

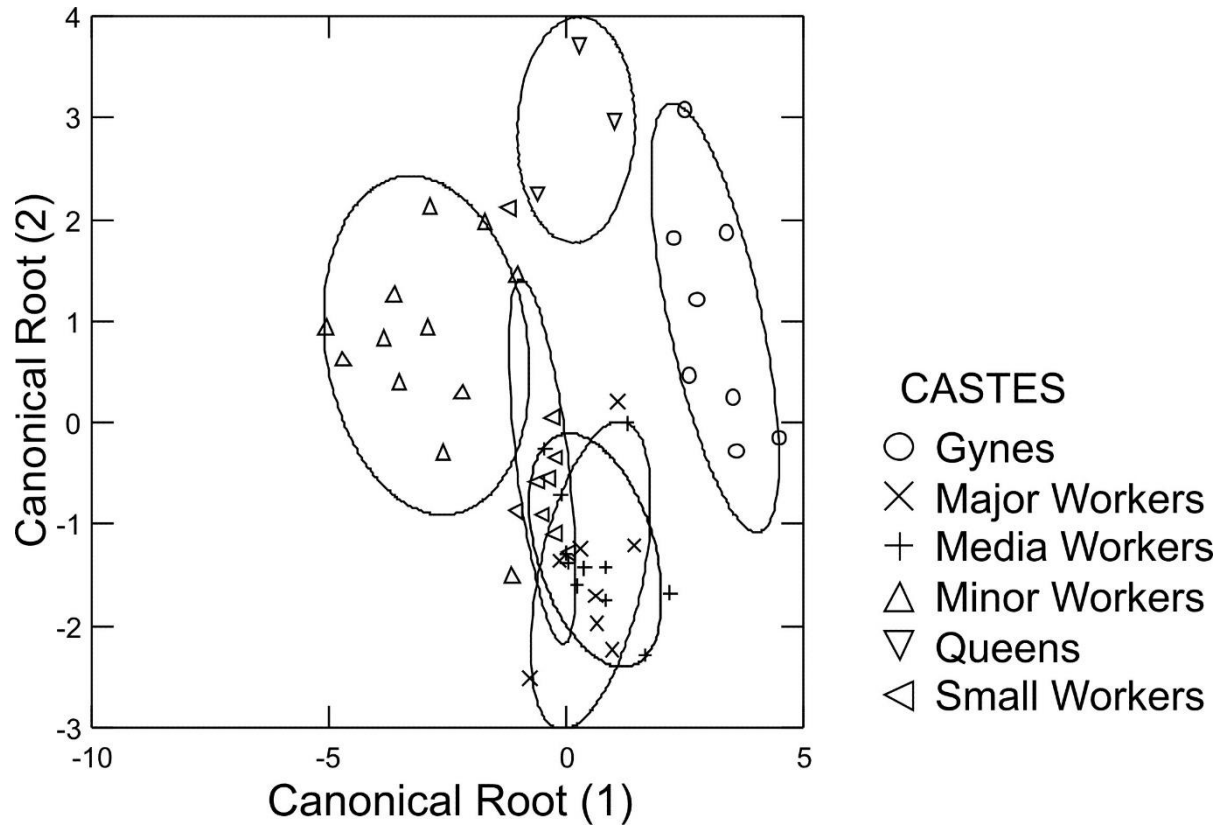
3.2.2 Figura 12 Curvas médias dos espectros de absorção fotoacústica relativas às castas e subcastas de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae), mostrando os 8 picos correspondentes aos hidrocarbonetos cuticulares com os destaques (*) dos três picos mais significativos para separação dos grupos.



Minor Worker: operária mínima; Small Worker: operária pequena; Media Worker: operária média; Major Worker: operária grande; Gyne: gine; Queen: Rainha

Fonte: elaborado pela equipe do Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Dourados-MS, liderada pelo pesquisador William Antonialli Junior.

3.2.3 Figura 13 Diagrama de dispersão dos resultados da análise discriminante mostrando as duas raízes canônicas para a diferenciação dos perfis químicos da cutícula de castas e subcastas de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae).



Minor Worker: operária mínima; Small Worker: operária pequena; Media Worker: operária média; Major Worker: operária grande; Gyne: gine; Queen: Rainha

Fonte: elaborado pela equipe do Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Dourados-MS, liderada pelo pesquisador William Antonialli Junior.

3.3 Relação entre os compostos químicos cuticulares e a estratégia de fragmentação de colônias de *Camponotus atriceps* para invadir colmeias de *Apis mellifera*

Na Figura 14 é possível observar diferenças entre os espectros médios dos compostos químicos dos diferentes focos de invasão. De fato, a análise discriminante revelou diferenças estatisticamente significativas entre eles ($WL = 0,032$, $p < 0,001$) (Figura 15), e a formação de três grupos: O primeiro formado pelos focos de invasão referentes às caixas de criação de abelhas nº 3, 6 e 8; o segundo formado pelo foco de invasão referente à caixa de criação de abelhas nº 2, 4, 5 e 7 e, ainda, um terceiro formado pelo foco de invasão referente à caixa de criação de abelhas nº 1.

Entre o primeiro e segundo grupo pode-se observar que houve maior sobreposição (Figura 15). No entanto, outra análise considerando apenas estes dois grupos, de fato, mostra que são significativamente diferentes ($WL = 0,123$; $p = < 0,001$), portanto, provavelmente trata-se de duas colônias distintas. Assim, a estratégia de invasão das formigas de acordo com os grupos formados foi representada na Figura 16.

De fato, de acordo com relatos de proprietários criadores, alguns meses após a invasão, as formigas realizam migração para uma nova caixa de abelha. Isso deve ocorrer, provavelmente, porque as formigas esgotam os recursos daquela caixa e de seu entorno, não havendo mais condições de manterem suas colônias. Portanto, essa invasão causa sérios problemas ecológicos para as abelhas (além dos econômicos para os criadores) (OLDROYD, 2007; VAN ENGELSDORP et al., 2007; 2008; 2009)

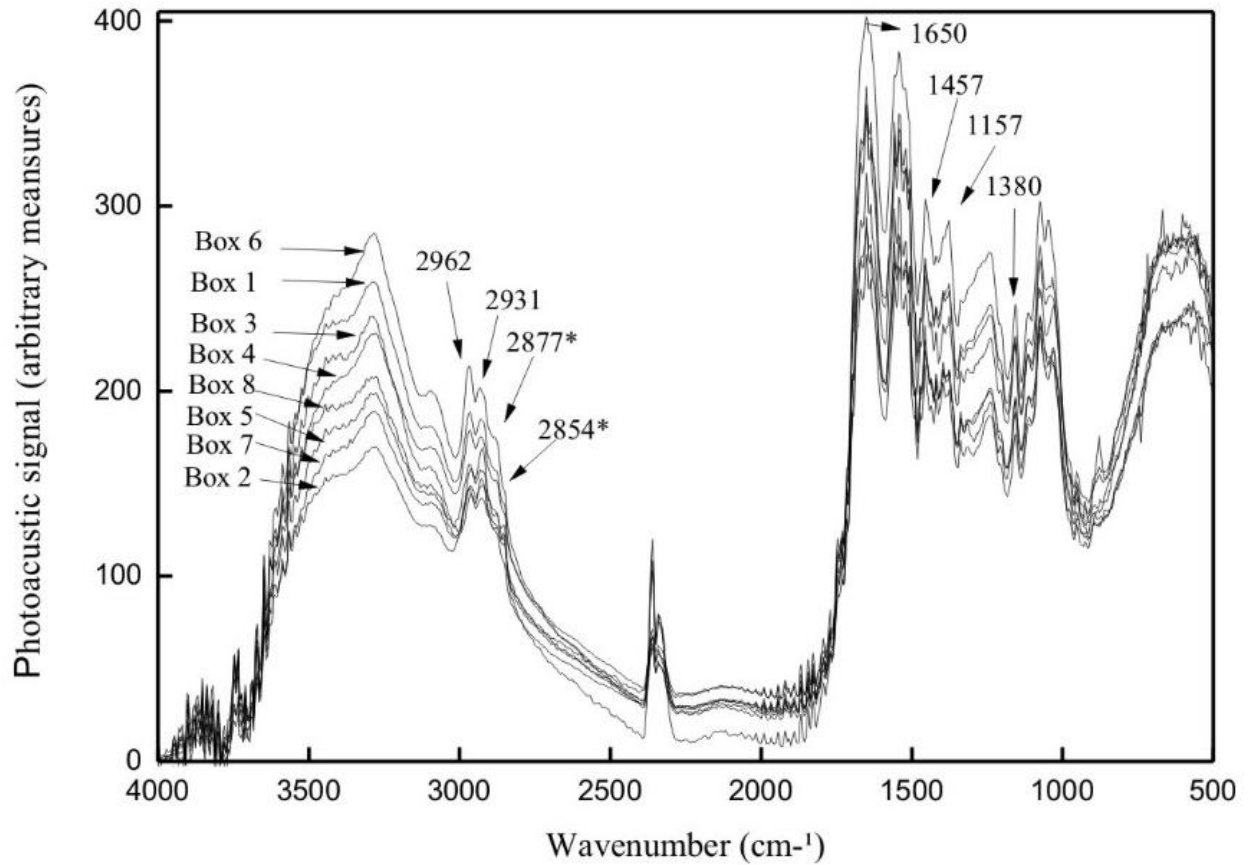
As caixas invadidas têm de ser substituídas por outras novas, uma vez que seu interior é totalmente destruído e contaminado pelas formigas. Entretanto, antes da substituição é necessário adotar medidas preventivas a uma nova invasão, já que havendo novamente a oferta de recursos alimentares em outras áreas da propriedade rural, as formigas poderiam retornar ao mesmo local ou realizar novas invasões. De acordo com Pereira et al. (2003), a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, setor de Produção de Mel) recomenda adotar medidas preventivas simples, como destruir os ninhos de formigas encontrados nas imediações dos apiários, realizar capinas frequentes no apiário (uma vez que a existência de plantas próximas às colmeias pode facilitar o acesso de inimigos naturais), não colocar as colmeias diretamente no solo, e sim, utilizar cavaletes enrolados em protetores contra a subida de formigas (como algodão ou estopa molhados com óleo queimado ou graxa ou funis invertidos feitos de garrafas plásticas do tipo PET).

Infelizmente, as invasões ocorrem à noite, período em que *C. atriceps* sai para forragear e migrar, quando não existe nenhum tipo de monitoramento da área por parte dos apicultores (MARCOLINO et al., 2000). Ao amanhecer, várias caixas de criação já foram invadidas e as abelhas mortas ou deslocadas para outros locais. O ataque a uma colmeia de *A. mellifera* é rápido, podendo acabar com as abelhas em poucas horas (TEIXEIRA; MARCOLINO, 1995). Por isso, mesmo antes do primeiro ataque é aconselhável seguir as medidas preventivas acima descritas e evitar perdas ecológicas e financeiras.

Marcolino et al. (2000) observaram, durante 5 dias, o comportamento de ataque/defesa de colmeias de *A. mellifera* por *C. atriceps* tanto no campo quanto em laboratório. Em ambas as observações os ataques às colmeias se deu a partir das 18h (com pico de atividade às 19h) e se estendeu até às 23h no laboratório e 6h no campo. Ficou bem caracterizada a função exercida por cada subcasta no processo de invasão: operárias pequenas entram rápida e furtivamente dentro da colmeia e vão direto para os alvéolos para pilharem preferencialmente mel e abelhas imaturas, enquanto que as maiores (soldados) entram em confronto direto com as abelhas adultas, esguichando-lhes ácido fórmico; isto causa uma intensa reação de alarme e ataque por parte das abelhas, que matam ou morrem por sua colmeia. Os autores concluem que as abelhas não conseguem se defender expressivamente dos ataques e que não houve nenhuma estratégia bem caracterizada de ataque/defesa por parte das duas espécies, provavelmente pelo contato recente entre as duas espécies, visto que *A. mellifera* foi introduzida no continente americano por volta de 1956.

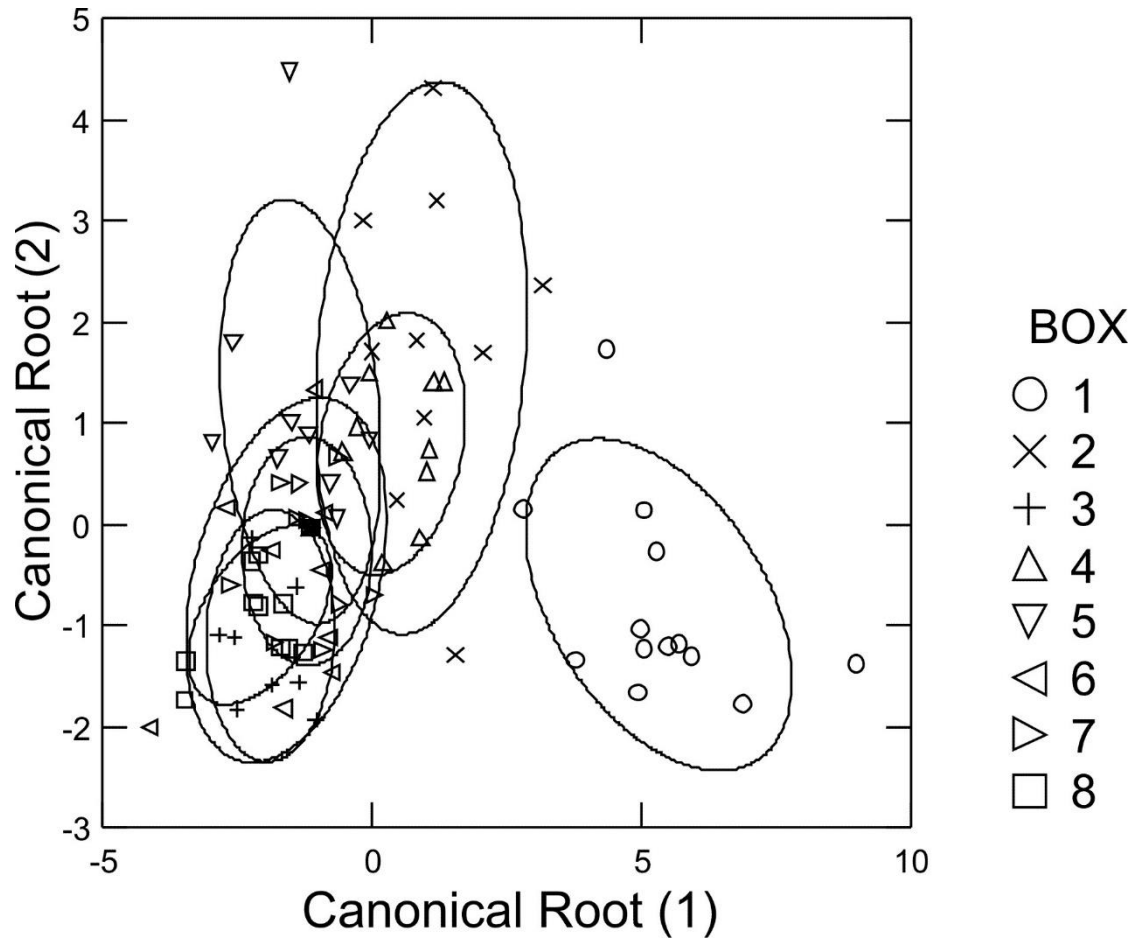
Dessa forma, o sucesso das formigas no ataque às colmeias estudadas provavelmente se deva ao grande número de indivíduos que compõem as colônias de *C. atriceps* (inclusive rainhas), à sua estratégia de reprodução por sociotomia e à repelência provocada pelo ácido fórmico, que juntos permitem a expansão de seu território de forrageamento e nidificação. Como as abelhas não apresentam nenhuma estratégia de defesa acabam sendo mortas ou migram para outros locais para evitarem o confronto.

3.3.1 Figura 14 Curvas médias dos espectros de absorção fotoacústica relativas às operárias maiores de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae) de focos de invasão de oito caixas de criação de *Apis mellifera* (Apidae: Apinae). Estão indicados os oito picos referentes aos hidrocarbonetos cuticulares e os dois picos (*) mais significativos na separação dos grupos.



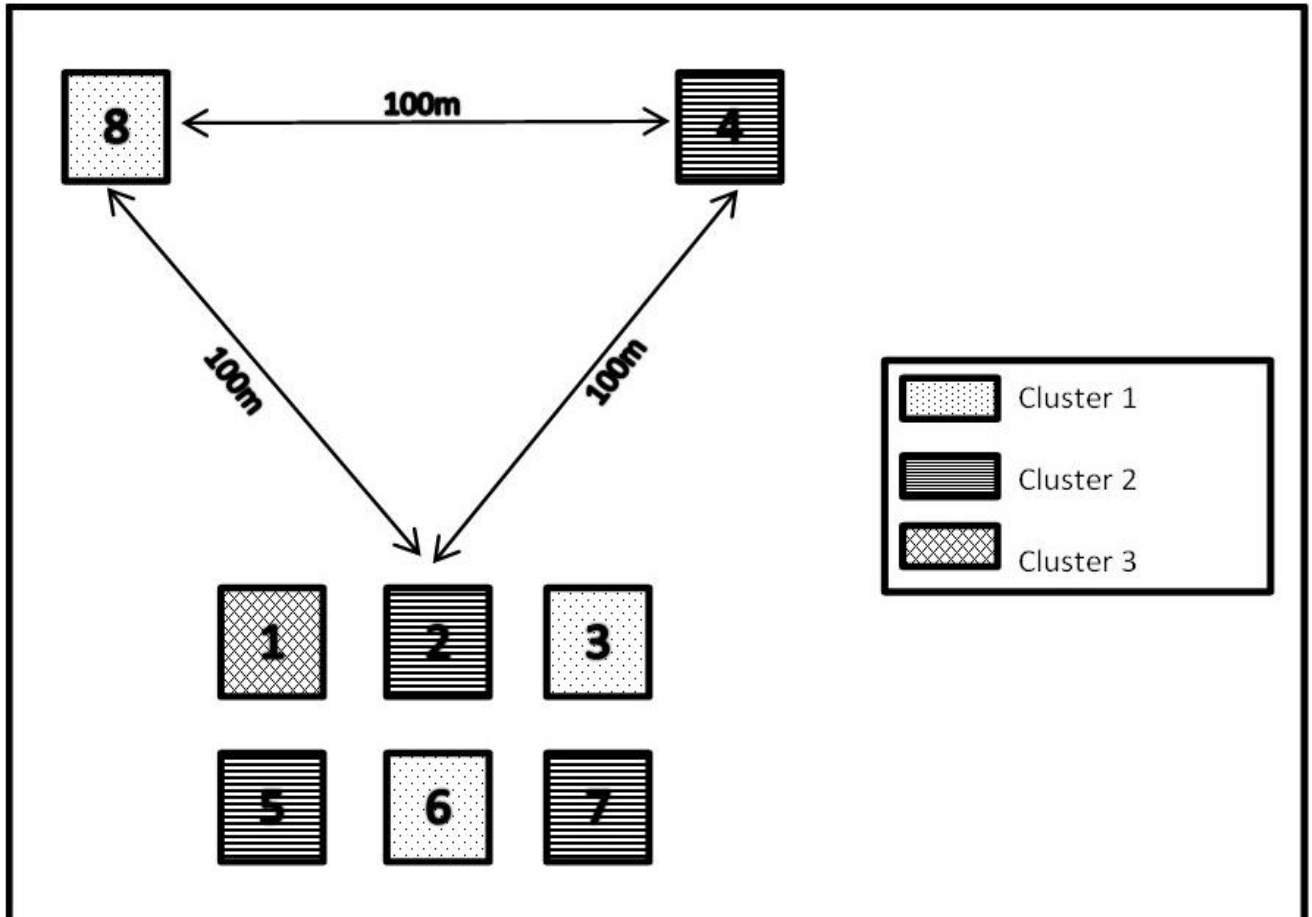
Fonte: elaborado pela equipe do Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Dourados-MS, liderada pelo pesquisador William Antonialli Junior.

3.3.2 Figura 15 Diagrama de dispersão dos resultados da análise discriminante mostrando as duas raízes canônicas para a diferenciação dos perfis químicos da cutícula de operárias maiores de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae) encontradas em oito colmeias de *Apis mellifera* (Apidae: Apinae).



Fonte: elaborado pela equipe do Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Dourados-MS, liderada pelo pesquisador William Antonialli Junior.

3.3.3 Figura 16 Representação da estratégia de fragmentação de colônias de *Camponotus atriceps* (Formicidae: Formicinae) para a invasão de colmeias de *Apis mellifera* (Apidae: Apinae) baseada na composição química cuticular de operárias maiores de diferentes focos de invasão.



Agrupamento 1 (Cluster 1): formado por uma colônia de formigas que invadiu as caixas de abelhas n^{os} 3, 6 e 8; Agrupamento 2 (Cluster 2): formado por uma segunda colônia de formigas que invadiu as caixas de abelhas n^{os} 2, 4, 5 e 7; Agrupamento 3 (Cluster 3): formado por uma terceira colônia de formigas que invadiu a caixa de abelhas n^o 1.

Fonte: elaborado pela Dr^a. Viviane Cristina Tofolo Chaud

4. CONCLUSÃO

As análises morfométricas foram corroboradas pela análise dos compostos químicos cuticulares, o que permite inferir que cada casta e subcasta morfológica da espécie *Camponotus atriceps* pode ser reconhecida nas colônias por perfis de compostos químicos cuticulares distintos. Além disto, as análises químicas também permitiram compreender como as formigas se organizaram para atacar as oito colmeias invadidas. Neste sentido, de acordo com os resultados, somente três colônias de *C. atriceps* invadiram as oito colônias de abelhas, sendo que uma sofreu sociotomia e invadiu três caixas; a segunda, provavelmente ainda não tinha sofrido migração de parte dos indivíduos, então, todos se encontravam em apenas uma caixa; e a terceira, também sofreu sociotomia e invadiu um total de quatro caixas de criação.

Dessa forma, foi possível concluir que esta formiga usa a estratégia de fragmentação de suas colônias para otimizar a busca e coleta de recursos invadindo várias colmeias simultaneamente. Além disto, pode, enquanto houver condições ideais, usar a caixa abandonada para abrigar parte de sua colônia.

A quantificação das formigas invasoras das colmeias demonstrou que esta espécie de formiga pode formar colônias muito grandes, agravando seu potencial como causadora de danos por meio das invasões.

REFERÊNCIAS

- ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. et al. Comparative study of the cuticular hydrocarbon in queens, workers and males of *Ectatomma vizottoi* (Hymenoptera, Formicidae) by Fourier transform-infrared photoacoustic spectroscopy. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 6, n. 3, p. 492-499, 2007.
- ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. et al. Intra and interspecific variation of cuticular hydrocarbon composition in two *Ectatomma* species (Hymenoptera: Formicidae) based on Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 7, n. 2, p. 559-566, 2008.
- ABDALLA, F. C. et al. Comparative study of the cuticular hydrocarbon composition of *Melipona bicolor* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Meliponini) workers and queens. Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 2, n. 2, p. 191-199, 2003.
- BESTELMEYER, B. T.; SCHOOLEY, R. L. The ants of the southern Sonoran desert: community structure and the role of trees. Biodiversity and Conservation, Netherlands, v. 8, n. 5, p. 643-657, 1999.
- BLOMQUIST, G. J. et al. The cuticle and cuticular hydrocarbons of insects: structure, function and biochemistry. In: VANDER MEER, R. K. et al. (Ed.). Pheromone Communication in Social Insects. Boulder: Westview Press, 1998. p. 34-54.
- BICHO, C. L.; BRANÇÃO, M. C. L.; PIRES, S. M. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) em hospitais e postos de saúde no município de Bagé, RS. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 373-377, 2007.
- BLOMQUIST, G. J.; BAGNÈRES, A. G. Introduction: history and overview os insect hydrocarbons. In: _____ (Ed.). Insect hydrocarbons: biology, biochemistry and chemical ecology. Cambridge: University Press, 2010. p. 3-18.
- BOLTON, B. et al. Bolton's Catalogue of Ants of the World: 1758-2005. [S.I.]: Harvard University Press, 2007. CD-ROM.
- BONAVITA-COUGOURDAN, A.; CLÉMENT, J. L.; LANGE, C. Nestmate recognition: the role of cuticular hydrocarbons in the ant *Camponotus vagus* Scop. Journal of Entomological Science, Hanover, v. 22, p. 1-10, 1987.
- BONAVITA-COUGOURDAN, A.; CLÉMENT, J. L.; POVEDA, A. Les hydrocarbures et lès processus de reconnaissance chez les Fourmis: Le code d'information complexe de *Camponotus vagus*, Actes Coll. Insectes Sociaux, Paris, v. 6, p. 273-280, 1990.
- BONAVITA-COUGOURDAN, A.; CLÉMENT, J. L.; LANGE, C. Functional subcaste discrimination (foragers and brood-tenders) in the ant *Camponotus vagus* scop.: polymorphism of Cuticular hydrocarbon patterns. Journal of Chemical Ecology, New York, v. 19, n. 7, p. 1461-1477, 1993.

BOULAY, R. et al. Intraspecific competition in the ant *Camponotus cruentatus*: should we expect the 'dear enemy' effect? Animal Behavior, Waltham, v. 74, p. 1-9, 2007.

BUSHER, C. E.; CALABI, P.; TRANIELLO, J. F. A. Polymorphism and division of labor in the neotropical ant *Camponotus sericeiventris* Guerin (Hymenoptera: Formicidae). Annals of the Entomological Society of America, Annapolis, v. 78, n. 2, p.221-228, 1985.

CAMPOS, M. C. G. et al. Cuticular Hydrocarbon Variation of Castes and Sex in the Weaver Ant *Camponotus textor* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, Feira de Santana, v. 59, n. 3, p. 1025-1036, 2012.

CAMPOS-FARINHA, A. E. Urban Pests Ants of Brazil. In: LEE, C. Y.; ROBINSON, W. H. (Ed.) Proceedings of the Fifth International Conference on the Urban Pests. Malaysia: Ed. Perniagaan Ph'ng, 2005. p. 81-84.

CAMPOS-FARINHA, A. E. C. et al. Formigas urbanas. Boletim Técnico do Instituto Biológico, São Paulo, n. 8, p. 5-20, 1997.

CUVILLIER-HOT, V. V. et al. Sex, age and ovarian activity affect cuticular hydrocarbons in *Diacamma ceylonense*, a queenless ant. Journal of Insect Physiology, London, v. 47, n. 4-5, p. 485-493, 2001.

DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Multivariate morphometrics and allometry in a polymorphic ant. Insectes Sociaux, Paris, v. 41, n. 2, p. 153-163, 1994.

ENDLER, A. et al. Surface hydrocarbons of queen eggs regulate worker reproduction in a social insect. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, United States, v. 101, n. 9, p. 2945-2950.

ESPADALER, X; RETANA, J.; CERDÁ, X. The caste system of *Camponotus foreli* Emery (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, Chico, v. 17, n. 2, p. 299-312, 1990.

ESPELIE, K. E.; HERMANN, H. R. Surface lipids of the social wasp *Polistes annularis* (L.) and its nest and nest pedicel. Journal of chemical Ecology, New York, v. 16, n. 6, p. 1841-1852, 1990.

FJERDINGSTAD, E. J.; CROZIER, R. H. The evolution of worker caste diversity in social insects. The American Naturalist, Chicago, v. 167, n. 3, p. 390-400, 2006.

GORDON, S. H. et al. Identification of Fourier transform infrared photoacoustic spectral features for detection of *Aspergillus flavus* infection in corn. International Journal of Food Microbiology, Amsterdam, v. 35, n. 2, p. 179-186, 1997.

GREENE, M. J.; GORDON, D. M. Social Insects: Cuticular hydrocarbons inform task decisions. Nature, London, v. 423, n. 6935, p. 32, 2003.

HOWARD, R. W.; BLOMQUIST, G. J. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 50, p. 371-393, 2005.

- HÖLLDOBLER, B. Communication in social hymenoptera. In: SEBEOK, T. A (Ed.). How animals communicate. Bloomington: Indiana University Press, 1977. p 418-471.
- JAFFE, K.; SANCHEZ, C. On the nestmate recognition system and territorial marking behaviour in the ant *Camponotus rufipes*. Insectes Sociaux, Paris, v. 31, n. 3, p. 302-315, 1984.
- KEMPF, W. W. Catálogo abreviado das formigas da Região Neotropical. Studia Entomologica, São Paulo, v. 15, p. 1-344, 1972.
- LENOIR, A. et al. Individuality and colonial identity in ants: the emergence of the social representation concept. In: DETRAIN, C.; DENEUBOURG, J. L.; PASTEELS, J. M (Ed.). Information Processing in Social Insects, Bruxelles: Birkhäuser, 1999. p 219-237.
- LONGINO, J. T. *Camponotus atriceps* (Fr. Smith 1858) 22/02/2002. Disponível em: <<http://academic.evergreen.edu/projects/ants/genera/camponotus/species/atriceps/atriceps.htm>>. Acesso em: 01 set. 2012.
- LOPES, D. T. et al. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. Iheringia. Série Zoologia, Porto Alegre, v. 100, n. 1, p. 84-90, 2010.
- MAGALHÃES, E. O. Apicultura - alternativa de geração de emprego e renda. [201-?] Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo11.htm>>. Acesso em: 15 abr 2012.
- MAIA, Z. P. G.; GUSMÃO, A. B.; BARROS, T. F. Formiga como fator de risco para infecções nosocomiais. Revista de Saúde e Biologia, Campo Mourão, v. 4, n. 2, p. 47-51, 2009.
- MARCOLINO, M. T.; BRANDEBURGO, M. A. M.; OLIVEIRA-JUNIOR, W. P. Aspectos comportamentais da interação entre formigas *Camponotus atriceps* Smith (Hymenoptera, Formicidae) e abelhas africanizadas *Apis mellifera* (L.) (Hymenoptera, Apidae). Naturalia, São Paulo, v. 25, p. 321-330, 2000.
- MESKALI, M. et al. Mechanism underlying cuticular hydrocarbon homogeneity in the ant *Camponotus vagus* (Scop.) (Hymenoptera: Formicidae): Role of post-pharyngeal glands. Journal of Chemical Ecology, New York, v. 21, n. 8, p. 1127-1148, 1995.
- NEVES, E. F. et al. Age-related changes in the surface pheromones of the wasp *Mischocyttarus consimilis* (Hymenoptera: Vespidae). Genetics and Molecular Research, Ribeirão Preto, v. 11, n. 3, p. 1891-1898, 2012.
- NEVES, E. F. et al. Social parasitism and dynamics of cuticular hydrocarbons in paper wasp of the *Mischocyttarus*. Journal of the Kansas Entomological Society, Lawrence, v. 86, n. 1, p. 69-77, 2013.
- OLDROYD, B. P. What's killing American honey bees? PLoS Biology, San Francisco, v. 5, n. 6, e.168, 2007.

OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. Arquivo do Instituto Biológico, São Paulo, v. 72, n.1, p. 33-39, 2005.

OSTER, G.; WILSON, E. O. Caste and ecology in the social insects. Princeton: Princeton Univ. Press, 1978. 352 p.

PEREIRA, F. M. et al. Doenças e inimigos naturais das abelhas. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/doencas.htm>>. Acesso em: 15 Abr. 2012.

PFEIFFER, M.; LINDENMAIR, K. E. Polydomy and the organization of foraging in a colony of the Malaysian giant ant *Camponotus gigas* (Hym. / Form.). Oecologia, Berlin, v. 117, n. 4, p. 579-590, 1998.

SHOREY, H. H. Behavioral responses to insect pheromones. Annual Review of Entomology, Palo Alto, v. 18, p. 349-380, 1973.

SMITH, B. C. Infrared spectral interpretation: a systematic approach. Boca Raton: CRC Press, 1999. 265 p.

SINGER, T. L.; ESPELIE, K. E.; GAMBOA, G. J. Nest and nestmate discrimination in independent-founding wasps. In: VANDER MEER, R. K. et al. (Ed.). Pheromone communication in social insects. Boulder: Westview Press, 1998, p. 104-125.

SOUZA, D. C. Apicultura-manual do agente de desenvolvimento rural. 2007. SEBRAE. Disponível em: <[http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/E1FB6C578922890F8325739200634514/\\$File/NT000372DA.pdf](http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/E1FB6C578922890F8325739200634514/$File/NT000372DA.pdf)>. Acesso em: 15 Abr. 2012.

SOARES, N. S. et al. Levantamento da Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) na Região Urbana de Uberlândia, MG. Neotropical Entomology, Londrina, v. 35, n. 3, p. 324-328, 2006.

STIRLING, F. The honeybees' own troubles. The Florida Entomologist, Lutz, v. 4, n. 4, p. 56-58, 1921.

TEIXEIRA, F. M.; MARCOLINO, M. T.; BRANDEBURGO, M. A. Caracterização do processo de invasão de uma colônia de abelhas africanizadas *Apis mellifera* por formigas carpinteiras *Camponotus atriceps* (Formicidae). In: ENCONTRO NACIONAL DE ETOLOGIA, 15., 1997, São Carlos. Anais... São Carlos: Sociedade Brasileira de Etologia, 1997. p. 301.

TOFOLO, V. C. et al. Polydomy in the ant *Ectatomma opaciventre*. Journal of Insect Science, Tucson, v. 14, n. 21, p. 1-16, 2014.

VALENTIN, J. L. Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2000. 117 p.

VAN ENGELSDORP, D. et al. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006–2007: a report commissioned by the Apiary Inspectors of America. American Bee Journal, Hamilton, v. 147, p. 599–603, 2007.

VAN ENGELSDORP, D. et al. A survey of honey bee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. PLoS ONE, San Francisco, v. 3, n. 12, e. 4071, n. 2008.

VAN ENGELSDORP, D. et al. Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. PLoS ONE, v. 4, n. 8, e. 6481, 2009.

WALKER, J.; STAMPS, J. A test of optimal caste ratio theory using the ant *Camponotus (colobopsis) impressus*. Ecology, Washington, v. 67, n. 4, p. 1052-1062, 1986.

WHEELER, D. E. The developmental basis of worker caste polymorphism in ants. American Naturalist, Chicago, v. 138, n. 5, p. 1218-1238, 1991.

WILSON, E. O. The insect societies. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University, 1971, 548 p.

WILSON, E. O. The soldier of the ant *Camponotus (Colobopsis) fraxinicola* as a trophic caste. Psyche a journal of entomology, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 182-188, 1974.

Prof. Dr. Edilberto Giannotti

Orientador

Dra. Viviane Cristina Tofolo Chaud

Co-orientadora

Marcos Rogério Simões

Aluno