
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

**Dinâmica populacional, forrageamento e exposição de
operárias de *Ectatomma opaciventre* (Hymenoptera:
Formicidae) a iscas formicidas contendo sulfluramida,
fipronil e clorpirifós**

VIVIANE CRISTINA TOFOLO

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
campus de Rio Claro, para a obtenção
do título de Doutor em Ciências
Biológicas (área de concentração:
Zoologia)

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Janeiro de 2011

VIVIANE CRISTINA TOFOLO

Dinâmica populacional, forrageamento e exposição de operárias de *Ectatomma opaciventre* (Hymenoptera: Formicidae) a iscas formicidas contendo sulfluramida, fipronil e clorpirifós

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (área de concentração: Zoologia)

Orientador: Prof. Dr. Edilberto Giannotti

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
20 de Janeiro de 2011

VIVIANE CRISTINA TOFOLO

**Dinâmica populacional, forrageamento e exposição de
operárias de *Ectatomma opaciventre* Roger, 1861
(Hymenoptera: Formicidae) a iscas formicidas contendo
sulfluramida, fipronil e clorpirifós**

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
campus de Rio Claro, para a obtenção
do título de Doutor em Ciências
Biológicas (área de concentração:
Zoologia)

Comissão examinadora:

1. Prof. Dr. Edilberto Giannotti
2. Prof. Dr. Fabio Prezoto
3. Profa. Dra. Maria Santana de Castro Morini
4. Prof. Dr. Odair Correa Bueno
5. Prof. Dr. Claudio José Von Zuben

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
20 de Janeiro de 2011

A Deus,

A minha amada mãe Marisete (*in memoriam*),

Ao meu amado pai Carlos (*in memoriam*),

Ao meu amado esposo Matheus.

DEDICO

UMA TESE É UMA TESE

Mario Prata

Sabe tese, de faculdade? Aquela que defendem? Com unhas e dentes? É dessa tese que eu estou falando. Você deve conhecer pelo menos uma pessoa que já defendeu uma tese. Ou esteja defendendo. Sim, uma tese é defendida. Ela é feita para ser atacada pela banca, que são aquelas pessoas que gostam de botar banca.

As teses são todas maravilhosas. Em tese. Você acompanha uma pessoa meses, anos, séculos, defendendo uma tese. Palpitantes assuntos. Tem tese que não acaba nunca, que acompanha o elemento para a velhice. Tem até teses pós-morte.

O mais interessante na tese é que, quando nos contam, são maravilhosas, intrigantes. A gente fica curiosa, acompanha o sofrimento do autor, anos a fio. Aí ele publica, te dá uma cópia e é sempre - sempre - uma decepção. Em tese. Impossível ler uma tese de cabo a rabo.

São chatíssimas. É uma pena que as teses sejam escritas apenas para o julgamento da banca circumspecta, sisuda e compenetrada em si mesma. E nós?

Sim, porque os assuntos, já disse, são maravilhosos, cativantes, as pessoas são inteligentíssimas. Temas do arco-da-velha. Mas toda tese fica no rodapé da história. Pra que tanto sic e tanto apud? Sic me lembra o Pasquim e apud não parece candidato do PFL para vereador? Apud Neto.

Escrever uma tese é quase um voto de pobreza que a pessoa se autodecreta. O mundo para, o dinheiro entra apertado, os filhos são abandonados, o marido que se vire. Estou acabando a tese. Essa frase significa que a pessoa vai sair do mundo. Não por alguns dias, mas anos. Tem gente que nunca mais volta.

E, depois de terminada a tese, tem a revisão da tese, depois tem a defesa da tese. E, depois da defesa, tem a publicação. E, é claro, intelectual que se preze, logo em seguida embarca noutra tese. São os profissionais, em tese. O pior é quando convidam a gente para assistir à defesa. Meu Deus, que sono. Não em tese, na prática mesmo.

Orientados e orientandos (que nomes atuais!) são unânimes em afirmar que toda tese tem de ser - tem de ser! - daquele jeito. É pra não entender, mesmo. Tem de ser formatada assim. Que na Sorbonne é assim, que em Coimbra também. Na Sorbonne, desde 1257. Em Coimbra, mais moderna, desde 1290. Em tese (e na prática) são 700 anos de muita tese e pouca prática.

Acho que, nas teses, tinha de ter uma norma em que, além da tese, o elemento teria de fazer também uma tesão (tese grande). Ou seja, uma versão para nós, pobres teóricos ignorantes que não votamos no Apud Neto.

Ou seja, o elemento (ou a elementa) passa a vida a estudar um assunto que nos interessa e nada. Pra quê? Pra virar mestre, doutor? E daí? Se ele estudou tanto aquilo, acho impossível que ele não queira que a gente saiba a que conclusões chegou. Mas jamais saberemos onde fica o bicho da goiaba quando não é tempo de goiaba. No bolso do Apud Neto?

Tem gente que vai para os Estados Unidos, para a Europa, para terminar a tese. Vão lá nas fontes. Descobrem maravilhas. E a gente não fica sabendo de nada. Só aqueles sisudos da banca. E o cara dá logo um dez com louvor. Louvor para quem? Que exaltação, que encômio é isso?

E tem mais: as bolsas para os que defendem as teses são uma pobreza. Tem viagens, compra de livros caros, horas na Internet da vida, separações, pensão para os filhos que a mulher levou embora. É, defender uma tese é mesmo um voto de pobreza, já diria São Francisco de Assis. Em tese.

Tenho um casal de amigos que há uns dez anos prepara suas teses. Cada um, uma. Dia desses a filha, de 10 anos, no café da manhã, ameaçou:

- Não vou mais estudar! Não vou mais na escola.

Os dois pararam - momentaneamente - de pensar nas teses.

- O quê? Pirou?

- Quero estudar mais, não. Olha vocês dois. Não fazem mais nada na vida. É só a tese, a tese, a tese. Não pode comprar bicicleta por causa da tese. A gente não pode ir para a praia por causa da tese. Tudo é pra quando acabar a tese. Até trocar o pano do sofá. Se eu estudar vou acabar numa tese. Quero estudar mais, não. Não me deixam nem mexer mais no computador. Vocês acham mesmo que eu vou deletar a tese de vocês?

Pensando bem, até que não é uma má idéia!

Quando é que alguém vai ter a prática idéia de escrever uma tese sobre a tese? Ou uma outra sobre a vida nos rodapés da história?

Acho que seria uma tesão.

*(Crônica publicada no jornal "O Estado de São Paulo",
Quarta-feira, 7 de outubro de 1998, CADERNO 2)*

AGRADECIMENTOS

Obrigada Deus pela força que tenho recebido todos os dias. Dias repletos de dor e saudade, mas ao mesmo tempo cheio de amor de todos que me rodeiam. Obrigada pela persistência, por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis. Todas as dificuldades fizeram de mim uma pessoa mais forte e madura.

Obrigada aos meus pais, Carlos e Marisete, por me darem uma vida cheia de amor e carinho. Se eu pudesse listar aqui as qualidades que um filho desejaria encontrar em seus pais, todas descreveriam vocês. Gostaria muito de ter convivido um pouco mais com vocês, mas infelizmente Deus os chamou pra perto antes mesmo que pudéssemos imaginar. Sei da alegria e orgulho que teriam se pudessem estar aqui nesse momento para ver mais uma conquista como essa, já que prezavam tanto pelo estudo das filhas que tiveram. Talvez esse tenha sido o principal motivo que me fez continuar, pois não seria justo com vocês interromper todo esse trabalho. Daqui, ofereço a vocês e agradeço pela oportunidade de estudo que me deram. Daí, me desejem sorte na vida de agora em diante e sempre que possível me acompanhem e amparem.

Obrigada a você, meu mestre, professor doutor Edilberto Giannotti, carinhosamente chamado de Betinho, primeiro pelos ensinamentos científicos, depois pela amizade e paciência em tolerar meus “afastamentos” necessários. Obrigada por me reerguer no começo do meu doutorado e agora, no final dele. A descontração do ambiente de trabalho da sua sala é essencial para a motivação dos alunos, pois lá nos sentimos em outro mundo; é como se nossos problemas desaparecessem.

Obrigada ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento deste trabalho.

Obrigada ao professor doutor Marcos Aparecido Pizano pelas correções dos relatórios, pela compreensão dos problemas que tivemos com os experimentos e por todos os ensinamentos desde a época de graduação. Obrigada também por sempre buscar em Limeira as iscas que nunca encontrei em Rio Claro.

Ao professor William Fernando Antonialli-Junior, professor doutor da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul em Dourados/MS, e sua equipe de alunos, pela parceria no desenvolvimento das análises dos hidrocarbonetos cuticulares das minhas formiguinhas. Além disso, é claro, pela ajuda na interpretação dos resultados em “grego”.

Obrigada ao professor José Chaud Netto. Você foi meu pai, meu professor, meu amigo. Muitos professores deveriam se espelhar na sua competência e honestidade, qualidades raras hoje em dia. Muito obrigada pelas correções e pelos maravilhosos livros os quais me foram presenteados. Lembranças pra vida toda. Que Deus te dê muita saúde para que continue em atividade por muitos anos.

Obrigada ao João Covre do jardim experimental, pela força nos braços na hora de pegar na enxada e esburacar os terrenos do Jardim América e Floridiana na coleta dos meus ninhos.

Obrigada ao Sérgio Pascon por ter me fornecido por muitas vezes a farinha e as larvas de tenébrio que tanto alimentaram minhas formigas no Biotério.

Obrigada a todos os companheiros de departamento, amigos, professores e funcionários, pelos cafezinhos e pelas *pizzadas* regadas de muitas gargalhadas. Aos companheiros de sala: Agda Alves da Rocha, Adolfo da Silva Melo, Olga Coutinho Togni, Gabriela de Almeida Locher, Hugo Ribeiro Moleiro e Marcos Rogério Simões. Um agradecimento especial à Gábi, Hugo e Marcos, que como formiguinhas cooperaram nos trabalhos de campo.

Obrigada a você, minha eterna amiga Erica Albino. É minha companheira desde a época de graduação, quando passamos momentos memoráveis com a turma de “ecochatos” que tanto nos faziam rolar no chão de tanto rir. Quero levar sua amizade comigo pelo resto da vida, pois sem ela, não teria aquele ombro amigo que tanto secou minhas lágrimas nos piores momentos de minha vida. Estar perto de você é sempre uma alegria. Impossível ficar triste. Torço muito por você.

Obrigada à minha irmã Káthia, por ser uma pessoa extremamente doce e por ter me dado um filhinho, quer dizer, sobrinho, ma-ra-vi-lho-so! A pureza do coraçãozinho de vocês contagia quem estiver por perto. Admiro muito sua garra como mãe, esposa e profissional.

Obrigada à minha irmã Danielle, pelo coração que transborda bondade e pelo pulso forte nos momentos em que fraquejamos. Espelho-me em você como profissional e estarmos juntas é garantia de boas risadas sempre.

Obrigada à minha querida Shirlei por fazer parte de minha vida. Você nem imagina o quanto sou feliz por tê-la ao meu lado em todos os momentos, sejam eles alegres ou tristes. Somente uma pessoa especial como você poderia se dedicar a mim e toda minha família de forma tão bondosa e carinhosa por todos os dias de nossas vidas. Desejo tudo de melhor pra você, principalmente muito anos de vida, para que possamos desfrutá-los em sua agradável companhia. Amo muito você !

Obrigada ao meu marido Matheus por existir. Hoje não tenho mais dúvidas de que me ama muuuuito, porque agüentar alguém no período final da tese não é fácil. Nem eu mesma me agüento às vezes... Somente uma pessoa maravilhosa como você poderia me dar tanto amor, compreensão e calma nos momentos em que o *Windows* travava e eu tinha vontade de jogar o *note* pela janela... Brincadeiras à parte, obrigada meu amor pelo apoio de sempre, pelas críticas, sugestões, por ir pra campo e laboratório comigo nos finais de semana e feriados. Obrigada pelas traduções que foram feitas e por aquelas que ainda estão por vir ! Você sabe o quanto eu sou agradecida por tudo e o quanto eu te admiro e te amo, claro!!! Sua companhia em todos os momentos da minha vida foi necessária para que eu desse andamento nos meus projetos pessoais e profissionais. Obrigada! Mesmo!

Agradeço a todos os demais familiares, que são muitos por sinal. Cada um contribuiu de sua forma. Não me esqueço de nenhum de vocês.

Agradeço às minhas formigas por sempre cooperarem com as observações e as peço desculpas por oferecer as iscas apetitosas que tanto as exterminaram. É tudo em prol da ciência...

Perdoem-me se esqueci de alguém. A correria muitas vezes nos faz cometer alguns deslizes... Alguns desses imperdoáveis, eu sei. Por isso, agradeço aqui a TODOS que contribuíram com esse trabalho. Um grande abraço a vocês.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagem de satélite da área de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre* (destacada pelo círculo vermelho) e do seu entorno na área urbana de Rio Claro/SP (22° 22' 49,73''S; 47° 33' 48,87''O)

Figura 2 – Orifício de entrada típico do ninho da formiga *Ectatomma opaciventre* representado por uma estrutura em forma de “chaminé”, indicado pela seta vermelha

Figura 3 – Ninhos de *Ectatomma opaciventre* em laboratório: (a) ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor; (b) caixa de vidro para acomodação do ninho de gesso e arena de forrageamento

Figura 4 – Imagem de satélite da área de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre* no Bairro Jardim Floridiana, destacada pelo círculo amarelo (denominada “JF”) (22° 22' 49,73''S; 47° 33' 48,87''O) e da área “JA”, utilizada por Antonialli-Junior & Giannotti (1997) no Bairro Jardim América, destacada pelo círculo vermelho (22°22'49,44''S; 47°33'02,08''O), ambas no município de Rio Claro/SP

Figura 5 – Mapeamento dos ninhos de *Ectatomma opaciventre* numerados de 1 a 33. A área de estudo (“JF”) encontra-se delimitada pela linha azul e a área hachurada corresponde a um depósito de entulho; apenas os círculos pretos e o vermelho indicam os ninhos coletados; a única rainha encontrada estava presente no ninho nº11

Figura 6 – Espectro referente ao abdome da formiga da espécie *Ectatomma opaciventre* de colônias diferentes

Figura 7 - Dendrograma para colônias da formiga *Ectatomma opaciventre* coletadas em diferentes localidades: JF 1, JF 2, JF 4, JF 5, JF 6, JF 8, JF 9 e JF 11 compreendem os ninhos da área JF dos quais as operárias foram utilizadas; Rainha JF 11 indica que a rainha foi retirada do ninho 11; Gine JF 4 indica que a gine foi retirada do ninho 4; Rainha JA e OP JA indicam que rainha e operárias são provenientes da área JA, respectivamente

Figura 8 – Imagem de satélite da área de estudo das colônias de *Ectatomma opaciventre* no Bairro Jardim Floridiana em Rio Claro/SP (contornada de vermelho) - (22° 22'42,31''S e 47° 33' 38,67''O)

Figura 9 – Coeficiente de Correlação de Spearman para as variáveis tempo e distância de forrageamento de operárias de *Ectatomma opaciventre*

Figura 10 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 11 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 12 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 3 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 13 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 14 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 15 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 16 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 17 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 18 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 19 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

Figura 20 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 21 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 22 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 3 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 23 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 24 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 25 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 26 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 27 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 28 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 29 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

Figura 30 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 31 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 32 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 3 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 33 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 34 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 35 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 36 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 37 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 38 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 39 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

Figura 40 – Padrão de forrageamento espacial de três colônias de *Ectatomma opaciventre* estudadas em uma área degradada de Rio Claro/SP

Figura 41 – Registro de facilitação social em *Ectatomma opaciventre*: (A) localização solitária de uma crisálida em seus fios de seda, indicada pela seta; retorno rápido ao ninho (B); recrutamento de uma companheira de ninho (C); cooperação na coleta da presa (D-E); transporte individual do item alimentar para o ninho (G-H)

Figura 42 – Representação gráfica do delineamento experimental em laboratório: caixa de vidro medindo 60x40x15cm contendo o ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor. Os alimentos sólidos e líquidos foram oferecidos na arena de forrageamento (veja texto para maiores detalhes)

Figura 43 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

Figura 44 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%) ($H = 0.327$) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0.259$) em laboratório

Figura 45 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de fipronil (0,003%) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

Figura 46 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de fipronil (0,003%) ($H = 0.692$) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0.174$) em laboratório

Figura 47 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de clorpirifós (0,45%) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

Figura 48 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de clorpirifós (0,45%) ($H = 0.402$) e outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0.366$) em laboratório

Figura 49 – Expectativa de vida comparada de colônias da formiga *Ectatomma opaciventre* tratadas diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%), fipronil (0,003%) e clorpirifós (0,45%) em laboratório

Figura 50 – (A) Recipiente contendo iscas à base de sulfluramida (0,3%) a 30cm da entrada do ninho; (B) forrageadora de *Ectatomma opaciventre* detectando a fonte de iscas; (C) inspecionando as iscas; (D) saindo sem carregar as iscas e indo pro ninho recrutar outras forrageadoras

Figura 51 – (A) forrageadora de *Ectatomma opaciventre* inspecionando as iscas à base de fipronil (0,003%) e (B-C) forrageadora carregando a isca para o ninho entre as mandíbulas (seta); (D) registro de um indivíduo de *Pseudomyrmex* (Myrmicinae) carregando a mesma isca (círculo)

Figura 52 – (A) recipiente contendo iscas à base de clorpirifós (0,45%) a 30cm da entrada do ninho; sendo inspecionado (B) e carregada (C) por forrageadora de *E. opaciventre*; (D) três espécies de formigas no mesmo recipiente contendo as iscas à base de clorpirifós (0,45%): *E. opaciventre* (seta preta), *Pseudomyrmex* (seta vermelha) e *Conomyrma* (seta azul)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre*

Tabela 2 – Dados físicos dos ninhos de *Ectatomma opaciventre*: DS: distância (cm) da câmara em relação à superfície; C: comprimento (cm) da câmara; L: largura (cm) da câmara; H: altura (cm) da câmara

Tabela 3 – Representação dos picos fotoacústicos de maior vibração referentes ao extrato de hidrocarbonetos cuticulares do abdômen de operárias de 9 colônias de *Ectatomma opaciventre*

Tabela 4 – Distância e tempo médio de forrageamento em cada um dos três ninhos de *Ectatomma opaciventre* observados

Tabela 5 – Lista de presas coletadas pelas forrageadoras de *Ectatomma opaciventre* no campo. Os números entre parênteses representam a somatória de itens de cada grupo

SUMÁRIO

	PÁGINA
1. RESUMO	15
2. ABSTRACT	17
3. INTRODUÇÃO GERAL	19
3.1 Referências	25
4. CAPÍTULO 1 - PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NINHOS E ESTUDO COMPARATIVO DOS HIDROCARBONETOS CUTICULARES DE <i>ECTATOMMA OPACIVENTRE</i> (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) POR ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	28
4.1. Resumo	29
4.2. Introdução	30
4.3. Objetivo	34
4.4 Material e métodos	34
4.5. Resultados	39
4.6. Discussão	47
4.7. Conclusão	56
4.8. Referências	57
5. CAPÍTULO 2 - DIETA E PADRÃO DE FORRAGEAMENTO ESPACIAL DE <i>ECTATOMMA OPACIVENTRE</i> (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UMA ÁREA DEGRADADA DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO/SP	67
5.1. Resumo	68
5.2. Introdução	69
4.3. Objetivo	71
5.4 Material e métodos	71
5.5. Resultados	73
5.6. Discussão	108
5.7. Conclusão	113
5.8. Referências	115
6. CAPÍTULO 3 - EFEITOS DE FORMICIDAS GRANULADOS SOBRE A LONGEVIDADE E ENTROPIA DE OPERÁRIAS DE <i>ECTATOMMA OPACIVENTRE</i> (HYMENOPTERA: FORMICIDAE: ECTATOMMINAE) EM LABORATÓRIO E TESTE DE ATRATIVIDADE DE ISCAS EM CAMPO	120
6.1. Resumo	121
6.2. Introdução	122
6.3. Objetivo	131
6.4 Material e métodos	131
6.5. Resultados	134
6.6. Discussão	142
6.7. Conclusão	151
6.8. Referências	152
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	158

RESUMO

Ectatomma opaciventre (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) apresenta características morfológicas e comportamentais plesiomórficas, como a presença de um ferrão funcional, monoginia, colônias pequenas e estratégia de forrageamento solitário. Vive tanto nos ambientes preservados quanto nos alterados pelo homem, como os agroecossistemas, estando constantemente em contato com os produtos destinados ao controle de formigas consideradas pragas, como as cortadeiras do gênero *Atta*. Pouco se conhece a respeito de sua biologia básica (como dieta, rotas de forrageamento, distribuição espacial dos ninhos, composição dos hidrocarbonetos cuticulares) e das consequências advindas de seu contato com as iscas formicidas usadas para o controle de formigas cortadeiras em pastagens. Dessa forma, foi determinado por meio do “Método do Vizinho Mais Próximo” o padrão de distribuição espacial de seus ninhos em uma área degradada de 1800m² na cidade de Rio Claro/SP/Brasil. Como na maioria das espécies de formigas tropicais, os ninhos de *E. opaciventre* apresentaram distribuição espacial do tipo regular ou hiperdispersa, com densidade de 0,018 ninho/m². A distância média encontrada para o vizinho mais próximo foi de 5,57m, variando de 1,93m a 12,96m. Em vista da dificuldade em encontrar a rainha desta espécie, foi utilizado o método da “Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)” para identificar os hidrocarbonetos cuticulares da única rainha encontrada e das operárias de 9 ninhos satélites. Também foi determinado o grau de similaridade entre elas. Com os resultados obtidos ficou evidenciada a condição polidômica nessa espécie devido à semelhança entre o perfil químico cuticular da rainha e das operárias de ninhos vizinhos. Além disso, foi registrado o desaparecimento das demais colônias não coletadas um ano após a retirada da rainha da área de estudo. Em outra área, de 4.800m² também na cidade de Rio Claro/SP, foi identificada a dieta dessas formigas por meio de um levantamento das presas coletadas no horário de pico de forrageamento. Além disso, as rotas de forrageamento de três

ninhos foram determinadas por meio do acompanhamento de forrageadoras durante suas excursões no campo. A distância máxima percorrida por uma operária foi de 5,14m e o tempo máximo gasto fora do ninho à procura por alimento foi de 1 hora e 6 minutos. Mais da metade das presas corresponderam a formigas de outras espécies, incluindo outra do mesmo gênero, *E. brunneum*. As rotas de forrageamento aparentemente se distribuíram espacialmente de forma a evitar o encontro com forrageadoras de outros ninhos e a procura de alimento em uma área já explorada por outros indivíduos. No laboratório, foi observado o efeito de três ingredientes ativos, comumente encontrados em iscas formicidas comerciais para o controle de formigas cortadeiras (sulfluramida, fipronil e clorpirifós), sobre a dinâmica populacional desta espécie. No campo, as iscas foram oferecidas com o objetivo de testar a sua atratividade mesmo na presença de outras fontes alimentares. Os três produtos utilizados reduziram drasticamente a longevidade de adultos e imaturos, causando a morte das colônias em poucos dias. No campo, as três iscas testadas foram altamente atrativas, sendo rapidamente carregadas para o ninho e aumentando o número de forrageadoras, tanto de *E. opaciventre* quanto de outras espécies de formigas. No ambiente de pastagem, portanto, o convívio com as formigas cortadeiras pode estar prejudicando as populações de *E. opaciventre*, visto que a atratividade e conseqüente intoxicação pelas iscas formicidas ocorreu em campo e laboratório.

Palavras-Chave: Dinâmica populacional. Hidrocarbonetos cuticulares. Dieta. Forrageamento. Iscas Formicidas.

ABSTRACT

Ectatomma opaciventre belongs to the subfamily Ectatomminae, which presents morphological and behavioral characteristics typical of more basal groups, such as the presence of a functional sting, monogyny, small colonies, and individual foraging strategies while searching for food. This species lives both in preserved and modified environments, such as agroecosystems, and it is constantly in contact with products intended to control ants regarded as pests, such as leaf-cutting ants of the genus *Atta*. The patterns of spatial distribution of nests over a 1800m² degraded area in the city of Rio Claro, SP, Brazil were determined using a nearest neighbor method. As in most tropical species, the nests of *E. opaciventre* presented a regular or hyperdispersed spatial distribution, with a density of 0.018 nests/m². The average nearest neighbor distance was 5.57 m, ranging from 1.93 m to 12.96 m. Considering the difficulty in finding queens of this species, the Fourier Transform-Infrared Photoacoustic Spectroscopy (FTIR-PAS) was used to identify cuticular hydrocarbons of the only queen found and of workers from nine satellite nests. The degree of similarity between them was also determined. From the results, polydomy was evident in this species because of the similarity between the cuticular chemical profile of the queen and that of workers from neighboring nests. Moreover, it was observed that the colonies that were not collected disappeared one year after the removal of the queen from the study area. In another area in the city of Rio Claro, of 4,800 m², the diet of this species was studied by identifying the prey collected during the period of highest foraging activity. Besides, the foraging routes of three nests were determined by following foragers during their excursions in the field. The maximum foraging distance was 5.14 m and the greatest time spent outside the nest in search of food was 1 hour and 6 minutes. Ants of other species, including another ant of the same genus, *E. brunneum*, accounted for more than half of the prey collected. Seemingly, the foraging routes were spatially distributed in such a way that the chance of meeting foragers from other nests and searching for food in an area that had already been explored by other

individuals was reduced. The effect of three active ingredients commonly found in ant baits for control of leaf-cutting ants (sulfluramid, fipronil, and chlorpyrifos) on the population dynamics of this species was observed under laboratory conditions. In the field, the baits were offered with the aim of testing their attractiveness even in the presence of other food sources. The three products used drastically reduced the longevity of adults and immatures, causing the death of the colonies in few days. In the field, the three baits tested were highly attractive and thus were quickly carried into the nest, causing an increase in the number of foragers of *E. opaciventre* and of other ant species as well.

Keywords: Poneromorph. Population dynamics. Cuticular hydrocarbons. Diet. Foraging. Ant baits.

INTRODUÇÃO GERAL

Estima-se que existam mais de 30 mil espécies de formigas em todo o mundo, de modo que a maior diversidade se encontra nos trópicos e vai diminuindo gradualmente com o aumento da latitude (WILSON, 1971). Mais da metade dos 290 gêneros existentes (53%) está restrita a uma das oito regiões biogeográficas clássicas: a Neotropical. Nos dias atuais, a distribuição de formigas reflete a influência da geografia, geologia e clima sobre a origem e diversificação dos gêneros. Dessa forma, as espécies não estão aleatoriamente e homogeneamente distribuídas e o endemismo ocorre em regiões particulares (LACH et al., 2010). Das 12.627 espécies registradas em todo o mundo (AGOSTI e JOHNSON, 2010), pouco mais de 2.000 foram descritas no Brasil, sendo apenas algumas dezenas consideradas pragas (BUENO e CAMPOS-FARINHA, 1999).

As formigas poneromorfas, que incluem as subfamílias Amblyoponinae, Ponerinae, Ectatomminae, Heteroponerinae, Paraponerinae e Proceratiinae (BOLTON, 2003), exibem entre suas espécies, a maior diversidade de ciclos reprodutivos, sistemas de comunicação e organização colonial do que qualquer outro grupo. Muitas dessas espécies são relativamente basais com relação às suas características fisiológicas e morfológicas, no entanto, com relação às interações interindividuais, elas apresentam a maior complexidade encontrada, até mesmo quando comparadas aos padrões observados entre alguns primatas (HÖLLDOBLER e WILSON, 2009).

Dentre essas relações, as formigas se tornaram organismos especialistas na comunicação, principalmente química. Apresentam mais de 70 glândulas exócrinas anatomicamente diferentes (BILLEN, 2009), sendo que a maioria delas produz feromônios, que são os compostos químicos usados como sinais. Estes feromônios, juntamente com sinais de vibração e toque, podem ser misturados tanto na composição quanto na proporção, apresentando diferentes significados de acordo com o contexto (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990, 2009). Muitas poneromorfas não usam esses compostos para o recrutamento de

companheiras ou para a marcação de suas trilhas de forrageamento porque as operárias são caçadoras solitárias. No entanto, algumas adotaram o estilo de vida das formigas-de-correição, utilizando métodos sofisticados de comunicação, como a amblioponine *Onychomyrmex*, da Austrália (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER e WILSON, 2009). Dentre as espécies pertencentes à subfamília Ectatomminae, o gênero *Ectatomma* era o único conhecido fora de Myrmicinae (o mais próximo geneticamente) que utilizava as secreções da glândula de Dufour em trilhas de recrutamento (BESTMANN et al., 1995). Atualmente, sabe-se que outros gêneros também fazem uso dessa glândula para marcar as trilhas, como *Gnamptogenys* e *Rhytidoponera*, principalmente para coletar itens alimentares muito grandes (JOHNSON et al., 2003; THOMAS e FRAMENAU, 2005).

O reconhecimento das companheiras de ninho é possível graças a discriminadores químicos (em geral hidrocarbonetos) presentes na cutícula das formigas (WILSON, 1971). O odor presente em uma colônia advém de uma mistura de hidrocarbonetos produzidos e distribuídos por todos os indivíduos, formando um perfil espécie-específico. Esses compostos são produzidos dentro do corpo das formigas, transportados pela hemolinfa e passados diretamente para a epiderme ou armazenados na glândula pós-faríngea, para posterior distribuição. Essa glândula é exclusiva das formigas, ocorrendo em todas as espécies e castas, inclusive nos machos. É uma importante fonte não somente de hidrocarbonetos cuticulares, mas também de alimento líquido para as larvas. Considerando-se que muitas espécies poneromorfas não realizam a regurgitação para alimentar suas larvas, parece que a glândula pós-faríngea primariamente se originou como um órgão para estocar hidrocarbonetos cuticulares. Em outras palavras, um genuíno órgão social colonial. Os hidrocarbonetos seriam então distribuídos pelo próprio corpo e para o das irmãs por meio do *grooming*, um comportamento higiênico para a remoção de bactérias e fungos. No entanto, o nível intenso

com que esse comportamento foi observado pode ser melhor explicado como um processo de homogeneização e distribuição do odor da colônia (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

A busca por alimento também é guiada quimicamente (WILSON, 1971). Conforme a colônia cresce, aumenta a demanda por nutrientes e, muitas vezes, o forrageamento tem de ser feito em áreas distantes do ninho. Dos métodos de forrageamento existentes, o mais simples é o solitário, no qual não há uso da comunicação ou transferência de informações. Por outro lado, sistemas mais complexos dependem da comunicação em massa, com uma elevada transferência de informações entre os indivíduos. O modo e a intensidade de exploração desses recursos muitas vezes entram em conflito com as atividades econômicas humanas, gerando as espécies chamadas de pragas (FOWLER et al., 1991). No entanto, sabe-se que o conceito de praga é decorrente da influência antrópica que, ao modificar os ambientes, causa o aumento na distribuição de algumas espécies, bem como altera o padrão de comunidades das espécies preexistentes, favorecendo o aumento no número de espécies nocivas (FARJI-BRENER e RUGGIERO, 1994; VASCONCELOS e CHERRETT, 1995; FARJI-BRENER, 1996; DIEHL-FLEIG, 1997).

Em relação às espécies de formigas-pragas existentes no mundo, as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são as que mais causam danos econômicos por atacarem e desfolharem plantas (WILSON, 1971; FOWLER et al., 1991). *Solenopsis* e *Camponotus* danificam cascas de árvores; *Crematogaster*, *Formica*, *Camponotus* e outras, criam afídeos (pulgões) ou outros hemípteros. Outras, como *Monomorium*, *Tetramorium*, *Solenopsis*, *Tapinoma* e *Paratrechina*, são pragas nas habitações humanas, hospitais, hotéis, por surgirem nas cozinhas e, eventualmente, contaminarem alimentos ou ambientes que deveriam ser estéreis (CAETANO et al., 2002). Com exceção das formigas cortadeiras, que são nativas do continente americano, as outras espécies consideradas pragas são exóticas (BUENO e CAMPOS-FARINHA, 1999). Na agricultura nacional, as formigas cortadeiras são

as que mais causam danos, pois seu ataque é intenso e se dá durante o ano todo (FOWLER et al., 1991). De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), as pastagens ocupam uma área apreciável de todas as regiões fisiográficas do país, constituindo-se na principal forma de ocupação do solo. Somente no Brasil, as iscas tóxicas destinadas ao controle dessas formigas nesse agroecossistema representam um mercado de 13 a 16 mil toneladas por ano (DELABIE et al., 2000).

O controle de formigas cortadeiras em pastagens geralmente é feito com iscas formicidas elaboradas com ingredientes ativos como sulfluramida, fipronil e clorpirifós (FORTI et al., 1993). A sulfluramida é utilizada como formicida na forma de iscas granuladas atrativas na concentração de 0,3%. No inseto, afeta o processo de fosforilação oxidativa agindo sobre as mitocôndrias, interrompendo a síntese de ATP (trifosfato de adenosina). A perda temporária da produção de ATP é letal para os insetos (LARINI, 1999). O fipronil, que atua como inseticida de contato e de ação estomacal, vem sendo utilizado no controle de mais de 250 espécies de pragas em 60 culturas. Atua no sistema nervoso central dos insetos bloqueando a passagem de íons cloro através dos canais de cloro regulados pelo GABA (ácido gama-aminobutírico), um importante neurotransmissor (Pesticide Action Network, 2000). O clorpirifós, um inseticida organofosforado, é tóxico para uma ampla variedade de artrópodos benéficos, incluindo abelhas, formigas, joaninhas e vespas (COX, 1995). Inibe a ação de diversas enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, enzima que controla a hidrólise da acetilcolina, outro importante neurotransmissor. Assim, na ausência da acetilcolinesterase, a acetilcolina liberada se acumula e evita a transmissão dos impulsos nervosos através da fenda sináptica da junção nervosa, provocando um colapso no sistema nervoso central (LARINI, 1999).

No entanto, muitas das iscas utilizadas podem ser tóxicas para inimigos naturais dos insetos nocivos, que são freqüentemente mais suscetíveis aos agrotóxicos do que suas presas, e poucos produtos são suficientemente seletivos para matar uma praga em particular sem afetar seus predadores, o que pode acarretar na diminuição da biodiversidade de ecossistemas agrícolas (PIMENTEL e LEHMAN, 1993). Particularmente no gênero *Ectatomma*, as forrageadoras são atraídas por iscas contendo diversos ingredientes ativos ou por cadáveres de outros insetos eliminados do ambiente por conta do controle químico. A diminuição de suas populações se dá de maneira rápida e o fato de apresentarem colônias monogínicas dificulta sua resiliência em relação às espécies poligínicas. Estudos com populações não-alvo existem para diversos grupos animais, como pássaros, crustáceos e anelídeos; no entanto, pesquisas sobre os efeitos letais e subletais em comunidades de formigas são escassos (RAMOS et al., 2003, 2004; TOFOLO et al., 2010).

REFERÊNCIAS

AGOSTI, D.; JOHNSON, N.F. Editors. **Antbase**. *World Wide Web electronic publication*. Disponível em <www.antbase.org>. Acesso em 30 de Novembro de 2010.

BESTMANN, H.J. et al. All-trans geranylgeranyl acetate and geranylgeraniol, recruitment pheromone components in the Dufour gland of the ponerine ant *Ectatomma ruidum*. **Naturwissenschaften**, v. 82, p. 334–336, 1995.

BILLEN, J. (2009) Diversity and morphology of exocrine glands in ants. In: *Proc. XIX Simp. Mirmecologia*, Ouro Preto, Brasil, 17-21 Nov. 2009, pp. 1-6.

BOLTON, B. Synopsis and Classification of Formicidae. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 71, 370 pp., 2003.

BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A.E.C. **As formigas domésticas**. In: MARICONI, F. A.M. Insetos e outros invasores de residências. Piracicaba: FEALQ, v. 6, 460 pp., 1999.

CAETANO, F.H.; JAFFÉ, K.; ZARA, F.J. **Formigas: biologia e anatomia**. Gráfica e Editora Topázio, 131 pp., 2002.

COX, C. Chlorpyrifos: Ecological Effects. **Journal of Pesticide Reform**, v. 15, n. 2, p. 1-19, 1995.

DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T. & PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 843-848, 2000.

DIEHL-FLEIG, E. Ocorrência de *Acromyrmex* em áreas com distintos níveis de perturbação antrópica no Rio Grande do Sul. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 19, n. 2, p. 165-171, 1997.

FARJI-BRENER, A.G.F. Posibles vías de expansión de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* hacia la Patagonia. **Ecología Austral**, Luján, v. 6, p. 144-150, 1996.

FARJI-BRENER, A.G.F.; A. RUGGIERO. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. **Journal of Biogeography**, v. 21, n. 4, p. 391-399, 1994.

FORTI, L.C. et al. **Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras**. In: DELLA-LUCIA T. M. C. (ed.), *As formigas cortadeiras*. Viçosa, Folha de Viçosa, 262 pp., 1993.

FOWLER, H.G. et al. **Ecologia nutricional de formigas**. In: A. R. PANIZZI e J. R. P. PARRA. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP, p. 131-223, 1991.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Harvard University Press, 732 pp., 1990.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies**. W.W. Norton, 522 pp., 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2006. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/default.shtm. Consultado em Novembro de 2010.

JOHNSON, C.A. et al. The emergence of collective foraging in the arboreal *Gnamptogenys menadensis*. **Naturwissenschaften**, v. 90, n. 7, p. 332-336, 2003.

LACH, L.; PARR, C.; ABBOTT, K.L. **Ant Ecology**. Oxford University Press, 402 pp., 2010.

LARINI, L. *Toxicologia dos praguicidas*. Editora Manole Ltda, 1ª edição, 230 pp., 1999.

PESTICIDE ACTION NETWORK , UK (PAN). Fipronil. **Pesticide News**, n. 48, p. 20, June 2000.

PIMENTEL, D.; LEHMAN, H. **The pesticide question - Environment, economics and ethics**. In: EDWARDS, C. A. (ed.) *The impact of pesticides on the environment*. Chapman & Hall, p. 13-46, 1993.

RAMOS, L.S. et al. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.

RAMOS, L.S. et al. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.

THOMAS, M.L.; FRAMENAU, V.W. Foraging decisions of individual workers vary with colony size in the greenhead ant *Rhytidoponera metallica* (Formicidae, Ectatomminae). **Insectes Sociaux**, v. 52, p. 26-30, 2005.

TOFOLO, V.C.; GIANNOTTI, E.; PIZANO, M.A. Foraging behavior and mortality of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae) in simultaneous exposure to ant baits and conventional diet in laboratory. **Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 599-612, 2010.

VASCONCELOS, H.L.; CHERRETT, J.M. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: *Attini*) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 30, n. 2, p. 107-113, 1995.

WILSON, E.O. **The insect societies**. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 548 pp., 1971.

CAPÍTULO 1

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NINHOS E ESTUDO COMPARATIVO DOS
HIDROCARBONETOS CUTICULARES DE *ECTATOMMA OPACIVENTRE*
(HYMENOPTERA: FORMICIDAE)**

RESUMO

Os ninhos de formigas podem ser classificados de acordo com sua distribuição espacial, que pode ser agregada, hiperdispersa ou aleatória. Para as espécies tropicais, o padrão mais comumente encontrado é o hiperdisperso, no qual os ninhos permanecem distantes entre si, como consequência da competição intra e interespecífica. Os ninhos de *Ectatomma opaciventre* (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) foram mapeados em uma área degradada de 1800m² na cidade de Rio Claro/SP/Brasil. Foram determinados o padrão de distribuição espacial dos ninhos e sua densidade de acordo com o “Método do Vizinho Mais Próximo”, assim como foram registrados dados físicos e populacionais de 11 dos 33 ninhos encontrados. Como na maioria das espécies tropicais, os ninhos de *E. opaciventre* apresentaram distribuição espacial do tipo regular ou hiperdispersa, com densidade de 0,018 ninhos/m². A distância média encontrada para o vizinho mais próximo foi de 5,57m, variando de 1,93m a 12,96m. Utilizando-se o método da Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foram identificados os hidrocarbonetos cuticulares de rainhas e operárias, bem como a similaridade entre colônias. Com os resultados obtidos ficou evidenciada a polidomia nessa espécie, dada a dificuldade em se encontrar rainhas e a semelhança entre o perfil químico cuticular da única rainha encontrada e das operárias de ninhos diferentes.

INTRODUÇÃO

Em espécies sociais, as atividades relacionadas à agregação, como defesa, construção e predação, beneficiam tanto o indivíduo quanto o grupo (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990; PARRISH e EDELSTEIN-KESHET, 1999) e influenciam a organização espacial (SENDOVA-FRANKS e FRANKS, 1995; BACKEN et al., 2000). Em formigas, o local onde uma colônia está localizada talvez seja o fator mais importante que contribui para seu sucesso, pois determina onde irão nidificar e também onde o alimento será coletado. Comunidades de formigas são estruturadas de acordo com as condições abióticas e bióticas, incluindo cobertura vegetal, umidade e profundidade do solo, disponibilidade de materiais para construção do ninho, temperatura, fontes alimentares, estágio de sucessão ecológica, efeito de borda, perturbação antropogênica, posição dos ninhos vizinhos e interações ecológicas (DONCASTER, 1981; LEVINGS e TRANIELLO, 1981; HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

A distribuição espacial dos ninhos de formigas pode ser considerada regular ou hiperdispersa, como resultado da competição por fontes alimentares entre colônias (TRANIELLO, 1989) ou da predação de rainhas fundadoras pelas colônias mais velhas, o que impede o estabelecimento de colônias novas (RYTI e CASE, 1986; HÖLLDOBLER e WILSON, 1990; DESLIPPE e SAVOLAINEN, 1995). E, ainda, podem ocorrer distribuições aleatórias e agregadas, como resultado da competição inter e intraespecífica (LEVINGS e TRANIELLO, 1981; RYTI e CASE, 1984, 1986; HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). Esses ninhos podem ser mapeados em uma determinada área utilizando-se o método do vizinho mais próximo, como o de Clark e Evans (1954), no qual a distribuição espacial é calculada pela distância ao ninho vizinho mais próximo e comparada a valores teóricos calculados por simulação sobre todos os ninhos mapeados em uma determinada área de estudo.

Neste trabalho o mapeamento foi feito para *Ectatomma opaciventre* (Hymenoptera: Formicidae), uma formiga de hábitos carnívoros (FERNÁNDEZ, 1991) e endêmica da região Neotropical (BROWN-JR, 1958), encontrada nos estratos epígeo e hipógeo para forrageamento e nidificação, respectivamente (FERNÁNDEZ, 1991). Seus ninhos apresentam arquitetura simples, com um único orifício de entrada de $0,9 \pm 0,2$ cm, geralmente estruturado na forma de chaminé com $1,6 \pm 0,6$ cm de altura. Os túneis, com diâmetro médio de 1,1 a 1,7 cm, são construídos na posição vertical ou levemente inclinados, fazendo a conexão entre as câmaras construídas na horizontal. O número de câmaras de ninhos maduros varia de 3 a 5, chegando à profundidade de 68 cm (ANTONIALLI-JUNIOR e GIANNOTTI, 1997).

A dificuldade em se encontrar rainhas neste gênero de formigas pode ser sustentada pela teoria dos ninhos polidômicos, que de acordo com Hölldobler e Wilson (1990), trata-se de uma estrutura central (que abriga as operárias, rainhas e cria) interligada por unidades secundárias, chamadas de ninhos satélites, contendo uma porção de operárias e algumas vezes de cria. Segundo Jaffé (1993), em alguns casos, trata-se de uma solução encontrada por grandes colônias para evitar a restrição de espaço que ocorreria se toda a colônia permanecesse apenas no ninho central, o que a impediria de crescer.

Caso esse seja o padrão de nidificação de *E. opaciventre*, os indivíduos da colônia reconhecer-se-iam entre si e os pertencentes a outras colônias, provavelmente por meio de sinais químicos presentes principalmente na cutícula (PROVOST, 1989; SINGER, 1998). Esse reconhecimento é amplo entre as formigas e é mediado por compostos específicos ou “discriminadores”, que permitem a manutenção da integridade da colônia contra invasores. Essa discriminação só é possível se todas as companheiras de colônia apresentarem um sinal químico específico reconhecido por todas. Esse sinal gera um padrão que constitui um odor de referência memorizado e cada indivíduo pode ser aceito ou rejeitado de acordo com a similaridade desse odor ao padrão colonial (DAHBI e LENOIR, 1998b).

De acordo com Crozier e Dix (1979), esse sistema de discriminação de indivíduos pode ser explicado por dois modelos: o individualístico, no qual cada membro de uma colônia com poucos indivíduos possui sua característica química sem transferir sinais às companheiras; e o modelo “Gestalt”, sempre utilizado para explicar a formação de um odor colonial coletivo gerado por meio das interações entre as irmãs (como trofalaxia e *allogrooming*), ocasionando a mistura de odores individuais e formando um odor colonial específico em populações densas. Esse modelo sugere, então, que as companheiras de ninho devem manter um contato regular para efetivamente conservar a habilidade de tolerância de suas irmãs.

No entanto, esse contato é dificultado em colônias com ninhos satélites (polidômicas) (DAHBI e LENOIR, 1998b). Em *Cataglyphis niger*, por exemplo, a troca de indivíduos adultos entre os ninhos varia sazonalmente. Sua frequência é alta no período posterior à hibernação (verão), diminui progressivamente ao longo do período ativo e desaparece totalmente durante a hibernação (inverno) (CERDÁ et al., 1994; DAHBI et al., 1997). Se a transferência de sinais ocorre nessa espécie, o isolamento dos ninhos no inverno produziria uma marca química unilateral dentro de cada ninho, criando um mosaico de odores (DAHBI e LENOIR, 1998b).

Os estudos existentes sobre esses compostos apontam os hidrocarbonetos cuticulares como primariamente essenciais para a proteção contra dessecação (GIBBS, 1998) e, dentre as muitas outras funções, como os principais discriminadores no reconhecimento das companheiras de ninho (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). Esses compostos estão incluídos na classe conhecida como “feromônios de superfície”, muito importantes para os insetos sociais por permitirem o reconhecimento das companheiras de ninho, da cria e até membros de castas diferentes, variando de colônia para colônia e de acordo com a fisiologia individual (BLOMQUIST et al., 1998; LENOIR et al., 1999). Em insetos sociais, particularmente em formigas, a rainha desempenha um papel fundamental na organização e coesão do grupo por meio da influência feromonal que ela exerce sobre os membros de seu grupo, tanto em colônias monogínicas quanto poligínicas (PROVOST, 1989). A contribuição da rainha e das operárias na formação desse odor “Gestalt” ainda não é bem entendida. Alguns estudos mostram ou sugerem que a rainha constitui a principal fonte dos discriminadores em algumas espécies de formigas, enquanto outros estudos atribuem a ela baixa importância no fornecimento de tais substâncias (DAHBI e LENOIR, 1998a). De acordo com Bonavitta-Cougourdan et al. (1987), as operárias memorizam proporções específicas de hidrocarbonetos, o que lhes permite detectar e rejeitar qualquer intruso que apresente proporções divergentes.

O impacto da rainha no odor colonial tem sido demonstrado principalmente em espécies que apresentam elevado dimorfismo entre rainha e operárias, como *Camponotus* spp. Contudo, em espécies com baixo dimorfismo entre as castas, esse efeito não existe e o odor colonial é produzido pelas operárias, como ocorre em *Cataglyphis niger*, *Leptothorax curvispinosus*, *Pseudomyrmex ferruginea* e *Rhytidoponera confusa* (DAHBI e LENOIR, 1998a).

Experimentos com várias espécies de formigas comprovaram essas diferenças por meio de comportamentos de agressividade entre as operárias de ninhos diferentes. Os componentes mais abundantes foram hidrocarbonetos, que permitiram o reconhecimento das companheiras de ninho, embora outras substâncias como ácidos graxos, álcoois, ésteres, glicerídeos, esteróis, aldeídos e cetonas serem encontrados em menor quantidade (NOWBAHARI et al., 1990).

Existe uma semelhança entre os hidrocarbonetos cuticulares e aqueles encontrados na glândula pós-faríngeal em formigas (BAGNÈRES e MORGAN, 1991). O papel dessa glândula seria, portanto, de armazenar e misturar as substâncias químicas responsáveis pelo reconhecimento da colônia e, sua reaplicação na cutícula, criando um odor colonial uniforme. A aplicação de seu extrato diretamente na cutícula de formigas da mesma espécie

pertencentes a diferentes ninhos modifica o comportamento agressivo, suportando a hipótese de que o conteúdo dessa glândula possui sinais de reconhecimento das irmãs (SOROKER et al., 1994).

Alguns autores mostraram também que as diferenças na composição dos hidrocarbonetos cuticulares podem servir para identificar às companheiras de ninho as tarefas que cada uma realiza (BONAVITA-COUGOURDAN et al., 1993).

Dietemann et al. (2003) também sugerem que essas substâncias permitem a diferenciação entre rainhas e operárias poedeiras por meio da análise do tipo de hidrocarboneto e dos seus diferentes níveis entre castas, utilizando os métodos de “Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria de Massa (*Gas Chromatography Coupled With Mass Spectrometry*)” ou “Microextração em Fase Sólida” (*Solid-Phase Micro-Extraction*), que geralmente quantificam toluenos e estirenos em amostras biológicas. Embora estes métodos sejam muito confiáveis e forneçam boas análises quantitativas, requerem inúmeros passos para a preparação das amostras e um longo tempo para a obtenção dos resultados.

Uma alternativa a esses métodos é o da Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-PAS) (*Fourier Transform-Infrared Photoacoustic Spectroscopy*) para a análise de diferentes tipos de materiais, tanto sólidos quanto líquidos em menos de um minuto (GORDON et al., 1997; IRUDAYARAJ et al., 2002; SKOOG et al., 2002). A aplicação dessa técnica se estende desde o campo da Física, passando também pela Química, Biologia, Medicina e Engenharia porque ela possui algumas vantagens sobre a espectroscopia óptica convencional (transmissão, reflexão e espalhamento). Uma destas vantagens é que a PAS é uma medida direta da absorção, de forma que as porções de luz transmitida, refletida ou espalhada não interferem nas medidas. É uma técnica não destrutível, visto que a amostra não fica situada muito próxima da fonte de luz, e, portanto, não provoca seu aquecimento (SMITH, 1999).

O efeito fotoacústico é a geração de um sinal acústico, causado pela absorção de uma radiação modulada dentro de uma célula fechada composta por um microfone. A radiação incidente, com determinada modulação, é absorvida pela amostra, provocando a vibração das moléculas, as quais emitem um sinal térmico em forma de calor. Este calor gerado irá se propagar através do meio gasoso que envolve a amostra, na mesma modulação da radiação incidente. Esta variação de pressão será captada pelo microfone, transformando o sinal acústico captado em sinais elétricos. A intensidade do sinal captado será proporcional às

ondas térmicas geradas pelo material e, conseqüentemente, à absorção da radiação incidente na amostra (SMITH, 1999).

Essa metodologia foi utilizada pela primeira vez para determinar a diferenciação de castas da formiga *Ectatomma vizottoi* (Formicidae: Ectatomminae) por Antonialli-Junior et al. (2007), os quais identificaram as substâncias existentes na cutícula de rainhas, operárias e machos, assim como a sua proporção. Posteriormente, a mesma metodologia foi empregada para comparar a composição e proporção dos hidrocarbonetos cuticulares entre *E. vizottoi* e *E. brunneum* (ANTONIALLI-JUNIOR et al., 2008). Claras diferenças interespecíficas na composição dessas substâncias foram encontradas, assim como foram observadas maiores diferenças entre colônias de *E. brunneum* do que entre as de *E. vizottoi*. Esta técnica será aplicada pela primeira vez para os indivíduos de *E. opaciventre* neste trabalho.

OBJETIVOS

Determinar a densidade e o padrão de distribuição espacial dos ninhos de *E. opaciventre* em uma área degradada, assim como seus dados físicos e populacionais. Além disso, determinar o grau de parentesco entre os indivíduos coletados utilizando o método da Espectroscopia Fotoacústica no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR-PAS) para os hidrocarbonetos cuticulares de rainhas e operárias, na tentativa de confirmar a teoria de polidomia nesta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, coleta dos ninhos no campo e manutenção no laboratório

As colônias de *E. opaciventre* foram coletadas em uma área degradada (denominada JF) localizada entre as ruas M1-A e M1 no Bairro Jardim Floridiana em Rio Claro / SP (22° 22' 49,73''S; 47° 33' 48,87''O) (Figura 1). Após a localização do ninho por meio do acompanhamento de um indivíduo forrageador até o orifício de entrada (Figura 2), o solo foi escavado aproximadamente a 50cm de profundidade, a uma distância média de 10cm da entrada. Com o auxílio de uma espátula, o solo foi escavado lateralmente até que uma ou mais câmaras do ninho fossem encontradas, de modo que os adultos e imaturos fossem retirados com pinça e pincel e colocados provisoriamente em potes de plástico com tampa.

Após a coleta, as colônias foram transferidas para o laboratório do Biotério do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro e abrigadas em ninhos artificiais de gesso formados por 3 câmaras de tamanhos crescentes: uma primeira câmara menor (4cm de diâmetro), a segunda de tamanho intermediário (6cm de diâmetro) e a terceira maior (8cm de

diâmetro) (Figura 3A), interligadas por túneis de 1 cm de largura, conforme foi proposto por Antonialli-Junior e Giannotti (1997).

Sobre os ninhos artificiais foi colocada uma cobertura de vidro para proteção da colônia e, sobre ela, uma folha de papel celofane vermelho, para impedir a entrada de luz e permitir a observação do seu interior. Os ninhos foram então abrigados em uma caixa de vidro (Figura 3B) de 60cm de comprimento x 40cm de largura x 15cm de altura, coberta com uma tampa de vidro transparente para diminuir possíveis perturbações do ambiente. A caixa de vidro permanece sobre potes de vidro, que foram colocados dentro de placas de petri contendo água e detergente, para evitar o ataque de possíveis predadores, principalmente outras espécies de formigas. Dentro da caixa de vidro, ao lado do ninho (área que chamamos de arena de forrageamento), foram oferecidas diariamente larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), água e solução saturada de sacarose à temperatura ambiente em tubos de ensaio de 10cm de comprimento, vedados com algodão. Os ninhos foram mantidos em laboratório com a temperatura permanecendo em $24^{\circ}\text{C} \pm 3,32$ com auxílio de aparelho de ar condicionado, e bandejas com água foram espalhadas pelo laboratório para manter a umidade relativa do ar em $70\% \pm 6,91$.

Método do vizinho mais próximo

Na área acima citada, que compreende 1800m^2 , foi feita uma varredura de todos os ninhos existentes e, com o auxílio de uma trena, a localização espacial foi plotada em uma matriz de coordenadas x,y e utilizado o “Método do Vizinho Mais Próximo” (ou *Nearest Neighbor Method*) de Clark e Evans (1954) para medir a distância média entre eles e determinar o padrão de distribuição espacial. Se o índice de agregação (R) tiver valor igual a 1, significa que é um padrão de distribuição aleatória; se tender a zero, padrão agregado; se for maior que 1 (com limite superior de 2,12), padrão hiperdisperso.

Utilizando o Teste de Correlação de Spearman, foram testadas três correlações: (1) entre o volume (altura x comprimento x largura) da câmara e sua profundidade; (2) entre o número de operárias adultas em cada ninho e seu volume total (3) entre o tamanho populacional e a distância dos ninhos em relação ao ninho da rainha.

Espectroscopia fotoacústica no infravermelho com transformada de FOURIER (FTIR)

Foram utilizadas 15 operárias de cada um dos ninhos denominados de 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 11 (n=120), além de 1 gine do ninho 4 e 1 rainha do ninho 11, todos da área “JF”. Para

efeitos de comparação, foram utilizadas 15 operárias e 1 rainha pertencente ao estudo prévio de Antonialli-Junior e Giannotti (1997), coletadas na mesma área urbana de Rio Claro, porém distante da área “JF” mais de 1 km (22°22'49,44''S; 47°33'02,08''O), no bairro Jardim América (Figura 4). Essa amostra foi denominada “JA”. Como controle, foi utilizado uma amostra de carbono preto.

Previamente fixadas em álcool 70%, as formigas tiveram seus abdômens extraídos e colocados em uma estufa a vácuo por 48 horas para minimizar a absorção por umidade, o que seria indesejável neste estudo. Feixes de luz no infravermelho-médio foram incididos diretamente no abdômen das formigas por ser uma parte do corpo que apresenta alta concentração de hidrocarbonetos cuticulares e por se tratar de uma superfície mais regular e de fácil manuseio (CUVILLIER-HOT et al., 2001). Foi utilizado um espectrofotômetro *Thermo-Nicolet Nexus 670* combinado com um detector fotoacústico *MTEC-300* e os dados foram processados com o *Software Omnic* fornecido pelo próprio fabricante do equipamento, como foi descrito por Antonialli-Junior et al. (2007, 2008).

Com o objetivo de identificar o grau de similaridade entre as colônias (operárias e rainhas) analisadas por meio dos valores da intensidade dos picos obtidos pela FTIR e de uma análise de agrupamento, utilizamos a Distância Euclidiana como medida de distância entre as colônias e o método de agrupamento pela média não ponderada (UPGMA), indicados por diminuir a distorção da matriz original durante a construção do dendrograma (VALENTIN, 2000).

RESULTADOS

Coleta das colônias em campo

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os dados de coleta de cada uma das colônias, como número de indivíduos, medidas de comprimento (C), largura (L), altura (H) e distância da superfície (DS) das câmaras. O número médio de câmaras encontradas foi 4, sendo o máximo de 6 e mínimo de 3.

Os imaturos encontrados provavelmente pertenciam ao último instar, com exceção do ninho 3, em que as larvas ainda apresentavam tamanho reduzido. Em nenhum dos ninhos foi encontrada câmara de lixo, o que indica que as operárias levavam os restos alimentares e os indivíduos mortos para fora dos ninhos. É importante destacar que a rainha foi encontrada em apenas uma das colônias (nº11) com apenas 3 câmaras; no entanto, a altura em que ela foi encontrada era de 6cm, a mais alta até o momento; o número de operárias (29) não foi o maior

encontrado, no entanto, o número de imaturos foi o maior de todos, com 35 larvas de diferentes instares. Isso poderia indicar que a produtividade de imaturos é maior no ninho em que se encontra a rainha (ninho central). O ninho 7, por sua vez, apresentou apenas uma operária. Embora seja um ninho grande (com 6 câmaras), a ausência de outros indivíduos provavelmente significaria uma colônia velha, na qual a operária encontrada seria a última de um ciclo populacional.



Figura 1 – Imagem de satélite da área de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre* (destacada pela área em vermelho) e do seu entorno na área urbana de Rio Claro/SP (22° 22' 49,73''S; 47° 33' 48,87''O) – Fonte: Google Earth versão 6.0



Figura 2 – Orifício de entrada típico do ninho da formiga *Ectatomma opaciventre* representado por uma estrutura em forma de “chaminé”, indicado pela seta vermelha

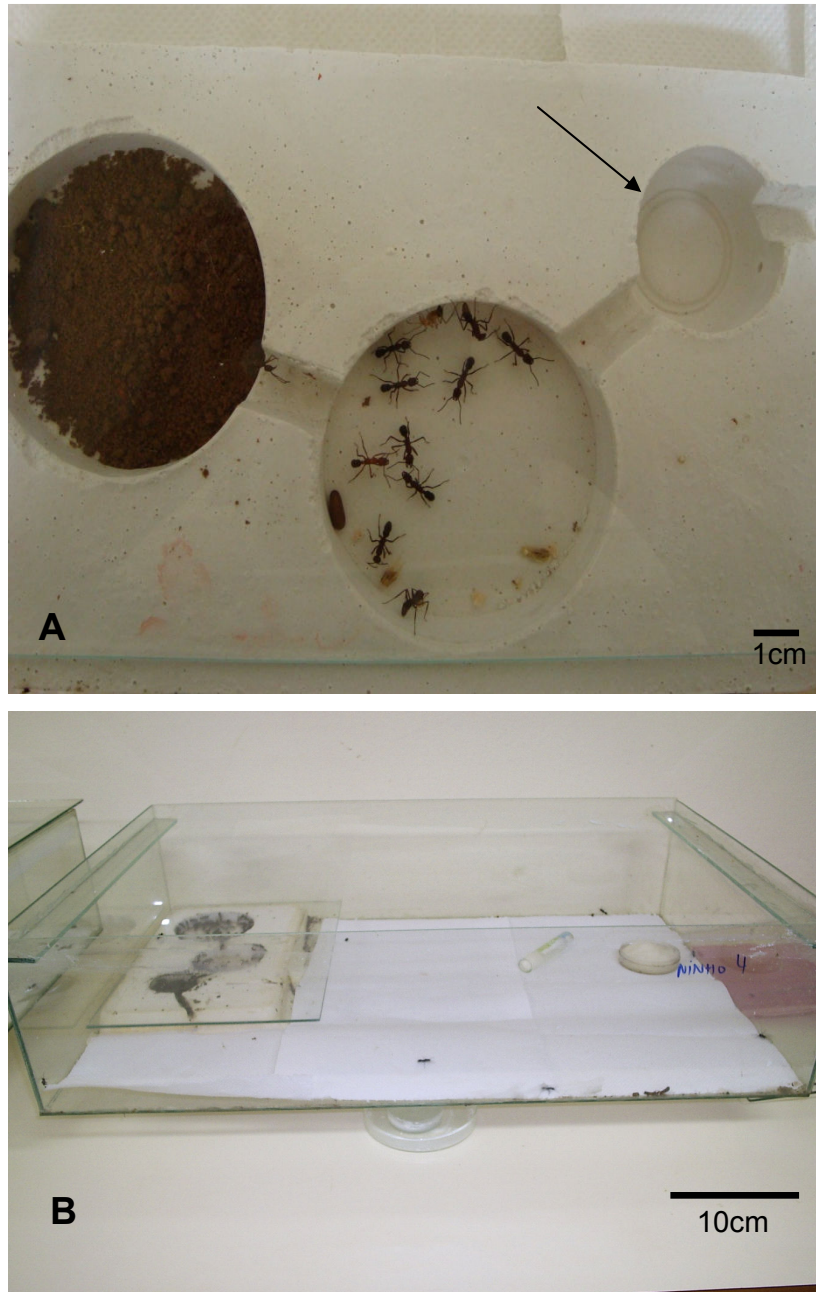


Figura 3 – Ninhos de *Ectatomma opaciventre* em laboratório: (A) ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor (seta); (B) caixa de vidro para acomodação do ninho de gesso e arena de forrageamento



Figura 4 – Imagem de satélite da área de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre* no Bairro Jardim Floridiana, destacada pelo círculo amarelo (denominada “JF”) ($22^{\circ} 22' 49,73''\text{S}$; $47^{\circ} 33' 48,87''\text{O}$) e da área “JA”, utilizada por Antonialli-Junior & Giannotti (1997) no Bairro Jardim América, destacada pelo círculo vermelho ($22^{\circ} 22' 49,44''\text{S}$; $47^{\circ} 33' 02,08''\text{O}$), ambas no município de Rio Claro/SP - – Fonte: *Google Earth* versão 6.0

Tabela 1 – Dados de coleta das colônias de *Ectatomma opaciventre*

		Composição das colônias		
Colônia	Data de coleta	Rainha	Operárias	Larvas
1	18/04/2008	0	112	2
2	25/04/2008	0	54	2
3	10/03/2008	0	47	0
4	25/07/2008	0	67	11
5	25/07/2008	0	32	9
6	30/07/2008	0	58	10
7	31/07/2008	0	1	0
8	31/07/2008	0	57	21
9	11/08/2008	0	62	19
10	11/08/2008	0	20	14
11	14/08/2008	1	29	35

Tabela 2 – Dados físicos dos ninhos de *Ectatomma opaciventre*: DS: distância (cm) da câmara em relação à superfície; C: comprimento (cm) da câmara; L: largura (cm) da câmara; H: altura (cm) da câmara

Ninho	Câmara 1				Câmara 2				Câmara 3				Câmara 4				Câmara 5				Câmara 6			
	DS	C	L	H	DS	C	L	H	DS	C	L	H	DS	C	L	H	DS	C	L	H	DS	C	L	H
1	4	9	5	2,5	13	9	5	2,5	40	12	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4	4	5	4	9	6	6,5	2	16	4	9,5	3	43	17	6	3	63	20	7	5	70	19	5,5	5
3	6	5	4	4	12	6	8	3	17	5	11	3	38	12	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-
4	9	6	7	2,5	23	7	8	2	44	6	15	3	59	3	63	3	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16	8	4	3	32	6	6	2	56	14	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6	6	7	2	10	8	6	3	57	13	10	6	63	12	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
7	3	4	3	1,5	7	4	7	1,5	12	7	9	2	23	7	7	3	48	13	11	3	68	11	5	3
8	9	5	6	2	11	8	5	4	36	9	10	4	48	4	8	2,5	51	14	6	4	65	4	48	4
9	6	4	9	3,5	33	15,5	10	2,5	40,5	8,5	6	2,5	64	8	4	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
10	11	6	7	2	20	5	9	2,5	40	8	8	3,5	60	6	12	2	-	-	-	-	-	-	-	-
11	9	8,5	8	3	23	14	10	6	43	8	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MÉDIA	7,5	5,7	5,9	2,9	17,5	7,3	7,4	3,1	36,1	8,6	8,4	3,4	49,8	8,6	14,4	2,3	54	15,7	8	4	67,7	11,3	17,7	4

Distribuição espacial dos ninhos

Dentro dos 1800m² de área de estudo foram localizados 33 ninhos ativos de *E. opaciventre*, apresentados esquematicamente na Figura 5, que mostra em verde os quadrantes com maiores densidades. Após a análise dos resultados, observou-se que os ninhos de *E. opaciventre* encontrados nessa área urbana, considerada bastante degradada, apresentaram densidade de 0,018 ninho/m² e, de acordo com o método de Clark e Evans (1954), o padrão de distribuição espacial dos ninhos foi classificado como regular ou hiperdisperso ($R = 1,51$), com uma distância média entre os ninhos de 5,57m (amplitude de 1,93m a 12,96m).

O Coeficiente de Correlação de Spearman, calculado para as três correlações sugeridas, não apresentou significância ($p > 0.05$), sugerindo que não houve correlação positiva entre as variáveis propostas.

Espectroscopia fotoacústica no infravermelho com transformada de FOURIER (FTIR)

Foi possível identificar 18 picos fotoacústicos de maiores vibrações referentes ao abdome de *E. opaciventre* (Figura 6), representados pela Tabela 3. Não houve diferenças entre os hidrocarbonetos cuticulares entre as operárias e rainhas das áreas JF e JA, apenas nas suas proporções, indicando a existência de uma marca espécie-específica.

Os resultados obtidos da análise discriminante foram plotados no dendrograma da Figura 7. Podemos observar dois diferentes grupos, um composto pelas amostras *Rainha JA* e *OP JA*, e outro composto pelas demais amostras, todas pertencentes ao local denominado JF. Isso significa que todas as amostras obtidas a partir dos diferentes ninhos da localidade JF apresentam maior similaridade quanto à proporção de hidrocarbonetos cuticulares, mas, se distanciam das amostras da localidade JA. Dessa forma, parece que a distância geográfica entre as áreas permitiu uma dissimilaridade entre as proporções dos hidrocarbonetos cuticulares, sem modificar a identidade da espécie. Assim, podemos sugerir que o grau de parentesco entre as formigas das diferentes localidades não é o mesmo.

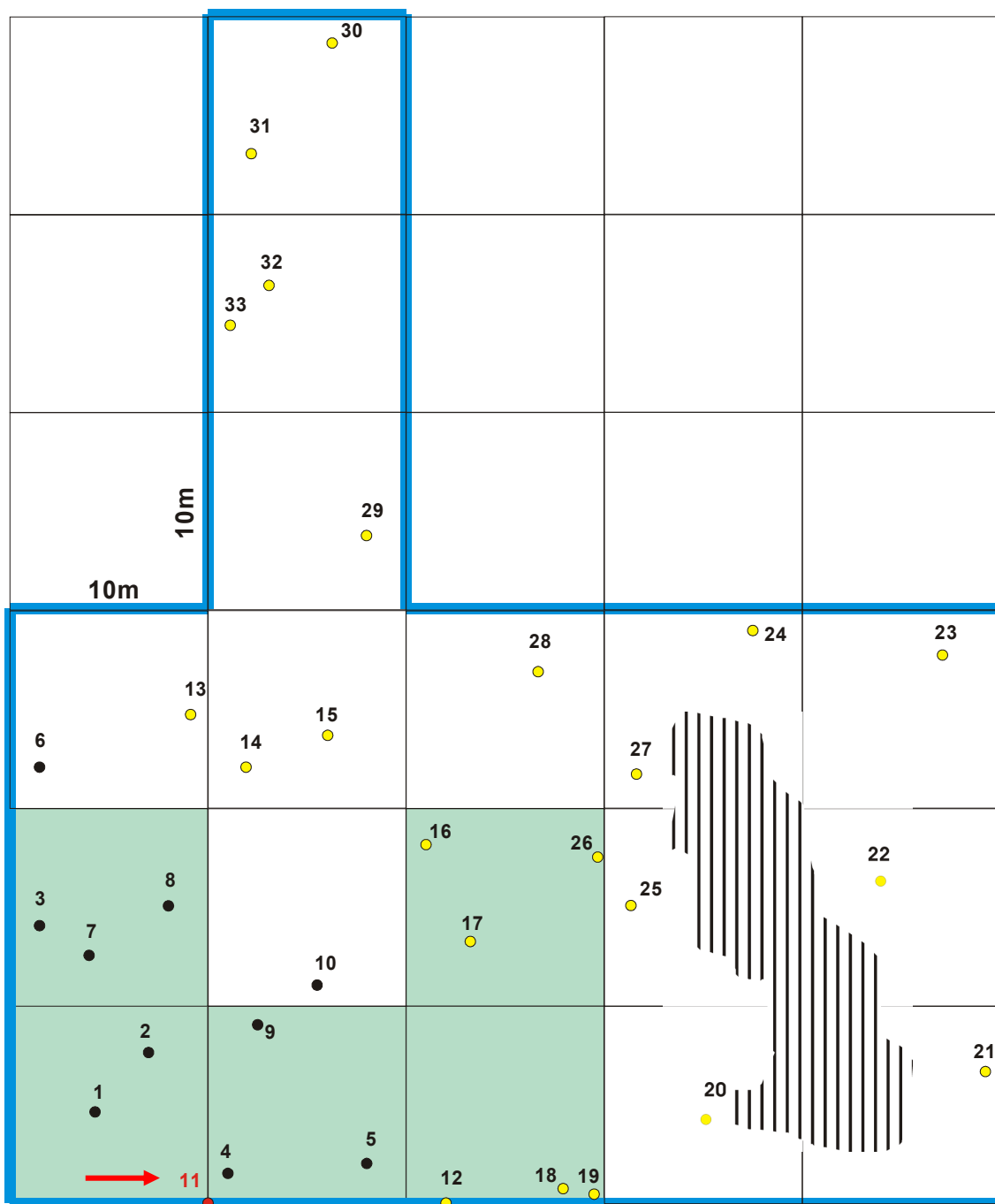


Figura 5 – Mapeamento dos ninhos de *Ectatomma opaciventre* numerados de 1 a 33. A área de estudo (“JF”) encontra-se delimitada pela linha azul e a área hachurada corresponde a um depósito de entulho. Apenas os círculos pretos e o vermelho indicam os ninhos coletados, de forma que os círculos amarelos tiveram apenas sua localização registrada. A única rainha encontrada estava presente no ninho nº11 (seta vermelha)

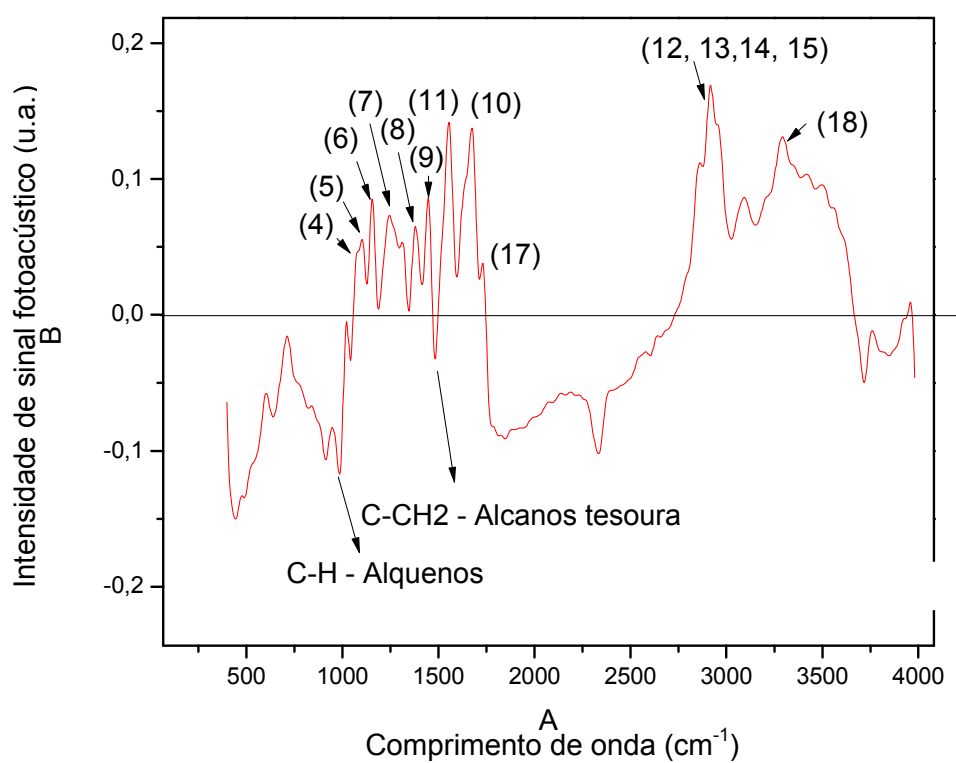


Figura 6 – Espectro referente ao extrato de hidrocarbonetos cuticulares do abdômen de operárias de 9 colônias de *Ectatomma opaciventris*

Tabela 3 – Representação dos picos fotoacústicos de maior vibração referentes ao extrato de hidrocarbonetos cuticulares do abdômen de operárias de 9 colônias de *Ectatomma opaciventre*

Picos	Número de Onda (cm⁻¹)	Grupo Funcional	Modo Vibracional
1	895	C-H - Alquenos	Deformação fora do plano
2	953	C-H – Alquenos	Deformação fora do plano
3	1030	C-O-C – Éter	Estiramento Assimétrico
4	1076	O-C-C - Éster Saturado	Estiramento
5	1115	O-C-C - Éster Aromático	Estiramento
6	1157	C-N - Amina II Saturada	Estiramento
7	1242	C-C-O - Éster Saturado (Acetato)	Estiramento
8	1377	-C-CH ₃ – Alcanos	Deformação Simétrica Modo dobrável
9	1454	-C-CH ₂ – Alcanos	Tesoura
10	1550	-N-H - Amida II	Deformação no plano
11	1651	C=O - Amida I, II e III	Estiramento
12	2854	-C-H (CH ₂)	Estiramento Simétrico
13	2874	-C-H (CH ₃)	Estiramento Simétrico
14	2931	-C-H (CH ₂)	Estiramento Assimétrico
15	2962	-C-H (CH ₃)	Estiramento Assimétrico
16	3093	=C-H	Estiramento
17	1740	-C=O	Estiramento de cadeia saturada
18	3291	-N-H	Dobra

Contudo, ao analisarmos as diferentes colônias da área JF, nota-se que existe uma discreta diferença na proporção dos hidrocarbonetos cuticulares. Era de se esperar que as operárias do ninho 11 se aproximassem da identidade química da rainha do ninho 11, ou seja, tivessem proporções muito similares de hidrocarbonetos cuticulares, assim como a gine encontrada no ninho 4, o mais próximo espacialmente do ninho 11 (Figura 7). No entanto, parece que as operárias pertencentes a este ninho (4) se distanciaram um pouco. As demais operárias pertencentes aos outros ninhos da área JF apresentaram similaridades maiores com umas do que com outras. Essa variabilidade é também esperada considerando-se que cada ninho possui um microambiente e a formação dos hidrocarbonetos cuticulares depende não somente de uma base genética, mas também pode ser influenciada ambientalmente. O importante de ser reconhecido é que essas diferenças locais não ultrapassaram o limite que as identificariam como grupo diferente da área “JA”. O fato de rainha e operárias de ninhos diferentes e distantes entre si (Figura 5) apresentarem um grau de similaridade grande na proporção de hidrocarbonetos cuticulares sugere que, nesta espécie, ocorra polidomia.

DISCUSSÃO

O teste de correlação utilizado indicou não haver qualquer relação entre o tamanho populacional e a distância existente em relação ao ninho em que a rainha foi encontrada, assim como entre o volume e profundidade das câmaras e volume do ninho em relação ao tamanho populacional, como foi observado em *E. brunneum* (LAPOLA et al., 2003).

O padrão de distribuição espacial de ninhos de *E. opaciventre* em uma área degradada, classificado como regular ou hiperdisperso, parece ser o mais comum entre formigas (LEVINGS e TRANIELLO, 1981), principalmente entre as espécies territorialistas, como *Aphaenogaster senilis*, *Messor barbarus*, *Solenopsis latro*, *Tetramorium semilaeve*, *Tapinoma nigerrima* e *Plagiolepis pygmaea* na Espanha (REDOLFI et al., 2005). De acordo com os referidos autores, isso ocorre provavelmente porque todas essas espécies são territorialistas e, ao aumentar a densidade dos ninhos, aumenta-se a competição entre elas (GREENSLADE, 1975; RYTI e CASE, 1984, 1986; CUSHMAN et al., 1988). Levings e Traniello (1981) já reconheceram esse mesmo padrão de distribuição regular dos ninhos em 136 espécies de formigas, assim como foi confirmado posteriormente por Ryti e Case (1992). As espécies parecem dividir um ambiente de modo a evitar ou diminuir a competição, utilizando horários de atividade, tipos e tamanhos de alimentos diferentes (PIANKA, 2000).

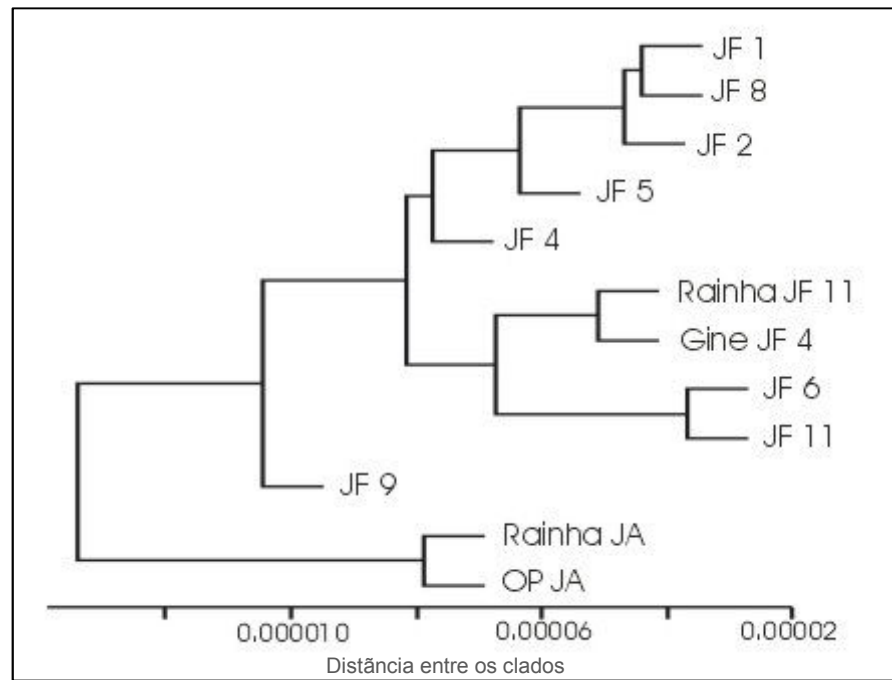


Figura 7 – Dendrograma para colônias da formiga *Ectatomma opacivente* coletadas em diferentes localidades: JF 1, JF 2, JF 4, JF 5, JF 6, JF 8, JF 9 e JF 11 compreendem os ninhos da área JF das quais as operárias foram utilizadas; Rainha JF 11 sugere que a rainha foi retirada do ninho 11; Gine JF 4 sugere que a gine foi retirada do ninho 4; Rainha JA e OP JA sugerem que rainha e operárias são provenientes da área JA, respectivamente

Quando os ninhos de *E. opaciventre* foram estudados em uma área preservada, Pie (2004) observou o mesmo padrão de distribuição espacial hiperdisperso e uma densidade discretamente menor do que a encontrada neste trabalho (0,015 ninhos/m²). Esse é um resultado esperado, considerando-se que a diversidade de espécies e a disponibilidade de recursos existentes em uma área degradada são menores, possibilitando um maior espaçamento entre ninhos em consequência da baixa competição interespecífica (CLARK e EVANS, 1954; RYTI e CASE, 1984, 1986). Essa diferenciação foi claramente observada por Deslippe e Savolainen (1994) para ninhos de *Formica podzolica* em margens de floresta com grande oferta de recursos (1,17 ninhos/m², distância ao vizinho mais próximo de 0,78m, padrão de distribuição espacial hiperdisperso) e em pastagens onde os recursos são escassos (0,007 ninhos/m², distância ao vizinho mais próximo de 7,9m, padrão de distribuição espacial aleatório).

Outros estudos demonstraram que a densidade de ninhos de formigas do gênero *Ectatomma* varia bastante, ao contrário do padrão de distribuição espacial, que na maioria dos casos também é hiperdisperso. Em *E. ruidum*, por exemplo, as densidades variaram desde 0,14 ninhos/m² (BREED et al., 1990) a 1,06 ninhos/m² (PRATT, 1989); em *E. permagnun* igual a 0,148 ninhos/m² (PAIVA e BRANDÃO, 1989) e em *E. tuberculatum* 0,06 ninhos/m² (WHEELER, 1986).

Outras poneromorfas (grupo não oficial que agrupa 6 subfamílias) já estudadas também apresentam uma densidade de ninhos maior do que a encontrada em *E. opaciventre*, tanto em áreas preservadas quanto degradadas. Os ninhos de *Dinoponera quadriceps* apresentaram densidade de 0,15 a 1,4 ninhos/m² em uma área de floresta atlântica do nordeste brasileiro, com índice de agregação dos ninhos igual a 1,53, o que também demonstra um padrão regular ou hiperdisperso (VASCONCELOS et al., 2004.). Em *D. australis* a densidade dos ninhos foi muito baixa no Brasil e Paraguai, variando de 0,0003 a 0,0004 ninhos/m², com distribuição espacial aleatória, a 0,0011 ninhos/m², com padrão regular (FOWLER, 1985). Por outro lado, em áreas semi-áridas brasileiras a densidade foi maior (0,8 ninhos/m²), com padrão de distribuição espacial aleatório (R=1,60) (PAIVA e BRANDÃO, 1995).

Esse padrão contrasta com o de comunidades de formigas de áreas temperadas ou desérticas, as quais apresentam um baixo grau de defesa interespecífica do território de forrageamento, ou seja, há menor probabilidade de confronto entre colônias de espécies diferentes, como ocorre em comunidades de ambientes tropicais (WILSON, 1958). Dessa forma, espécies comuns de áreas temperadas conseguem distribuir seus ninhos mais densamente devido à menor competição interespecífica, uma vez que a diversidade de

espécies é menor quanto maior é a latitude (WILSON, 1971). A espécie *Lasius paralienus* apresenta distribuição espacial dos ninhos aleatória tanto em ambientes alterados ($0,54 \pm 0,03$ ninhos/m²) como preservados ($0,41 \pm 0,05$ ninhos/m²), não havendo também dependência da biomassa e riqueza de espécies de plantas (BRASCHLER, 2005).

Por outro lado, espécies de desertos, como *Cataglyphis mauritanica* e *C. bicolor*, apresentam ninhos muito espaçados ($0,0022$ ninhos/m²), não competindo entre si por fontes alimentares ou por locais para nidificação, uma vez que os recursos são muito escassos nesses ambientes (TRANIELLO, 1989). O mesmo pôde ser observado em *Iridomyrmex puinosum*, *Myrmecocystus kennedei*, *M. mexicanus*, *Pheidole gilvecens*, *Pogonomyrmex californicus*, *S. xyloni* e *Veromessor pergandei*, que apresentam um padrão de distribuição hiperdisperso, com densidade de ninhos variando de $0,03$ a $0,4$ ninhos/m² (BERNSTEIN e GOBBEL, 1979).

Ao analisarmos os hidrocarbonetos cuticulares de *E. opaciventre*, observamos que a quantidade de picos fotoacústicos (18) foi maior do que aqueles encontrados por Antonialli-Junior et al. (2007, 2008) para outras espécies. Eles identificaram 13 picos fotoacústicos pertencentes aos hidrocarbonetos cuticulares de operárias e rainhas de *E. vizottoi* e *E. brunneum*. Esses hidrocarbonetos cuticulares provavelmente foram trocados entre os membros da colônia por trofalaxia (troca de alimentos), *grooming* (limpeza) e contato passivo (SOROKER et al., 1994, 1995; VIENNE et al., 1995), criando uma identidade química a qual determinou a aceitação ou rejeição de outros indivíduos (CROZIER e DIX, 1979). No entanto, essas quantidades de picos fotoacústicos estão entre as menores. *Cataglyphis iberica* apresentou 24 picos (DAHBI e LENOIR, 1998a), *Formica japonica* 33 (LIU et al., 2001), *Pogonomyrmex barbatus* (WAGNER et al., 1998) e *Messor barbarus* 48 (PROVOST et al., 1994).

As diferenças entre a identidade desses compostos é que pode determinar o comportamento de uma operária frente outras da mesma ou de espécies diferentes, sendo que sua origem e variação temporal são atribuídas a inúmeros fatores. Alguns autores acreditam que os sinais químicos de reconhecimento das irmãs podem ser determinados geneticamente (VANDER MEER et al., 1985; PROVOST, 1991), mas outros sugerem que se deva também incluir substâncias ambientais, as quais se misturam ao odor da colônia, como dieta, odores do ambiente e material de nidificação (JUTSUM et al., 1979; OBIN, 1986; OBIN e VANDER MEER, 1988).

O ambiente em que reside uma colônia de formigas talvez seja o fator que mais implique na mistura de odores, uma vez que elas habitam os mais diferentes ecossistemas. Fowler (1985) verificou que em colônias de *D. australis* quanto maior é a distância que separa

uma operária de um ninho testado, maior é a frequência de agressividade contra esta operária. Estudos recentes com *Cataglyphis cursor* também revelaram uma correlação entre a distância geográfica da colônia e a agressividade intercolonial. Nessa espécie, a qual se multiplica por fissão, as operárias de ninhos próximos foram prontamente aceitas, enquanto que as originadas de colônias distantes sempre foram rejeitadas por meio de ataques (NOWBAHARI e LENOIR, 1984 apud DAHBI et al., 1996). Essa mesma correlação positiva entre grau de agressividade e distância geográfica ocorreu em *Iridomyrmex purpureus* (THOMAS et al., 1999), *Pseudomyrmex ferruginea* (Pseudomyrmecinae) (MINTZER, 1982), *Leptothorax curvispinosus* (STUART, 1987), colônias monogínicas de *Solenopsis invicta* (Formicidae: Myrmicinae) (OBIN e VANDER MEER, 1988; MOREL et al., 1990), e *Rhytidoponera metallica* e *R. confusa* (Ectatomminae) (CROSLAND, 1989, 1990). No entanto, as condições ecológicas do ambiente e a história de vida de cada espécie podem tornar inconsistente essa relação. Por exemplo: colônias de *P. barbatus* reagem mais agressivamente contra as colônias vizinhas do que àquelas separadas por mais de 150 metros (GORDON, 1989).

Mas, parece mesmo que não há uma regra acerca da variação geográfica dos hidrocarbonetos cuticulares em formigas. Akino e Yamaoka (2005) descreveram os hidrocarbonetos de *Lasius niger* no Japão, os quais são completamente diferentes das colônias europeias. Por outro lado, colônias de *Lasius niger* mantiveram seu perfil de hidrocarbonetos cuticulares em várias áreas da França, Alemanha, Bélgica e Dinamarca (DINTER et al., 2002 apud LENOIR et al. 2009; DREIER e D'ETTORRE, 2009). É também o caso de *Lasius neglectus* em áreas da Europa próximas do Mar Negro (UGELVIG et al., 2008).

Em *Linepithema humile*, Liang e Silverman (2000) relacionaram as mudanças no padrão de hidrocarbonetos cuticulares com o alimento predado pelas formigas. Uma colônia coletada no campo foi dividida e submetida a dietas com duas espécies de baratas, *Blattella germanica* e *Supella longipalpa*, por mais de 50 dias. Os perfis de hidrocarbonetos cuticulares comparados mostraram que os das baratas foram incorporados na cutícula das formigas, conferindo agressividade entre as operárias quando reunidas num mesmo grupo. Essa transferência de hidrocarbonetos da presa para o predador demonstraria a influência do ambiente na composição do odor de uma espécie, assim como *honeydew*, lipídeos de plantas, material de nidificação e o próprio substrato onde vivem (JUTSUM et al., 1979). Dada a presença constante de hidrocarbonetos no ambiente, a habilidade de um inseto em adquiri-los e perdê-los subsequentemente, um inseto pode, potencialmente, adquirir hidrocarbonetos de uma gama de fontes. Para se estudar essa influência, o inseto deveria ser criado por um longo

período num ambiente livre de hidrocarbonetos, assim como sua dieta, ou então, levá-los em consideração quando estudos desse tipo forem conduzidos (LIANG e SILVERMAN, 2000).

Além do componente geográfico, o componente genético não pode ser esquecido. Em casos como o de *Pogonomyrmex barbatus* (WAGNER et al. 1998), podemos dizer que esse padrão de reconhecimento pode estar mediado por mecanismos de reconhecimento geneticamente regulados, ou seja, a intensidade de agressividade entre os indivíduos aumenta com as diferenças genéticas entre as colônias, como ocorre em *Lasioglossum zephyrum* (abelhas primitivamente eussociais) (KUKUK e DECELLES, 1986) e as formigas *Formica polyctena* (BEYE et al., 1997) e *F. pratensis* (BEYE et al., 1998). No entanto, as conclusões tiradas desses estudos são difíceis de serem interpretadas se a afinidade geográfica e genética não forem dissociadas, pois colônias espacialmente próximas também podem ser geneticamente próximas (PAMILO, 1983). Isso ocorreria em ninhos de *D. gigantea* (OVERAL, 1980) e *D. australis* (FOWLER, 1985), uma vez que as fêmeas não tem asas e a fundação de novas colônias se dá por fissão.

Alguns autores se questionam se as rainhas afetam a homogeneidade do perfil das operárias e de que maneira estão envolvidas na divergência de perfis entre grupos com e sem rainha. Os diferentes níveis de comportamento agressivo desempenhados pelas operárias foram a única indicação de que a rainha esteve envolvida no processo de reconhecimento inter e intracolônial em *Cataglyphis cursor* (Formicidae: Formicinae) (BERTON e LENOIR, 1986 apud PROVOST et al., 1994).

Por outro lado, em *C. iberica* a separação das companheiras de ninho por três meses não resultou em nenhum evento de agressividade quando reunidas. O perfil dos hidrocarbonetos cuticulares mudou nos grupos de maneira linear durante a separação, divergindo levemente. No entanto, o perfil do grupo não mudou da mesma maneira. A separação em grupos com e sem rainha induziu mudanças comportamentais discretas após a unificação (como antenações mais longas) sem suprimir o reconhecimento das companheiras de ninho. Portanto, a ausência da rainha não induziu a heterogeneidade do perfil das operárias com ou sem rainhas (DAHBI e LENOIR, 1998a). Quando essa separação aumentou para 12 meses, as divergências nesse perfil foram mais significativas, sugerindo que os hidrocarbonetos cuticulares podem não ser os únicos compostos que mediam o reconhecimento entre as companheiras de ninho (DAHBI e LENOIR, 1998b).

Na formiga *Leptothorax lichtensteini* (Formicidae: Myrmicinae) grupos de operárias separadas por quatro meses não apresentaram comportamento agressivo mútuo uma vez que a rainha foi removida de um grupo para outro regularmente (PROVOST, 1987, 1989). A

situação foi diferente em *Formica* spp. Operárias perderam sua homogeneidade química 10 dias após a retirada da rainha. No entanto, essa homogeneidade foi recuperada tão logo a rainha foi reintroduzida (YAMAOKA, 1990). Em *Formica japonica* a presença da rainha também parece não ser o fator determinante para a variação no perfil dos hidrocarbonetos cuticulares (YAMAOKA 1990; YAMAOKA e KUBO, 1990). Liu et al. (2001) sugeriram que mudanças ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar, foram responsáveis pelas mudanças sincronizadas dentro de uma mesma casta funcional.

Quando não apenas a presença de rainhas, mas sua quantidade, é levada em consideração, são vistas diferenças na identificação entre as formigas pertencentes a colônias com uma (monogínica) ou várias (poligínica) rainhas. A relação direta entre o número de rainhas e o grau de agressividade entre as operárias foi observado em *Cataglyphis iberica* (NOWBAHARI e LENOIR, 1984 apud DAHBI et al., 1996), *Linepithema humile* (KELLER e PASSERA, 1989) e *Solenopsis invicta* (PROVOST e CERDAN, 1990). No entanto, em *C. cursor* (uma espécie monogínica, porém monodômica) e em *Iridomyrmex purpureus*, operárias de colônias com um ou poucos ninhos apresentam um comportamento agressivo frequentemente baixo contra invasoras (LENOIR et al., 1988; van WILGENBURG et al., 2006). No primeiro caso, isso seria explicado pelo modo de fundação das colônias por meio de fissão, resultando em elevado parentesco genético entre as colônias próximas. Bennett (1989) fez comparações entre o sistema de reconhecimento em duas espécies de *Formica* (Formicidae: Formicinae). Na poligínica *F. podzolica* os sinais derivados dos hidrocarbonetos cuticulares da rainha foram mais importantes do que na monogínica *F. argentea*, que utilizou preferencialmente os sinais químicos emitidos por suas irmãs, sugerindo que o perfil comum dos hidrocarbonetos cuticulares apresentado pelas operárias depende em grande parte das rainhas.

Além dos fatores genético e ambiental, a glândula pós-faríngea (exclusiva das formigas) parece estar envolvida na síntese e armazenamento de hidrocarbonetos cuticulares. Em *C. niger* os hidrocarbonetos estocados nessa glândula são continuamente trocados entre as companheiras de ninho por meio da trofalaxia e *allogrooming*, o que faz dessa glândula um órgão *Gestalt* (SOROKER et al., 1994, 1995, VIENNE et al., 1995). A exposição de operárias dessa espécie ao conteúdo da glândula pós-faríngea de formigas de ninhos diferentes resultou no aumento do comportamento agressivo, podendo ser atribuído aos constituintes hidrocarbônicos dessa glândula o sistema de reconhecimento das companheiras, e não a outros constituintes lipídicos (LAHAV et al., 1999). A rainha parece ter menor contribuição na constituição do odor da colônia do que as operárias, considerando que ela doa somente

uma pequena porção de sua produção da glândula pós-faríngeal (LAHAV et al., 1998). O fato é que a ocorrência concomitante dos mesmos hidrocarbonetos na glândula e na cutícula das formigas pode ser consequência de vários processos: a síntese no epitélio cuticular e sua retenção pela glândula; ou a síntese na glândula e aplicação na cutícula pelo *grooming*; ou, ainda, a síntese independente em ambos os tecidos (SOROKER et al., 1994).

A variação na composição e proporção de hidrocarbonetos cuticulares também ocorre em microescala. Lenoir et al. (2009) avaliaram os hidrocarbonetos de *Lasius niger* provenientes de diferentes fontes. Os da cabeça e tórax são semelhantes; no entanto, os das pernas têm um perfil discretamente diferente e, de acordo com os referidos autores, entre as 20 glândulas existentes nas pernas das formigas, nenhuma parece estar envolvida com a produção de hidrocarbonetos. Sua origem provavelmente viria do *selfgrooming*. Pela primeira vez eles demonstraram que as paredes internas dos ninhos são marcadas com hidrocarbonetos comparáveis àqueles produzidos pelas formigas. O contato passivo das formigas com as paredes faria com que houvesse essa transferência passiva de substâncias. Isso explicaria como muitos mirmecófilos obteriam o odor da colônia e, devido à saturação dos receptores das antenas das formigas, porque muitos invasores não são rejeitados dentro do ninho (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

Há outra linha de pesquisa que tenta relacionar os hidrocarbonetos cuticulares com a função que as operárias realizam. Estudos prévios sugerem que a amplitude com a qual um grupo de operárias realiza determinada tarefa afeta ativamente outro grupo de operárias. O breve contato antenal entre as operárias engajadas na mesma tarefa pode influenciar o comportamento subsequente da formiga, de forma a influenciar a transição do comportamento de uma tarefa para outra ou da atividade para a inatividade (GORDON, 1987). Esse contato entre as companheiras de ninho provavelmente transfere alguma quantidade de lipídeos cuticulares de uma operária para outra, mas em *P. barbatus* essa transferência entre operárias responsáveis por tarefas diferentes não foi suficiente para homogeneizar seus perfis de hidrocarbonetos (WAGNER et al., 1998).

Soroker et al. (1995) demonstraram que os hidrocarbonetos cuticulares são regularmente trocados entre as operárias de *C. niger*. Esses compostos foram transferidos para a glândula pós-faríngeal, provavelmente por *self-grooming*, e então trocados com outras formigas primariamente por trofalaxia. Em *P. barbatus* a trofalaxia entre adultos é rara, o que preservaria as diferenças na proporção dos hidrocarbonetos relacionados com as tarefas. A análise dos dados sugeriu que o perfil dos hidrocarbonetos cuticulares das operárias

responsáveis pela manutenção dos ninhos diferiu das patrulheiras e forrageadoras (WAGNER et al., 1998, 2000).

Então, como surgiriam essas diferenças na proporção dos hidrocarbonetos cuticulares relacionados às tarefas? Wagner et al. (1998) sugerem duas hipóteses prováveis, não mutuamente excludentes. A primeira, de que essas mudanças de tarefas internas para externas ao ninho, assim como as mudanças na composição da cutícula, estão relacionadas com a idade. Em muitas espécies, as formigas mais jovens trabalham dentro do ninho enquanto que as mais velhas realizam tarefas na área externa. Nas operárias de *P. barbatus*, a composição de n-alcanos aumentou em operárias mais velhas, assim como foi registrado para o hemíptero *Triatoma infestans* (JUAREZ e BRENNER, 1985 apud WAGNER et al., 1998) e a mariposa *Trichoplusia ni* (DE RENOBLES e BLOMQUIST, 1983 apud WAGNER et al., 1998). A segunda, de que as condições ambientais sentidas pelas formigas em diferentes tarefas poderiam induzir mudanças na cutícula. As que realizavam tarefas extranidais estariam mais expostas às variações nas condições abióticas, tais como temperatura, umidade, vento e luz ultravioleta, do que aquelas responsáveis por tarefas intranidais. Nesse caso, os lipídeos cuticulares exercem importante papel como barreira contra a perda de água e sua composição e proporção conferem resistência a essa dessecação. Para as forrageadoras e patrulheiras de *P. barbatus* a abundância proporcional de n-alcanos foi 20% maior do que nas responsáveis pela manutenção do ninho, o que as conferiu maior resistência à dessecação no clima desértico. Dessa forma, a composição dos hidrocarbonetos cuticulares pode indicar como o trabalho está organizado nas colônias de insetos sociais.

Todas essas diversas fontes de hidrocarbonetos cuticulares e suas variações de acordo com influências genéticas, comportamentais e ambientais anteriormente discutidas, parecem ser mais difíceis de serem determinadas quando a questão é polidomia. A polidomia parece interferir da mesma forma na diluição do comportamento agressivo que ocorre em colônias poligínicas, pois a mistura de hidrocarbonetos entre a colônia principal e as dos ninhos satélites é presumidamente maior porque o microambiente desses ninhos é diferente. Teoricamente, a maior variação entre os ninhos de uma colônia leva a um padrão mais amplo e torna as formigas de colônias polidômicas mais tolerantes contra indivíduos de colônias diferentes (van WILGENBURG et al., 2006).

A presença de apenas uma rainha entre as colônias de *E. opaciventre* coletadas reforça a idéia de que se trata de uma espécie polidômica, ou seja, de acordo com a definição inicial de Forel (1874), trata-se de mais de um ninho com imaturos e/ou rainha ausentes em pelo menos um deles, embora Debout et al. (2007) também levem em consideração o parentesco

genético entre eles. Considerando-se que essas colônias foram criadas em laboratório após a coleta e que dessas larvas se originaram novas operárias, torna-se mais evidente que estas seriam filhas de uma mesma rainha, uma vez que operárias não fecundadas não poderiam dar origem a filhas, mas somente a machos.

CONCLUSÃO

O padrão de distribuição espacial de *E. opaciventre* foi o mesmo encontrado na maioria das espécies de formigas que vivem na região tropical, o que provavelmente esteja relacionado com o nível de competição existente entre as espécies. A similaridade encontrada tanto em áreas degradadas quanto preservadas demonstra que esta espécie consegue se adaptar a mudanças na disponibilidade de fontes alimentares e, conseqüentemente, aos diferentes níveis de competição que possam existir em ambas as áreas.

A análise dos hidrocarbonetos cuticulares evidenciou a condição polidômica desta espécie, pois houve uma distinção clara entre os indivíduos coletados em áreas distantes. Dessa forma, parece que o componente geográfico exerce um papel importante na diferenciação dessas substâncias, que determinará o grau de agressividade entre indivíduos de localidades diferentes. No entanto, vale lembrar que as formigas entram em contato com uma miscelânea de odores dependendo do ambiente onde se encontram seus ninhos. Isso indica que, durante o encontro das formigas, as pistas químicas usadas para a discriminação das companheiras de ninho são muito complexas, pois também fornecem informações acerca de parentesco genético, localização e organização social.

REFERÊNCIAS

- AKINO, T.; YAMAOKA, R. Trail discrimination signal of *Lasius japonicus*. **Chemoecology**, v. 15, p. 21-30, 2005.
- ANTONIALLI-JUNIOR, W.F.; GIANNOTTI, E. Nest architecture and population dynamics of *Ectatomma opaciventre* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Advanced Zoology**, v. 18, n. 2, p. 64-71, 1997.
- 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**, 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**, v. 7, n. 2, p. 559-566, 2008.
- BACKEN, S.J.; SENDOVA-FRANKS, A.B.; FRANKS, N.R. Testing the limits of social resilience in ant colonies. **Behavior Ecology and Sociobiology**, v. 48, p. 125–131, 2000.
- BAGNÈRES, A.G.; MORGAN, E.D. The postpharyngeal glands and the cuticle of Formicidae contain the same characteristic hydrocarbons. **Experientia**, v. 47, p. 106-111, 1991.
- BENNETT, B. Nestmate recognition systems in a monogynous-polygynous species pair of ants (Hymenoptera; Formicidae) I. Worker and queen derived cues. **Sociobiology**, v. 16, pp. 121-139, 1989.
- BERNSTEIN, R.A.; GOBBEL, M. Partitioning of space in communities of ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 48, p. 931-942, 1979.
- BERTON, F.; LENOIR, A. Fermeture des sociétés parthénogénétiques de *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera, Formicidae). **Actes des Colloques Insectes Sociaux**, v. 3, p. 197-209, 1986.
- BEYE, M.; NEUMANN, P.; MORITZ, R. F. A. Nestmate recognition and the genetic gestalt in the mound-building ant, *Formica polyctena*. **Insectes Sociaux**, v. 44, p. 49–58, 1997.

BEYE, M. et al. Nestmate recognition and the genetic relatedness of nests in the ant *Formica pratensis*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 43, p. 67–72, 1998.

BLOMQUIST, G.J. et al. The cuticle and cuticular hydrocarbons of insects: structure, function, and biochemistry. In: **Pheromone communication in social insect** (Vander Meer RK, Breed MD, Winston ML and Espelie KE, eds.). Westview Press, Boulder, p. 35-54, 1998.

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**, v. 22, p. 1-10, 1987.

BONAVITA-COUGOURDAN, A.; CLEMENT, 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**, v. 19, n. 7, p. 1461-1477, 1993.

BRASCHLER, B.M. **Effects of experimental small-scale grassland fragmentation on the population dynamics of invertebrates**. Dissertation, Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie vorgelegt der Philosophisch - Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel. 2005.

BREED, M.D. et al. Thievery, home ranges and nestmate recognition in *Ectatomma ruidum*. **Oecologia** v., 84, p. 117-121, 1990.

BROWN-JR. W. L. Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, Cambridge, v. 118, n. 5, p. 175-362, 1958.

CERDÁ, X.; RETANA, J.; de HARO, A. Social carrying between nests in polycalic colonies IF the monogynous ant *Cataglyphis iberica* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 23, p. 215-231, 1994.

CLARK, P.J; EVANS, F.C. Distance to nearest neighbour as measure of spatial relationship in populations. **Ecology**, v. 34, p. 445-453, 1954.

CROSLAND, M.W.J. Kin recognition labels of young ant workers. **Insectes Sociaux**, v. 36, p. 77-91, 1989.

CROSLAND, M.W.J. The influence of the queen, colony size and worker ovarian development on nestmate recognition in the ant *Rhytidoponera confusa*. **Animal Behavior**, v. 39, p. 413-425, 1990.

CROZIER, R.H.; DIX, M.W. Analysis of two genetic models for the innate components of colony odour in social Hymenoptera. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 4, p. 217-224, 1979.

CUSHMAN, J.H.; MARTINSEN, G.D.; MAZEROLI, A.I. Density and size dependent spacing of ant nests: evidence for intraspecific competition. **Oecologia**, v. 77, p. 522-525, 1988.

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

DAHBI, A.; LENOIR, A. Queen colony odour in the multiple nest ant species, *Cataglyphis iberica* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 45, p. 301-313, 1998a.

DAHBI, A.; LENOIR, A. Nest separation and the dynamics of the “Gestalt” odour in the polydomous ant *Cataglyphis iberica* (Hymenoptera: Formicidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 42, p. 349-355, 1998b.

DAHBI, A. et al. Social closure, aggressive behavior, and cuticular hydrocarbon profiles in the polydomous ant *Cataglyphis iberica* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 22, n. 12, p. 2173-2186, 1996.

DAHBI, A. et al. Adult transport in the ant *Cataglyphis iberica*: a means to maintain a uniform colonial odour in a species with multiple nests. **Physiological Entomology**, v. 22, p. 13-19, 1997.

DE RENOBALLES, M.; BLOMQUIST, G. J. A developmental study of the composition and biosynthesis of the cuticular lipids of *Trichoplusia ni*. **Insect Biochemistry**, v. 13, p. 493-502, 1983.

DEBOUT, G. et al. Polydomy in ants: what we know, what we think we know, and what remains to be done. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 90, p. 19-348, 2007.

DESLIPPE, R.J.; SAVOLAINEN, R. Role of food supply in structuring a population of *Formica* ants. **Journal of Animal Ecology**, v. 63, p. 756-764, 1994.

DESLIPPE, R.J.; SAVOLAINEN, R. Mechanisms of competition in a guild of formicine ants. **Oikos**, v. 72, p. 67-73, 1995.

DIETEMANN, V. et al. Cuticular hydrocarbons mediate discrimination of reproductives and nonreproductives in the ant *Myrmecia gulosa*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, USA, v. 100, p. 10341-10346, 2003.

DINTER, K. et al. Ecological, behavioural and chemical adaptations to ant predation in species of *Thermophilum* and *Graphipterus* (Coleoptera: Carabidae) in the Sahara desert. **Journal of Arid Environments**, v. 50, p. 267-286, 2002.

DONCASTER, C.P. The spatial distribution of ants' nests on Ramsey Island, South Wales. **Journal of Animal Ecology**, v. 50, p. 195-218, 1981.

DREIER, S.; D'ETTORRE, P. Social context predicts recognition systems in ant queens. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 22, p. 644-649, 2009.

FERNÁNDEZ, F. Las hormigas cazadoras del genero *Ectatomma* (Hymenoptera: Formicidae) en Colombia. **Caldasia**, v. 16, p. 551-564, 1991.

FOREL, A. **Les fourmis de la Suisse**. 475 pp., 1874.

FOWLER, H.G. Population foraging and territoriality in *Dinoponera australis* (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 3-4, p. 443-447, 1985.

GIBBS, A.G. Water-proofing properties of cuticular lipids. **American Zoologist**, v. 38, p. 471-482, 1998.

GORDON, D.M. Group-level dynamics in harvester ants: young colonies and the role of pat rolling. **Animal Behavior**, v. 35, p. 833-843, 1987.

GORDON, D.M. Ants distinguish neighbours from strangers. **Oecologia**, v. 8, p. 198-200, 1989.

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**, v. 35, p. 179-186, 1997.

GREENSLADE, P.J.M. Dispersion and history of a population of the meat ant *Iridomyrmex purpureus*. **Australian Journal of Zoology**, v. 23, p. 495-510, 1975.

HARRISON, J.S.; GENTRY, J.B. Foraging pattern, colony distribution and foraging range of the Florida harvester ant *Pogonomyrmex badius*. **Ecology**, v. 62, n. 6, p. 1467-1473, 1981.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass. 732 pp., 1990.

IRUDAYARAJ, J.; YANG, H.; SAKHAMURY, S. Differentiation and detection of microorganisms using Fourier transform infrared photoacoustic spectroscopy. **Journal of Molecular Structure**, v. 606, p. 181-188, 2002.

JAFFÉ, K. **El mundo de las hormigas**. Venezuela, Editora Equinoccio, 183p., 1993.

JUÁREZ, M.P.; BRENNER, R.R. The epicuticular lipids of *Triatoma infestans*. II. Hydrocarbon dynamics. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 82B, p. 793-803, 1985.

JUTSUM, A.R.; SAUNDERS, T.S.; CHERRETT, J.M. Intraespecific aggression in the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus*. **Animal Behavior**, v. 27, p. 839-844, 1979.

KELLER, L.; PASSERA L. Influence of the number of queens on nestmate recognition and attractiveness of queens to workers in the argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Mayr). **Animal Behavior**, v. 37, p. 733-740, 1989.

KUKUK, P.F.; DECELLES, P.C. Behavioural evidence for population structure of *Lasioglossum (Dialictus) zephyrum* male dispersion patterns. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 19, p. 233-239, 1986.

LAHAV, S.; SOROKER, V.; HEFETZ, A. Direct behavioral evidence for hydrocarbons as ant recognition discriminators. **Naturwissenschaften**, v. 86, p. 246-249, 1999.

LAHAV, S. et al. Nestmate recognition in the ant *Cataglyphis niger*: do queens matter? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 43, p. 203-212, 1998.

LAPOLA, D.M.; ANTONIALLI-JR., W.F.; GIANNOTTI, E. Arquitetura de ninhos da formiga neotropical *Ectatomma brunneum* F. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae) em ambientes alterados. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 2, p. 177-188, 2003.

LENOIR, A. et al. Reproduction and dispersal in the *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche**, v. 95, p. 21-44, 1988.

LENOIR, A. et al. **Individuality and social representation concept**. In: Information Processing in Social Insects. Birkhäuser Verlag, Basel, p. 219-237, 1999.

LENOIR, A. et al. Hydrocarbons in the ant *Lasius niger*: from the cuticle to the nest and home range marking. **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, p. 913-921, 2009.

LEVINGS, S.C.; TRANIELLO, J.F.A. Territoriality, nest dispersion, and community structure in ants. **Psyche**, v. 88, p. 265-319, 1981.

LIANG, D.; SILVERMAN, J. You are what you eat: diet modifies cuticular hydrocarbons and nestmate recognition in the Argentine ant, *Linepithema humile*. **Naturwissenschaften**, v. 87, p. 412-416, 2000.

LIU, Z.B. et al. Intra-colony, intercolony and seasonal variations of cuticular hydrocarbon profiles in *Formica japonica* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 48, p. 342-346, 2001.

MINTZER, A. Nestmate recognition and incapability between colonies of the acacia ant *Pseudomyrmex ferruginea*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 10, p. 165-168, 1982.

MOREL, L.; VANDER MEER, R. K.; LOFGREN, C. S. Comparison of nestmate recognition between monogyne and polygyne populations of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 83, p. 642-647, 1990.

NOWBAHARI, E. et al. Individual, geographical and experimental variation of cuticular hydrocarbons of the ant *Cataglyphis cursor* (Hymenoptera: Formicidae): their use in nest and subspecies recognition. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 18, p. 63-73, 1990.

NOWBAHARI, M.; LENOIR, A. **Le fermeture des sociétés de la fourmi *Cataglyphis cursor*: Relations avec la distance géographique**. In: A. DE HARO e X. ESPADALER (eds.). Processus d'acquisition précoce. Les communications. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, p. 457-461, 1984.

OBIN, M.S. Nestmate recognition cues in laboratory and field colonies of *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae): effect of environment and the role of cuticular hydrocarbons. **Journal of Chemical Ecology**, v. 12, p. 1965-1975, 1986.

OBIN, M.S.; VANDER MEER, R.K. Sources of nestmate recognition cues in the imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). **Animal Behavior**, v. 36, p. 1361–1370, 1988.

OVERAL, W.L. Observations on colony founding and migration of *Dinoponera gigantea*. **Journal of Georgia Entomology Society**, v. 15, p. 466-469, 1980.

PAIVA, R.V.S.; BRANDÃO, C.R.F. Estudos sobre a organização social de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 783-792, 1989.

PAIVA, R.V.S.; BRANDÃO, C.R.F. Nests, worker population, and reproductive status of workers, in the giant queenless ponerine ant *Dinoponera* Roger (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology, Ecology and Evolution**, v. 7, p. 297-312, 1995.

PAMILO, P. Genetic differentiation within subdivided populations of *Formica* ants. **Evolution**, v. 37, p. 1010–1022, 1983.

PARRISH, J.K.; EDELSTEIN-KESHET, L. Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. **Science**, v. 284, p. 99–101, 1999.

PIANKA, E.R. **Evolutionary ecology**, 6th ed. San Francisco: Benjamin/Cummings, 512 pp., 2000.

PIE, M.R. Foraging ecology and behaviour of the Ponerinae ant *Ectatomma opaciventre* Roger in a Brazilian savanna. **Journal of Natural History**, v. 38, p. 717-729, 2004.

PRATT, S.C. Recruitment and other communication behavior in the Ponerine ant *Ectatomma ruidum*. **Ethology**, v. 81, p. 313-331, 1989.

PROVOST, E. **Role of the queen in the intra-colonial aggressivity and nestmate recognition in *Leptothorax lichtensteini* ants.** In: Chemistry and Biology of Social Ants (Ed. by J. Eder & H. Rembold), page 479. Munich: Verlag. 1987.

PROVOST, E. Social environmental factors influencing mutual recognition of individuals in the ant *Leptothorax lichtensteini* (Hymenoptera: Formicidae) Bondr. **Behavioral Processes**, v. 18, p. 35–39, 1989.

PROVOST, E. Nonnestmate kin recognition in the ant *Leptothorax lichtensteini*: evidence that genetic factors regulate colony recognition. **Behavior Genetics**, v. 21, p. 151-167, 1991.

PROVOST, E.; CERDAN P. H. Experimental polygyny and colony closure in the ant *Messor barbarus* (L.) (Hym. Formicidae). **Behaviour**, v. 115, p. 114-126, 1990.

PROVOST, E. et al. Cuticular hydrocarbons whereby *Messor barbarus* ant workers putatively discriminate between monogynous and polygynous colonies. Are workers labeled by queens? **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 2895-3003, 1994.

REDOLFI, I. et al. Ant nests spatial distribution and temporary permanence in olive orchards at Granada, Spain. **Ecologia Aplicada**, v. 4, n. 1,2, p. 71-76, 2005.

RYTI, R.T.; CASE, T.J. Spatial arrangement and diet overlap between colonies of desert ants. **Oecologia**, v. 62, p. 401-404, 1984.

RYTI, R.T.; CASE, T.J. Overdispersion of ant colonies: a test of hypotheses. **Oecologia**, v. 69, p. 446-453, 1986.

RYTI, R.T.; CASE, T.J. The role of neighborhood competition in the spacing and diversity of ant communities. **American Naturalist**, v. 139, p. 55-74, 1992.

SENDOVA-FRANKS, A.B.; FRANKS, N.R. Spatial relationships within nests of the ant *Leptothorax unifasciatus* (Latr.) and their implications for the division of labour. **Animal Behavior**, v. 50, p. 121–136, 1995.

SINGER, T.L. Roles of hydrocarbons in the recognition systems of insects. **American Zoologist**, v. 38, p. 394-405, 1998.

SKOOG, D.A.; HOLLER, J.F.; NIEMAN, T.A. **Princípios de análise instrumental**. Tradução de Ignez Caracelli, Paulo Celso Isolani et al. 5ª edição. Reimpressão 2006. Porto Alegre: Bookman, 2002.

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

SOROKER, V.; VIENNE, C.; HEFETZ, A. Hydrocarbon dynamics within and between nestmate in *Cataglyphis niger* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, p. 365-378, 1995.

SOROKER, V. et al. The postpharyngeal gland as a “gestalt” organ for nestmate recognition in the ant *Cataglyphis niger*. **Naturwissenschaften**, v. 81, p. 510-513, 1994.

STUART, R.J. Individual workers produce colony-specific nestmate recognition cues in the ant, *Leptothorax curvispinosus*. **Animal Behavior**, v. 35, p. 1062-1069, 1987.

THOMAS, M.L. et al. Geographic affinity, cuticular hydrocarbons and colony recognition in the Australian meat ant *Iridomyrmex purpureus*. **Naturwissenschaften**, v. 86, p. 87-92, 1999.

TRANIELLO, J.F.A. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 191-210, 1989.

UGELVIG, L.V. et al. The introduction history of invasive garden ants in Europe: integrating genetic, chemical and behavioral approaches. **BMC Biology**, v. 6, n. 11, p. 1-14, 2008.

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

van WILGENBURG, E. et al. Nest- and colony-mate recognition in polydomous colonies of meat ants (*Iridomyrmex purpureus*). **Naturwissenschaften**, v. 93, p. 309-314, 2006.

VANDER MEER, R.K.; LOFGREN, C.S.; ALVAREZ, F.M. Biochemical evidence for hybridization in fire ants. **Florida Entomologist**, v. 68, p. 501-506, 1985.

VASCONCELOS, A.; SANTANA, G.G.; SOUZA, A.K. Nest spacing and architecture and swarmig of males of *Dinoponera quadriceps* (Hymenoptera: Formicidae) in remnant of the Atlantic Forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 357-362, 2004.

VIENNE, C.; SOROKER, V.; HEFETZ, A. Congruency of hydrocarbon pattern in heterospecific groups of ants: transfer and/or biosynthesis? **Insectes Sociaux**, v. 42, p. 267-277, 1995.

WAGNER, D. et al. Task-related differences in the cuticular hydrocarbon composition of harvester ants, *Pogonomyrmex barbatus*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, p. 2021-2037, 1998.

WAGNER, D. et al. Harvester ants utilize cuticular hydrocarbons in nestmate recognition. **Journal of Chemical ecology**, v. 26, n. 10, p. 2245-2257, 2000.

WHEELER, D.E. *Ectatomma tuberculatum* foraging biology and association with *Crematogaster* (Hymenoptera Formicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 79, p. 300-303, 1986.

WILSON, E.O. Patchy distributions of ant species in New Guinea rain forests. **Psyche**, v. 65, p. 26-38, 1958.

WILSON, E.O. **The Insect Societies**. Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, MA. 548 pp. 1971.

YAMAOKA, R. Chemical approach to understanding interactions among organisms. **Physiology and Ecology Japan**, v. 27, p. 31–52, 1990.

YAMAOKA, R.; KUBO, H. **Identity of cuticular hydrocarbon profile among workers of the ant which is maintained by the presence of the queen would be the nestmate recognition cue**. In: G. K. Veeresh, B. Mallik and C. A. Viraktamath (eds.). *Social Insects and the Environment: Proceedings of the 11th International Congress of the IUSI*. Oxford & IBH Publishing, New Delhi, pp. 406–407, 1990.

CAPÍTULO 2

DIETA E PADRÃO DE FORRAGEAMENTO ESPACIAL DE *ECTATOMMA OPACIVENTRE* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM UMA ÁREA ANTRÓPICA

RESUMO

Ectatomma opaciventre pertence a uma subfamília com características morfológicas e comportamentais típicas de grupos mais basais e, por isso, apresenta uma estratégia de forrageamento solitário durante a busca por alimentos principalmente de origem animal. Nesse trabalho procurou-se identificar qual é a dieta dessas formigas em uma área degradada do município de Rio Claro/SP por meio de um levantamento das presas coletadas no horário de pico de forrageamento. Além disso, as rotas de forrageamento de três ninhos foram determinadas por meio do acompanhamento de forrageadoras durante suas excursões no campo, possibilitando uma avaliação da distância máxima de forrageamento e o tempo gasto na procura pelo alimento. Considerando-se que as colônias dessa espécie são pequenas, o número de forrageadoras se limitou a poucos indivíduos, que coletaram insetos vivos ou recém-mortos, principalmente outras espécies de formigas. A distância máxima percorrida por uma operária foi de 5,14m e o tempo máximo gasto fora do ninho à procura por alimento foi de 1 hora e 6 minutos. As rotas de forrageamento aparentemente se distribuem espacialmente de forma a evitar o encontro com forrageadoras de outros ninhos e a procura de alimento em uma área já explorada por outros indivíduos.

INTRODUÇÃO

As formigas poneromorfas pertencem ao grupo considerado entre os mais basais dentro de Formicidae. Apresentam muitas características morfológicas e comportamentais ancestrais, tais como colônias pequenas, ninhos simples e forrageamento solitário. Além disso, contam com um ferrão funcional e mandíbulas bem desenvolvidas e por isso são consideradas predadoras (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). Muitos estudos sobre dieta são baseados no item alimentar que as formigas trazem para seus ninhos (PAIVA e BRANDÃO, 1989; VALENZUELA-GONZÁLEZ et al., 1995; PIE, 2004). Wheeler (1986) usou esse método para *E. tuberculatum* e afirmou que esta espécie é capaz de subjugar presas grandes e agressivas, o que sustenta a idéia de que as formigas poneromorfas são essencialmente predadoras (PIE, 2004).

Essa posição basal torna seu estudo valioso na compreensão dos fatores que influenciam processos tais como a preferência alimentar e os sistemas de recrutamento (BREED e BENNET, 1985). Podem utilizar uma ampla variedade de estratégias para conseguir alimento e os modos de forrageamento podem variar desde a caçada solitária, na qual não há cooperação durante a procura e coleta de alimento, até vários níveis de cooperatividade, mediados por diferentes graus de comunicação e recrutamento entre as companheiras de ninho. Contudo, uma grande variedade de hábitos alimentares pode ser observada entre as espécies, desde a coleta de sementes, frutas, presas vivas até carcaças e secreção de insetos (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990; MEDEIROS e OLIVEIRA, 2009).

Beckers et al. (1989) relacionaram os sistemas de forrageamento com o tamanho das colônias em diversas espécies. Embora a base de dados seja pequena ao ser comparada com o número de espécies de formigas conhecidas, há uma tendência clara. Colônias pequenas contam com forrageadoras individuais que não transmitem suas descobertas, pois interagem diretamente com uma ou poucas operárias (*Trachymyrmex*, *Leptothorax*); as maiores, contam com uma comunicação química permanente entre os indivíduos, proporcionando um recrutamento rápido de inúmeras forrageadoras (*Lasius*, *Oecophilla*, *Solenopsis*). Entre esses dois limites podem ser encontrados comportamentos intermediários, como *tandem running*, recrutamento de grupo e recrutamento em massa. Traniello (1989) sugeriu que o termo forrageamento individual deveria ser substituído por outro mais apropriado, considerando-se que o comportamento de uma forrageadora nunca é completamente independente das atividades de outras forrageadoras e do restante da colônia; portanto, não deveria ser usado para categorizar o sistema como um todo.

Dentre as poneromorfos encontramos o gênero *Ectatomma*, cujas espécies são endêmicas da América do Sul e Central (BROWN, 1958; BOLTON, 1995) e são consideradas predadoras generalistas de uma variedade de artrópodos a anelídeos vivos ou recém-mortos, ocasionalmente coletando néctar extrafloral e *honeydew* de hemípteros (GIANNOTTI e MACHADO, 1992; FERNÁNDEZ, 1991; OLIVEIRA e BRANDÃO, 1991; DEL-CLARO e OLIVEIRA, 1999). Podem utilizar inúmeras estratégias de forrageamento, como emboscada, caçada solitária, caçada cooperativa e em grupo, com recrutamento, e, até mesmo, cleptobiose (PERFECTO e VANDER MEER, 1993; SCHATZ et al., 1997; SCHATZ e WCISLO, 1999). Em contraste, muito pouco é conhecido sobre o comportamento de forrageamento de outras espécies, em particular *E. opaciventre*.

O padrão de busca por alimento pode ser analisado em dois níveis. No primeiro, a busca consiste no uso do espaço de forrageamento por populações, e as interações territoriais intra e interespecíficas podem contribuir para a partição do espaço entre as colônias. Portanto, o padrão de busca envolve uma regulação em nível colonial da distribuição espacial das forrageadoras. Segundo, cada busca feita pela forrageadora tem sua própria organização espacial e temporal ecologicamente influenciada. Há também uma relação entre os padrões de busca individuais e coletivos, uma vez que a forrageadora pode influenciar o padrão de busca das companheiras de ninho por meio da comunicação. Dessa forma, a distribuição de recursos no espaço e tempo e a competição seriam as maiores influências na organização da busca (TRANIELLO, 1989).

O forrageamento depende de múltiplas ferramentas e estratégias para orientação. Estas podem ser do tipo egocêntrica, que inclui a percepção de informações coletadas na rota entre o ninho e o alvo (COLLETT e COLLETT, 2000), ou geocêntricas, usadas para se obter a posição atual do ninho ou marcas similares relativas a pontos de referências, odores e outras características no espaço físico (WEHNER et al., 1996). Pontos de referência no horizonte ou no dossel de árvores podem fornecer pistas geocêntricas adicionais. No entanto, a habilidade em se voltar ao ninho com céu nublado e sob luz não polarizada, sugere que pelo menos algumas formigas não necessitam de pistas celestiais ou de pontos de referência no solo, sugerindo a combinação de pistas proprioceptivas e magnéticas (HÖLLDOBLER, e WILSON, 1990). A exploração do campo magnético da Terra auxilia no direcionamento de alguns insetos. *Apis mellifera*, por exemplo, pode se orientar por meio dessa linha de força (COLLETT e BARON, 1994). *Solenopsis invicta*, *Formica rufa* (CAMLITEPE e STRADLING, 1995), *Oecophylla smaragdina* (JANDER e JANDER, 1998) e *Atta colombica*

(BANKS e SRYGLEY, 2003) também parecem responder ao magnetismo (ANDERSON e VANDER MEER, 1993).

O sistema de trilhas fornece um mecanismo que determina os padrões de busca por alimento das forrageadoras, que são direcionadas para longe das colônias vizinhas (HÖLLDOBLER, 1976; HARRISON e GENTRY, 1981; RYTI e CASE, 1986; TRANIELLO, 1988) e também reduz o tempo de procura, direcionando diretamente as forrageadoras para uma fonte perene (HÖLLDOBLER, 1976; SHEPHERD, 1982; 1985). Colônias de *Pogonomyrmex rugosus* e *P. barbatus* distam entre si, em média, 18m e se alimentam de sementes (HÖLLDOBLER, 1976). As forrageadoras as procuram ao longo de trilhas espacialmente separadas por troncos. Em contraste, *P. maricopa* coleta sementes uniformemente distribuídas e as forrageadoras parecem partir aleatoriamente de seus ninhos e coletam as sementes individualmente; suas colônias distam entre si, em média, 46m, aparentemente devido à ausência de um sistema de trilhas (HÖLLDOBLER, 1976). Em *Pheidole militica*, as rotas nos galhos se ramificam em trilhas menores, canalizando as operárias para áreas onde as sementes estão disponíveis. Essas rotas são abandonadas quando as fontes se esgotam (HÖLLDOBLER e MOGLICH, 1980). Em *Lasius neoniger*, os feromônios de trilha parecem direcionar as forrageadoras para áreas distantes das colônias vizinhas, que podem estar a 5 cm de distância (TRANIELLO, 1980; 1988; TRANIELO e LEVINGS, 1986). Dessa forma, pode-se observar que os padrões altamente direcionais do forrageamento podem se tornar aleatórios como resultado do confronto com forrageadoras de ninhos diferentes, sugerindo que o sistema de trilhas das formigas procura minimizar confrontos agressivos com competidores (TRANIELLO, 1988) e possibilitar a divisão de recursos por toda a comunidade existente (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

OBJETIVO

Determinar as rotas de forrageamento e identificar as presas coletadas pelas operárias de *Ectatomma opaciventre* em uma área degradada.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram localizados 3 ninhos de *E. opaciventre* em uma área degradada de 4.800m² na área urbana do município de Rio Claro/SP (Figura 8). Cada um desses ninhos foi observado das 14 às 18h, que corresponde ao período de maior atividade forrageadora da espécie na parte da tarde (PIE, 2004).



Figura 8 – Imagem de satélite da área de estudo das colônias de *Ectatomma opaciventre* no Bairro Jardim Floridiana em Rio Claro/SP (contornada de vermelho) - ($22^{\circ} 22'42,31''\text{S}$ e $47^{\circ} 33' 38,67''\text{O}$). Os números 1, 2 e 3 representam a localização espacial das colônias utilizadas - – Fonte: *Google Earth* versão 6.0

Determinação das trilhas de forrageamento

A determinação da rota das trilhas de forrageamento foi baseada no método do animal focal, na qual se observou forrageadoras individuais desde sua saída até seu retorno ao ninho. À medida que a formiga se deslocava era colocado um ponto numerado no solo a cada 20 cm e, a qualquer sinal de perturbação causado pelo observador, os dados eram descartados. Foram registrados o tempo de forrageamento e a distância máxima alcançada em relação ao orifício de entrada do ninho para 10 indivíduos por ninho, totalizando 30 observações.

Para verificar se existiam diferenças entre as distâncias de forrageamento dos 3 ninhos estudados, assim como no tempo gasto pelas formigas, foi aplicada uma análise de variâncias com intervalo de confiança de 95%. Posteriormente, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre o tempo e a distância de forrageamento utilizando-se o programa BioEstat versão 3.0.

Dieta e esforço de coleta

Duas dessas colônias, que apresentaram maior atividade forrageadora, foram observadas num total de 72 horas no mesmo período acima descrito. A amostragem consistiu da contagem das operárias saindo e entrando no ninho, bem como, da coleta do item alimentar retirado das mandíbulas das operárias que retornavam com alimento sólido. O alimento prontamente coletado foi mantido em uma solução de álcool a 70% para a posterior identificação.

RESULTADOS

Determinação das trilhas de forrageamento

As operárias de *E. opaciventre* forragearam a uma distância média de $2,18\text{m} \pm 1,6\text{m}$ (amplitude de 40cm a 5,14m), percorridos em um tempo médio de $28,1\text{min} \pm 15,6\text{ min}$ (amplitude de 8min a 66min). As distâncias e o tempo médio gasto pelas formigas de cada um dos ninhos são apresentados na Tabela 4. Não houve diferença significativa entre as distâncias percorridas pelas operárias dos ninhos 1, 2 e 3 ($p > 0,05$). O mesmo foi observado para os dados referentes ao tempo gasto nas coletas. O coeficiente de correlação linear de Spearman obtido para as duas variáveis foi $r = 0,848$ ($p < 0,05$), indicando forte relação linear positiva entre elas (Figura 9).

As trilhas de forrageamento do ninho 1 estão apresentadas nas Figuras 10-19. As operárias geralmente apresentaram um padrão sinuoso, o qual persistiu até que elas retornassem ao ninho. O mesmo pode ser observado para as trilhas do ninho 2 (Figuras 20-29)

Tabela 4 – Distância e tempo médio de forrageamento em cada um dos três ninhos de *Ectatomma opaciventre* observados

TRILHA	NINHO 1		NINHO 2		NINHO 3	
	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)	Distância (m)	Tempo (s)
1	0,9	10	1,9	41	0,95	26
2	4,16	54	3,07	26	4,96	66
3	4,75	46	2,29	26	0,43	11
4	0,82	11	1,2	16	1,41	20
5	5,14	48	0,95	18	0,8	8
6	1,1	18	2,9	43	0,56	14
7	3,75	18	0,4	16	5,1	52
8	2,79	48	3,09	33	0,5	25
9	2,45	23	1,73	28	0,65	14
10	1,05	21	1,12	18	4,66	45
MÉDIA ± DESVIO PADRÃO	2,69 ± 1,68	29,70 ± 17,19	1,87 ± 1,68	26,50 ± 9,96	2,00 ± 2,03	28,10 ± 19,63

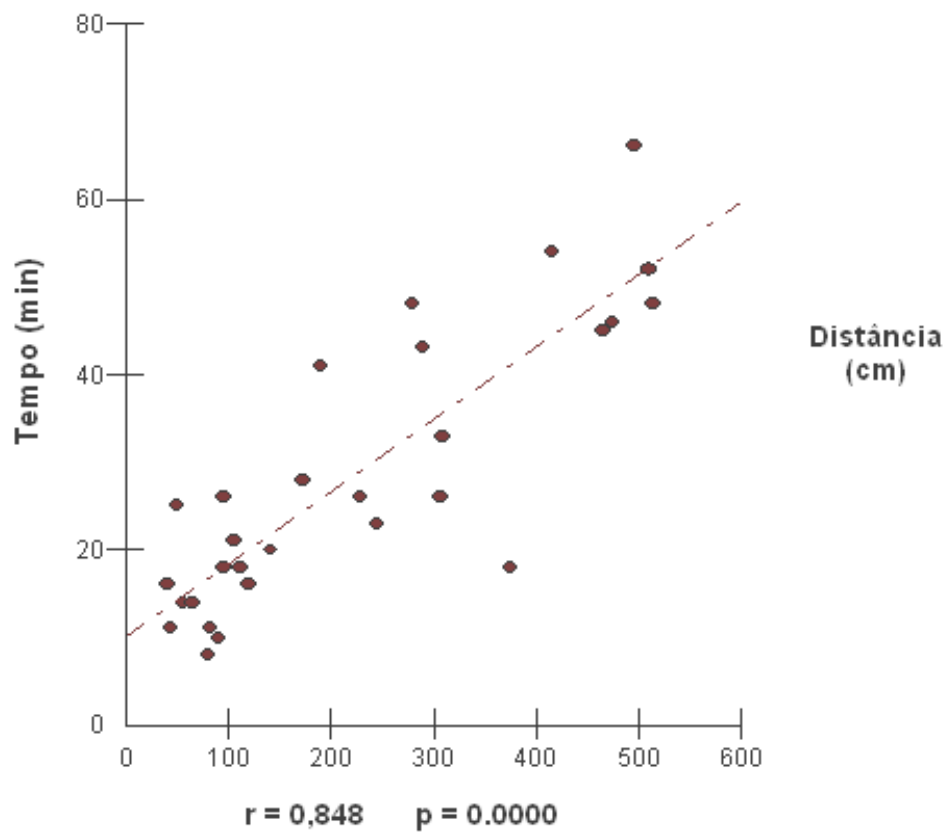


Figura 9 – Coeficiente de Correlação de Spearman para as variáveis tempo e distância de forrageamento de operárias de *Ectatomma opaciventre*

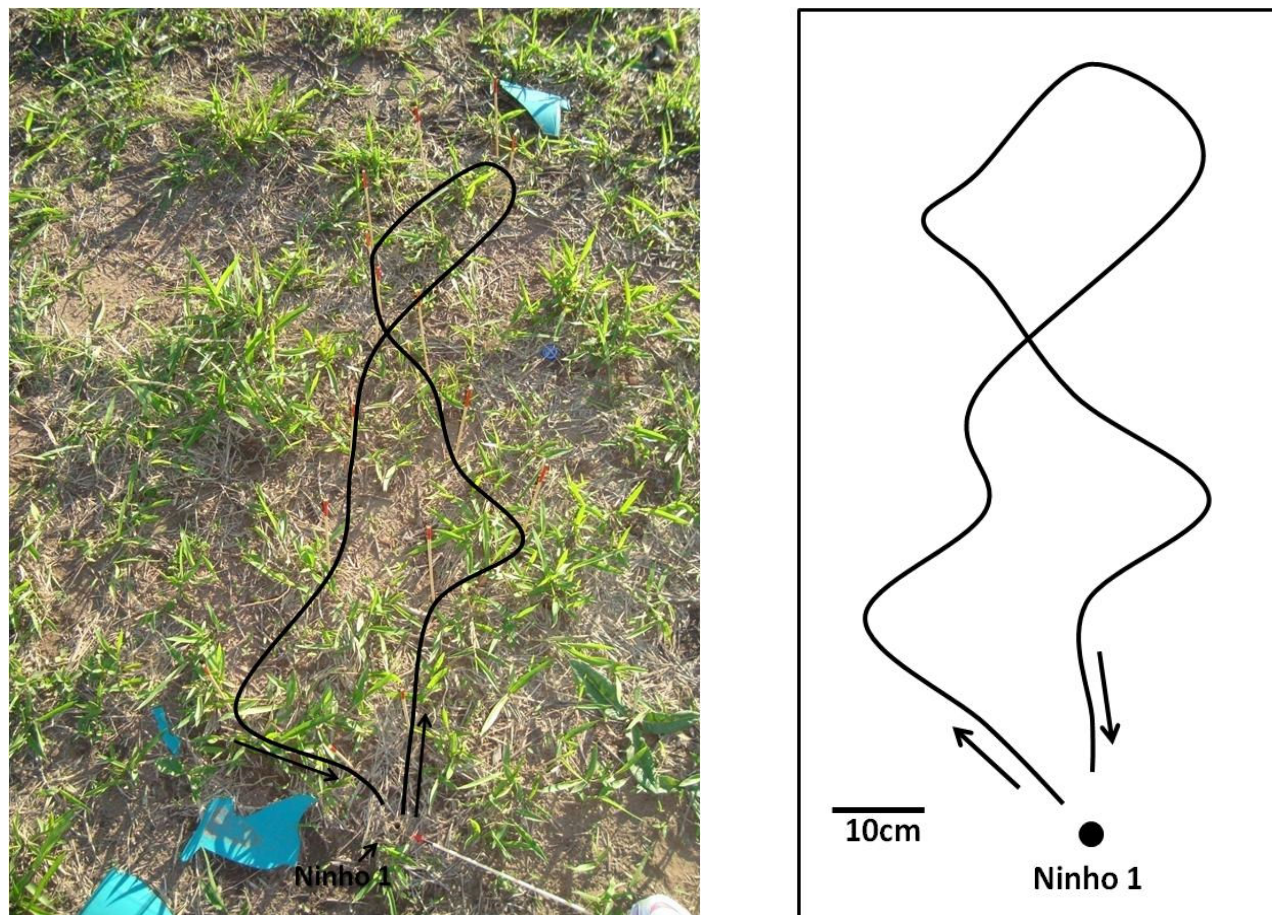


Figura 10 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

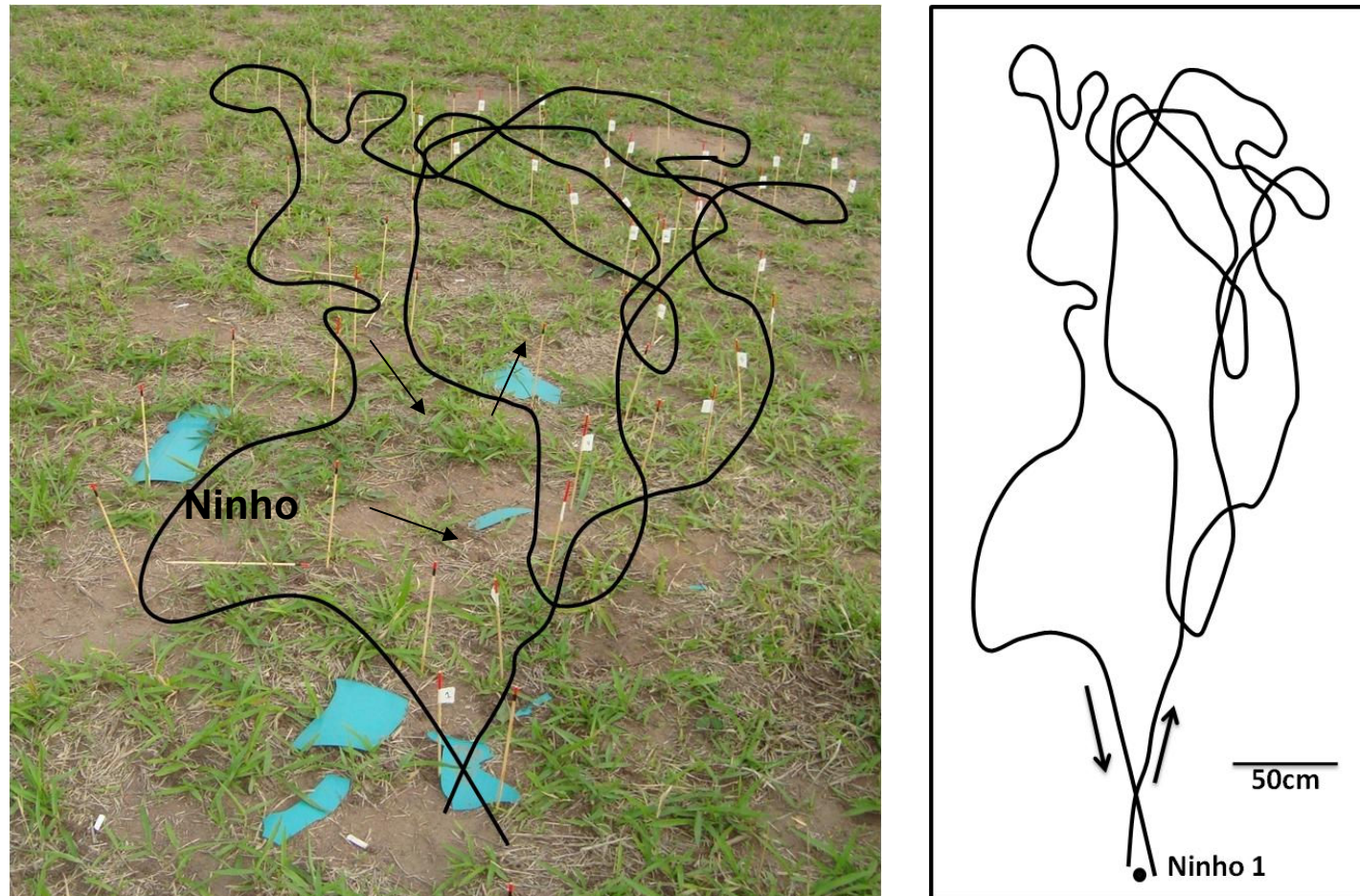


Figura 11 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

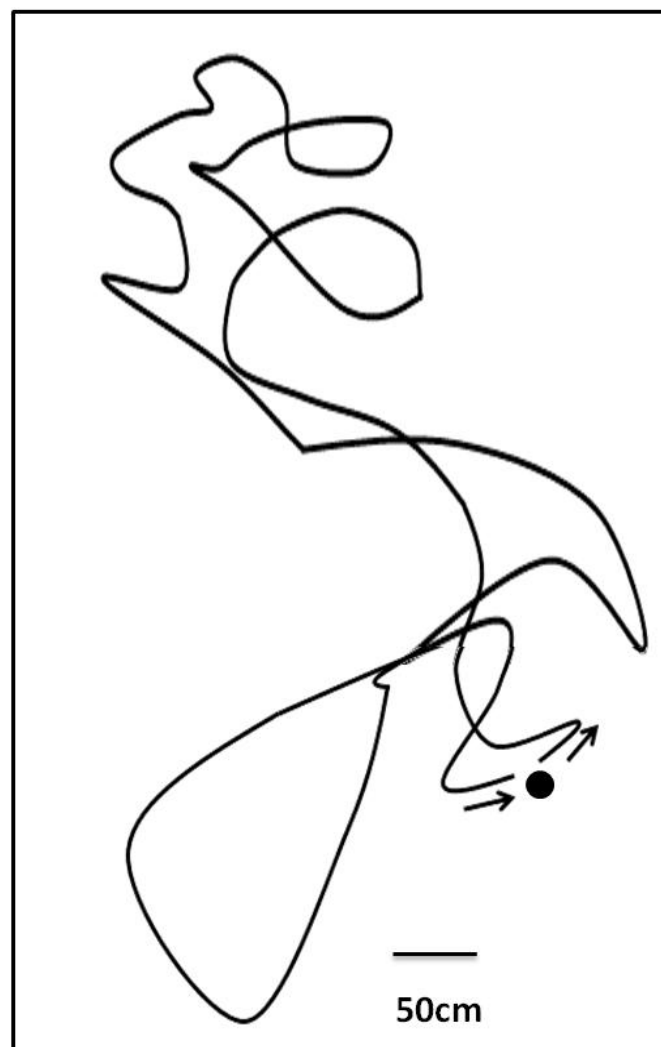
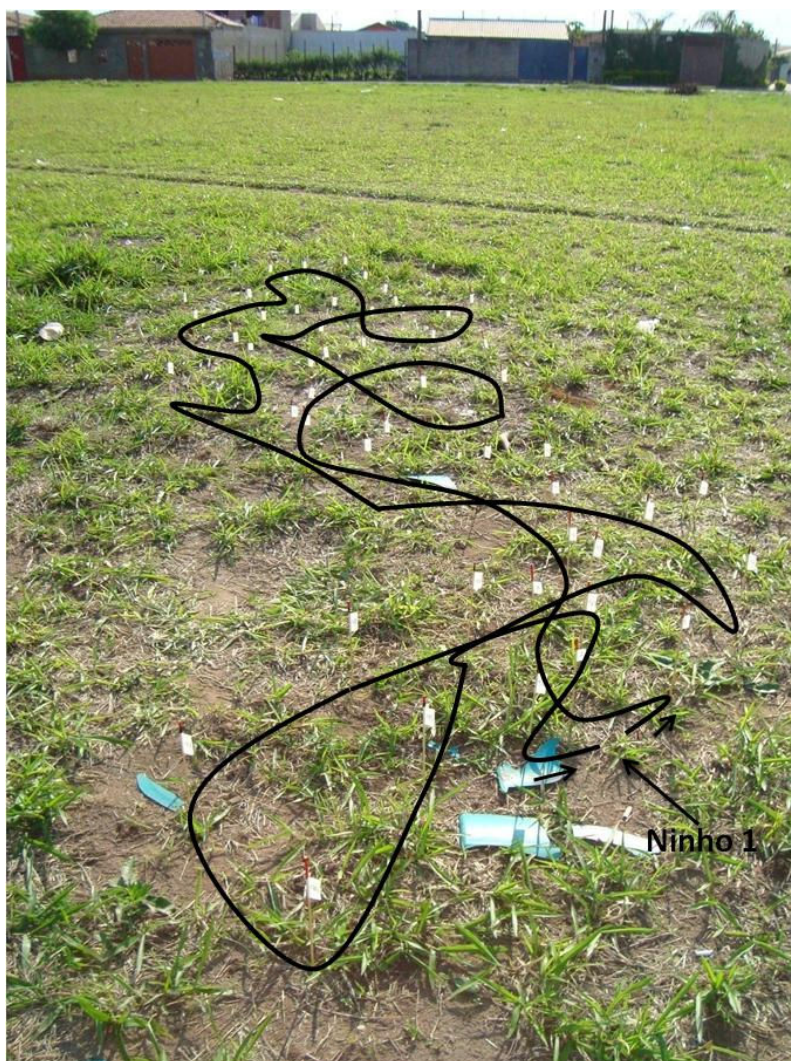


Figura 13 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

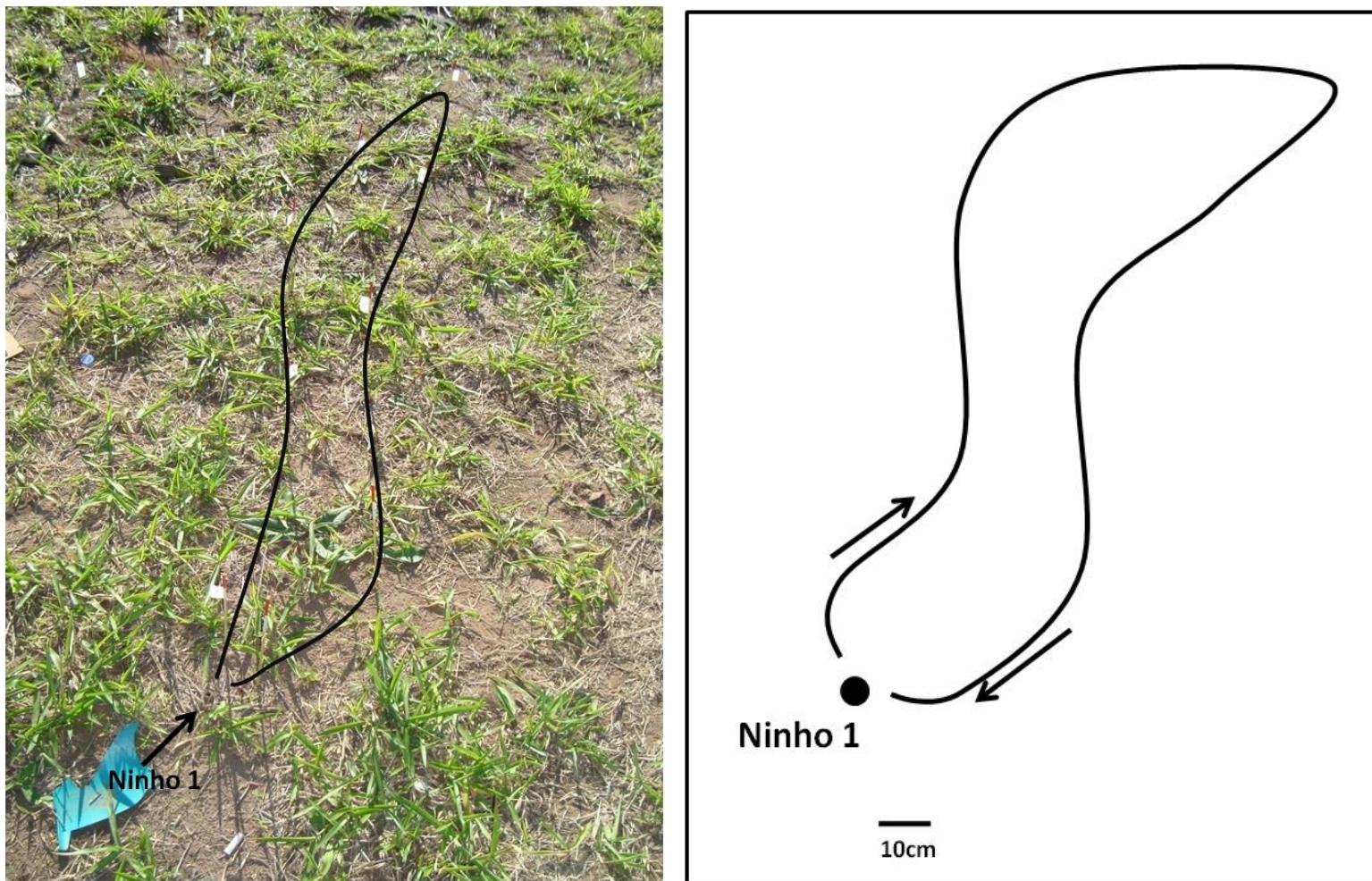


Figura 14 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

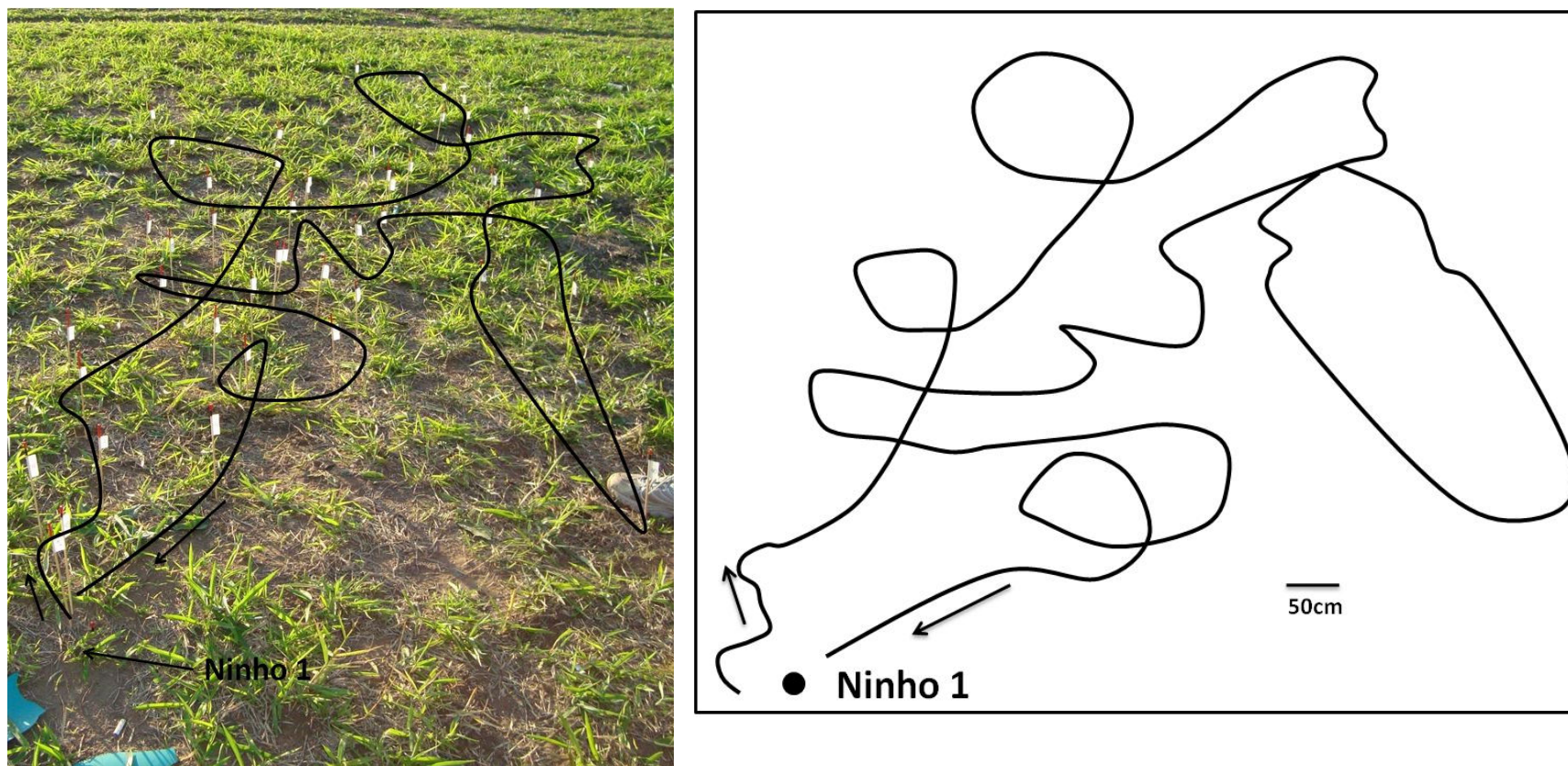


Figura 15 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

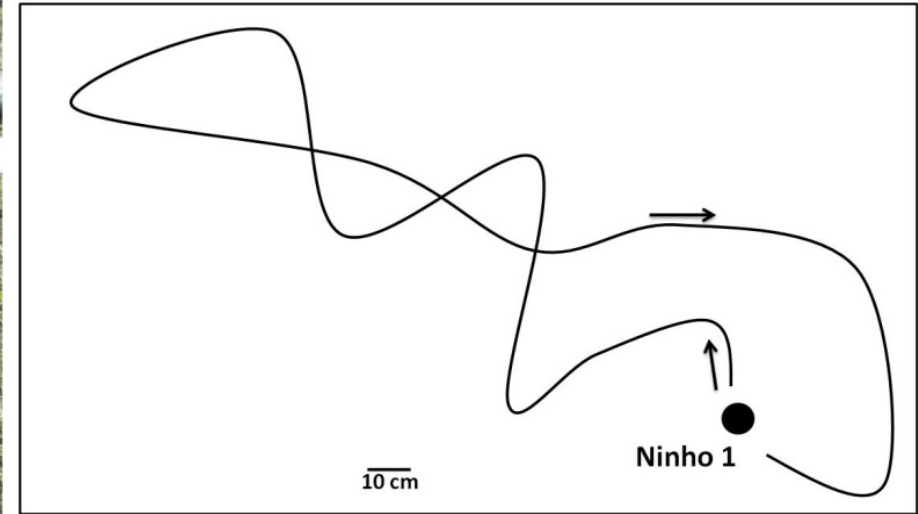


Figura 16 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

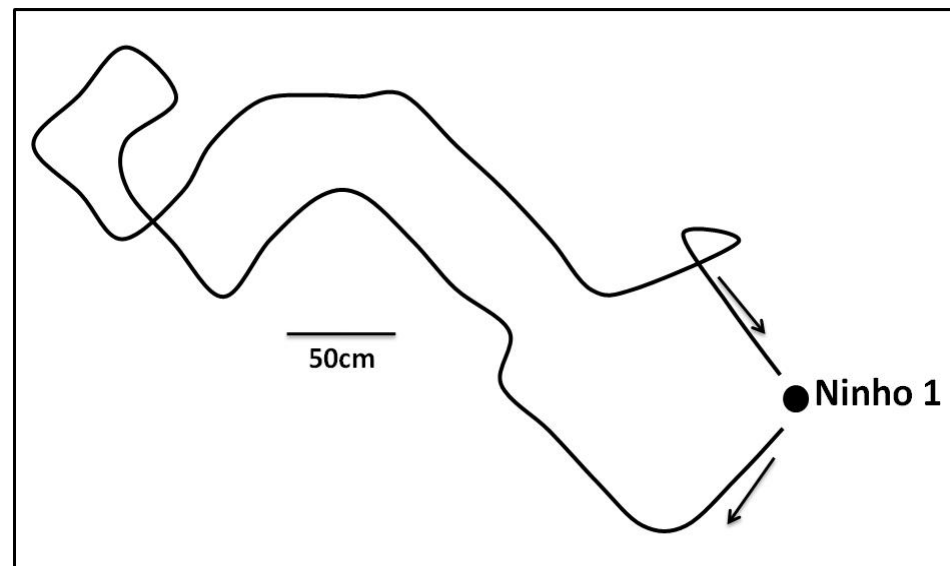
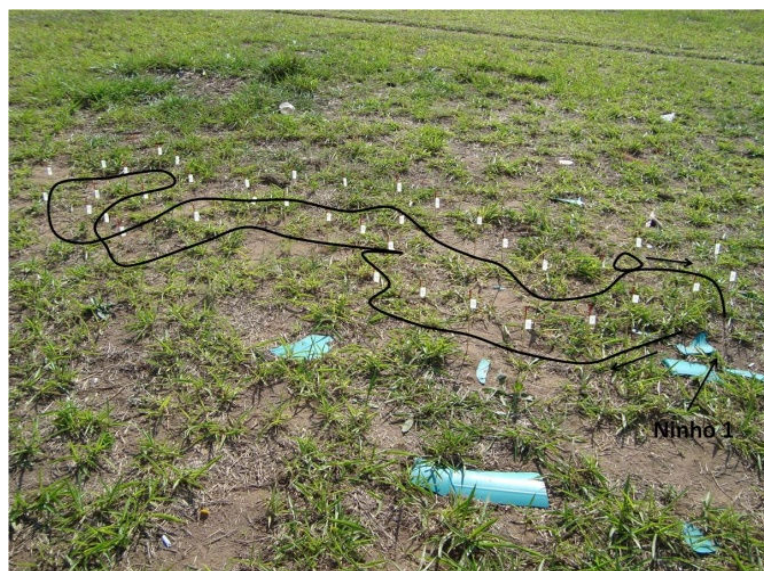


Figura 17 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

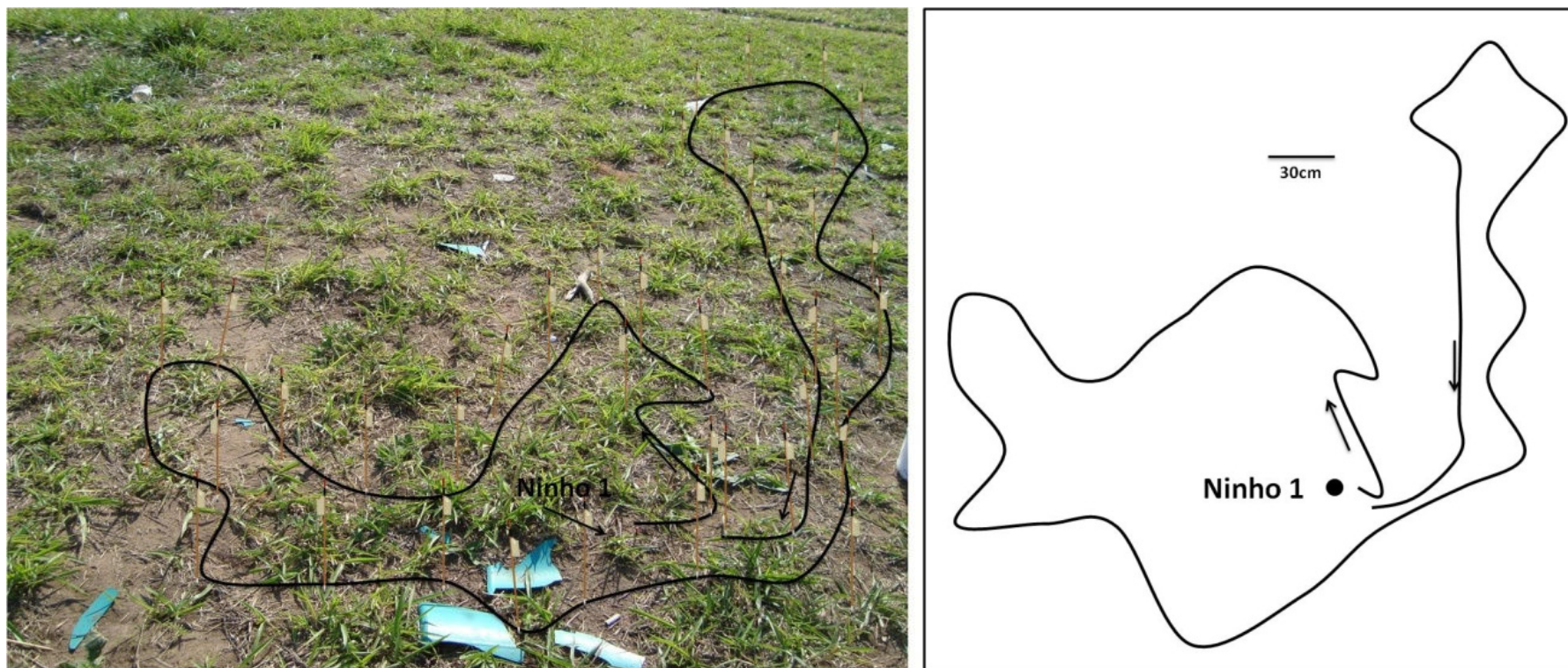


Figura 18 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

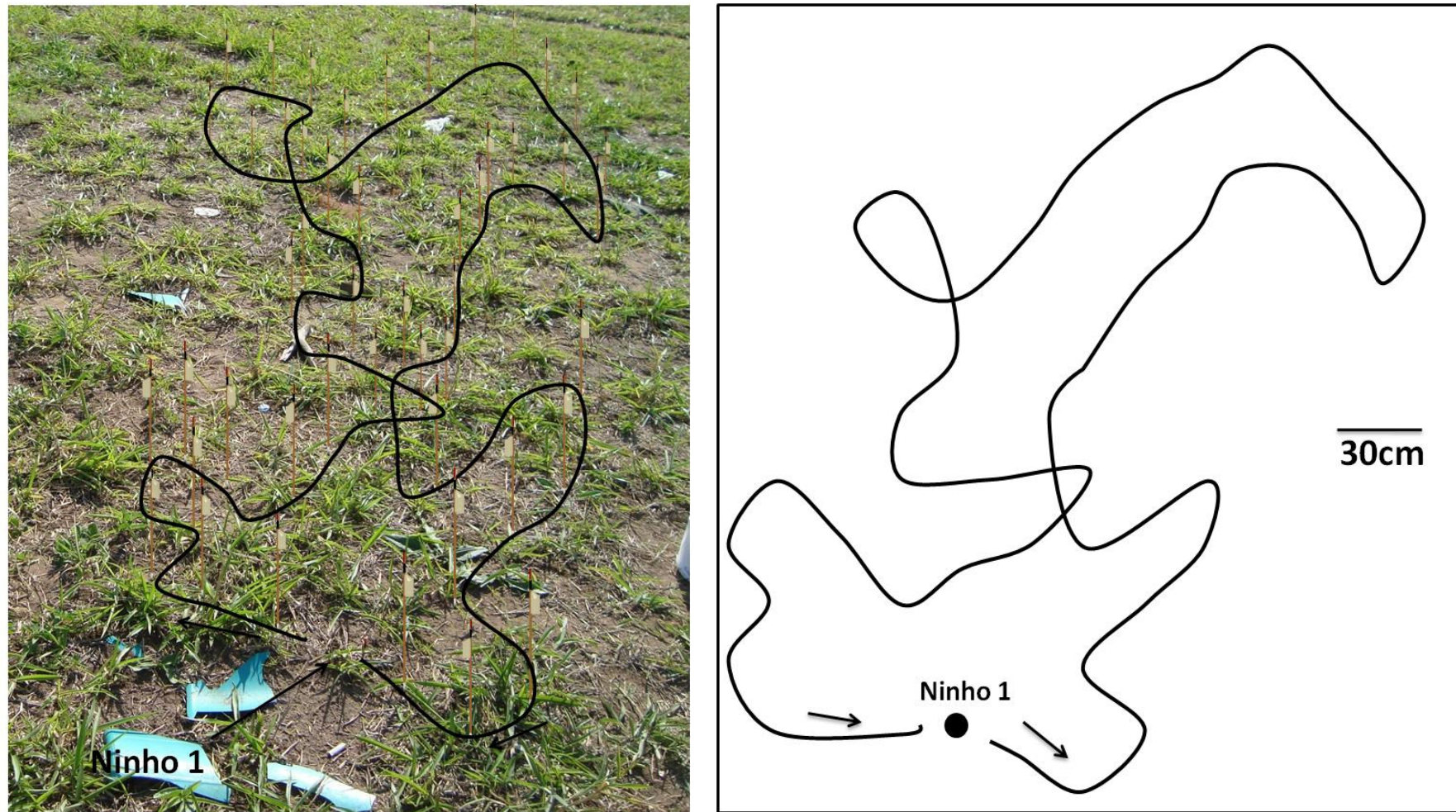


Figura 19 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 1

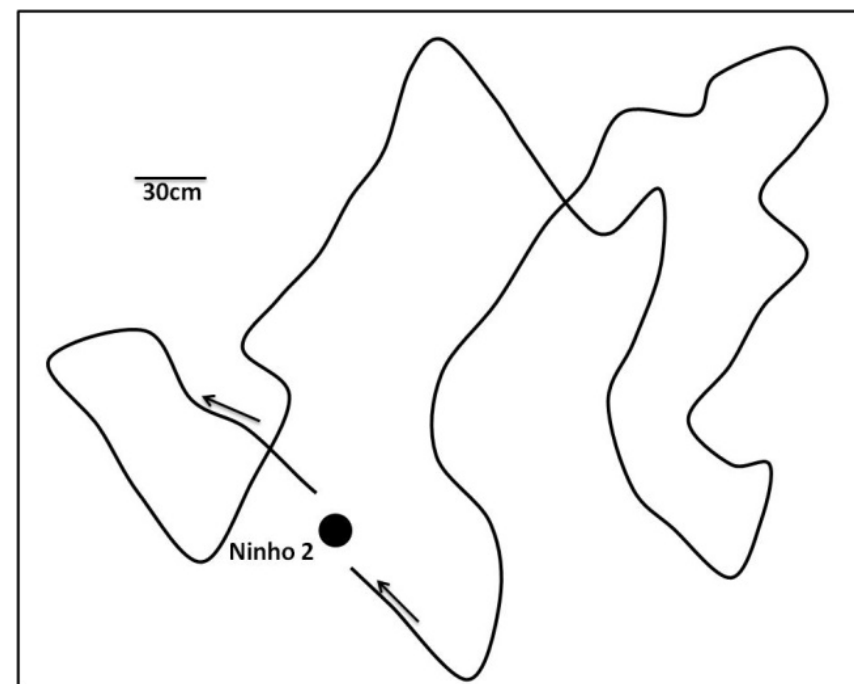
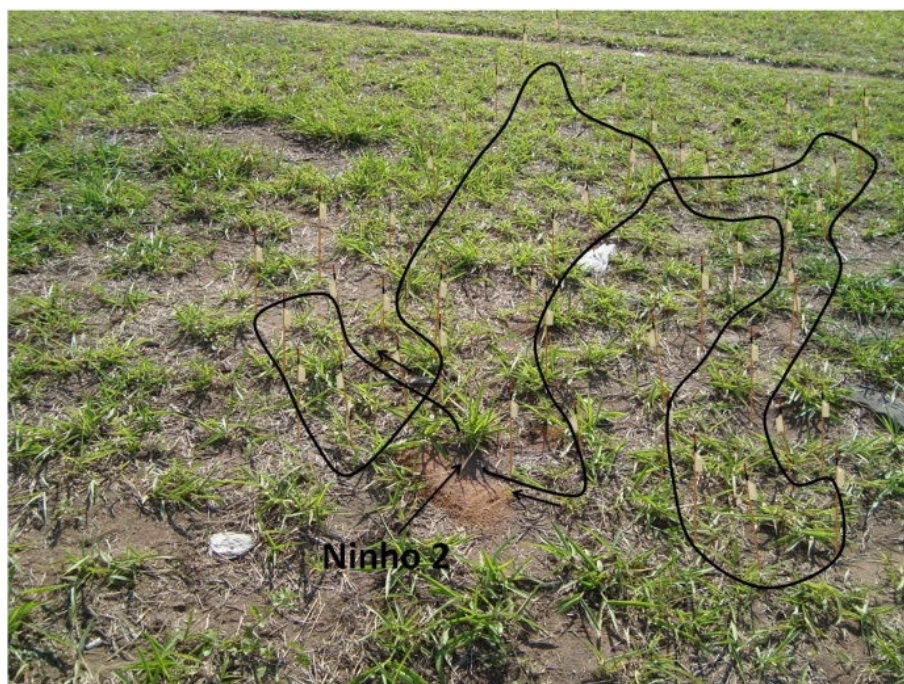


Figura 20 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

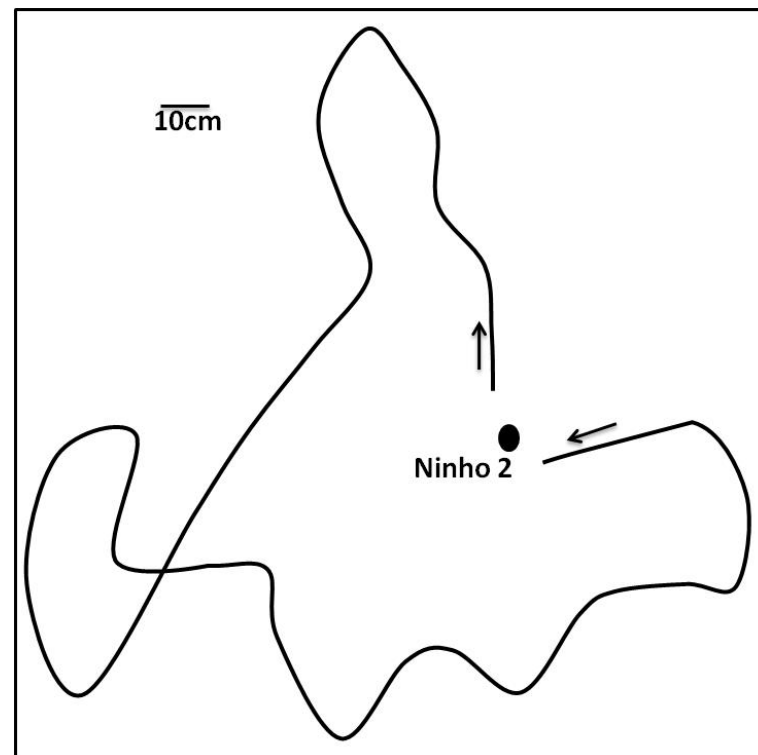


Figura 21 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

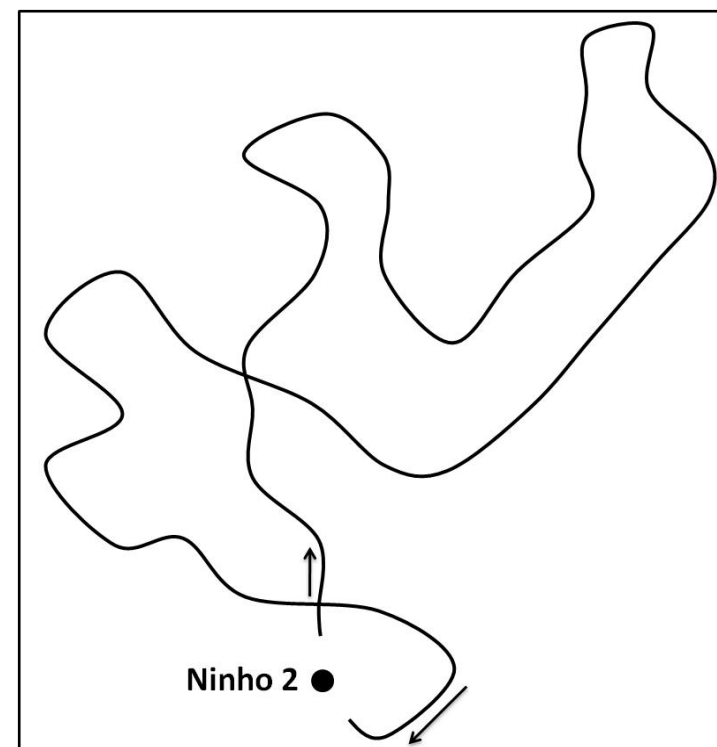


Figura 22 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 3 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

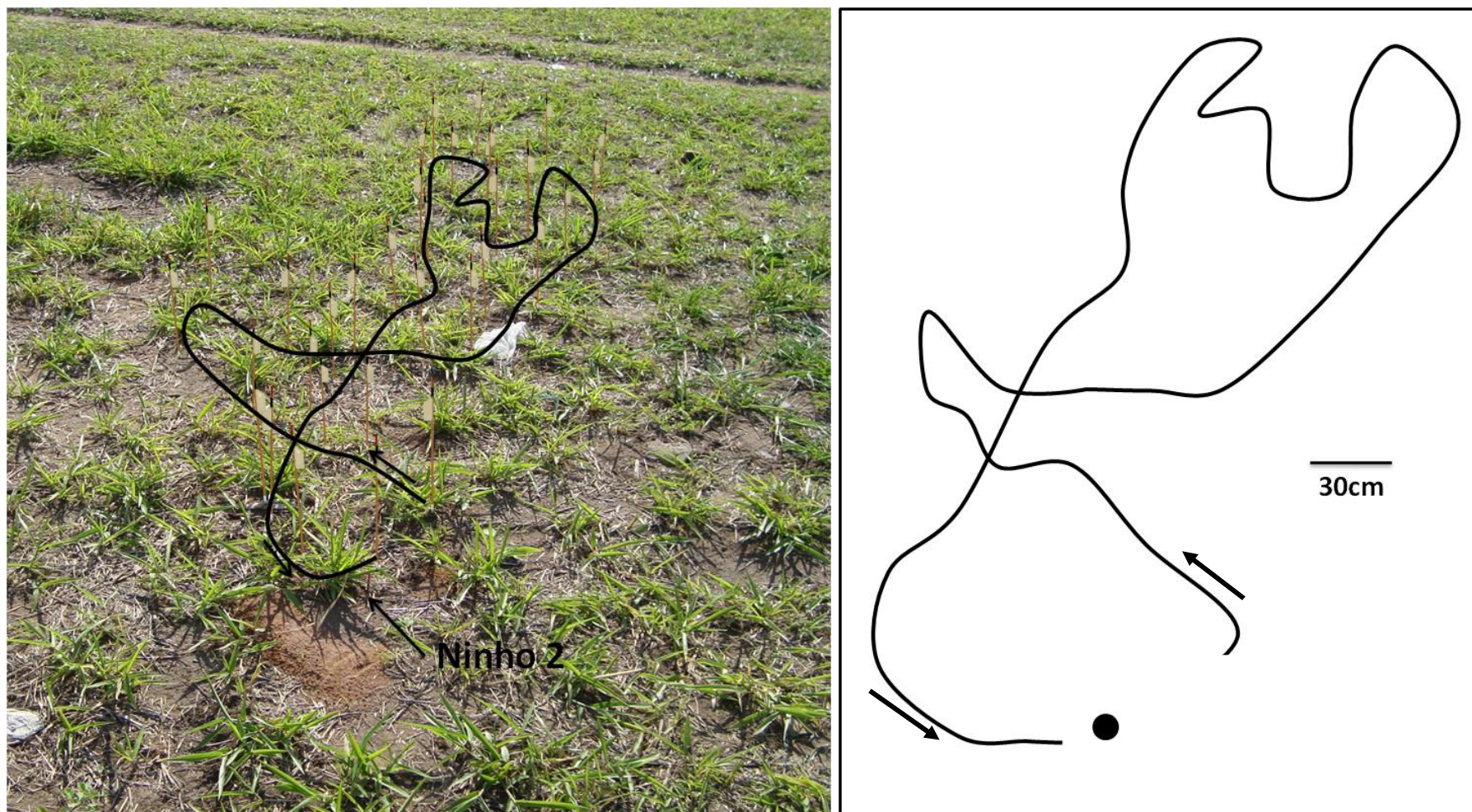


Figura 23 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

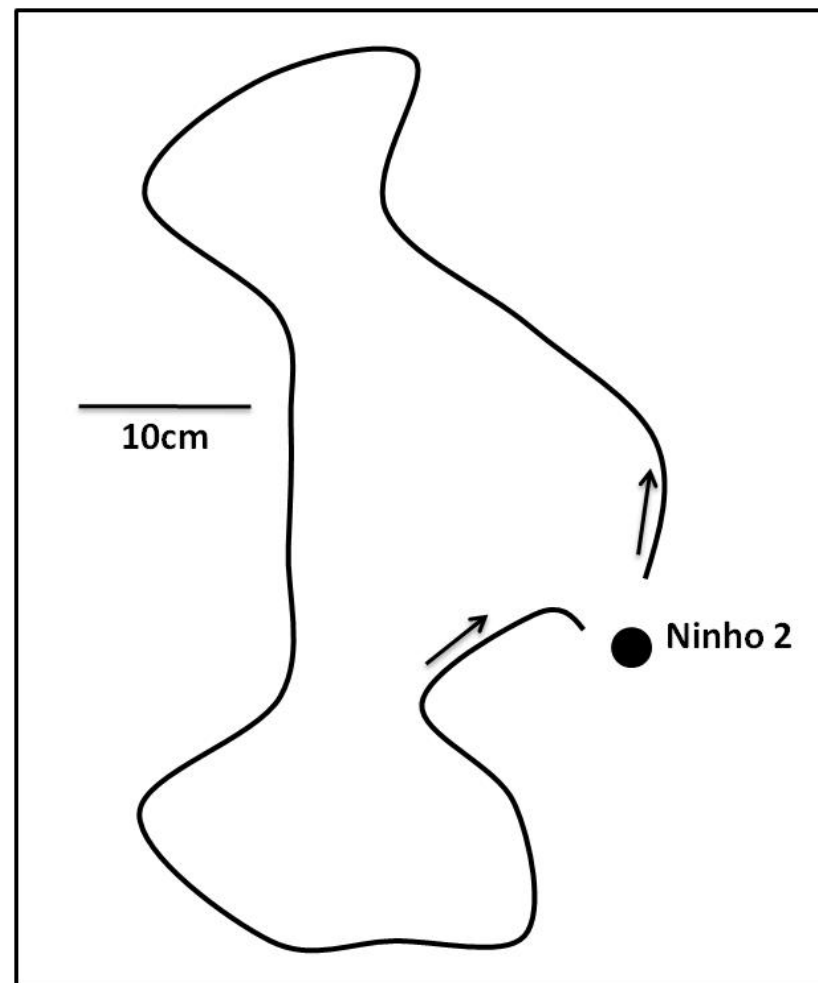


Figura 24 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

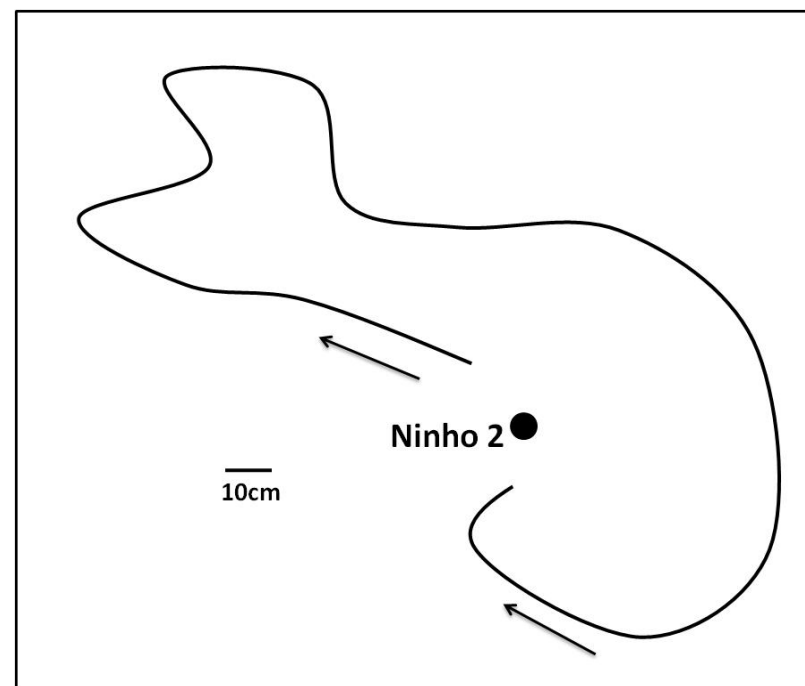
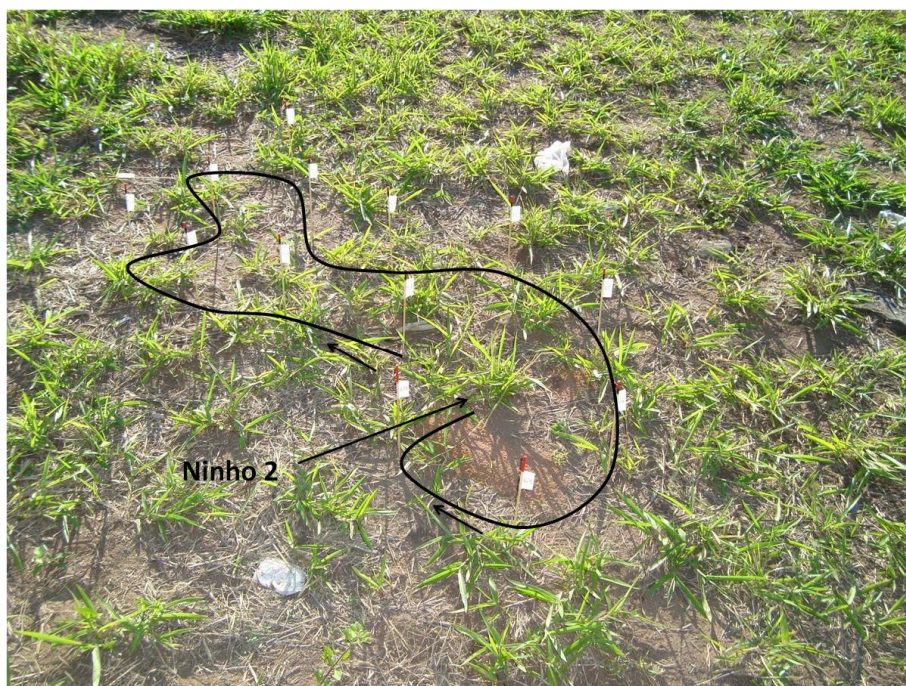


Figura 25 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

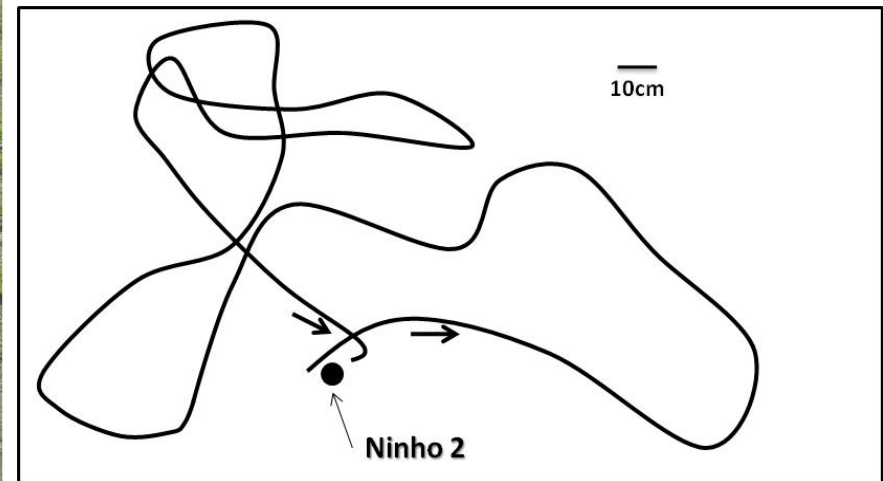
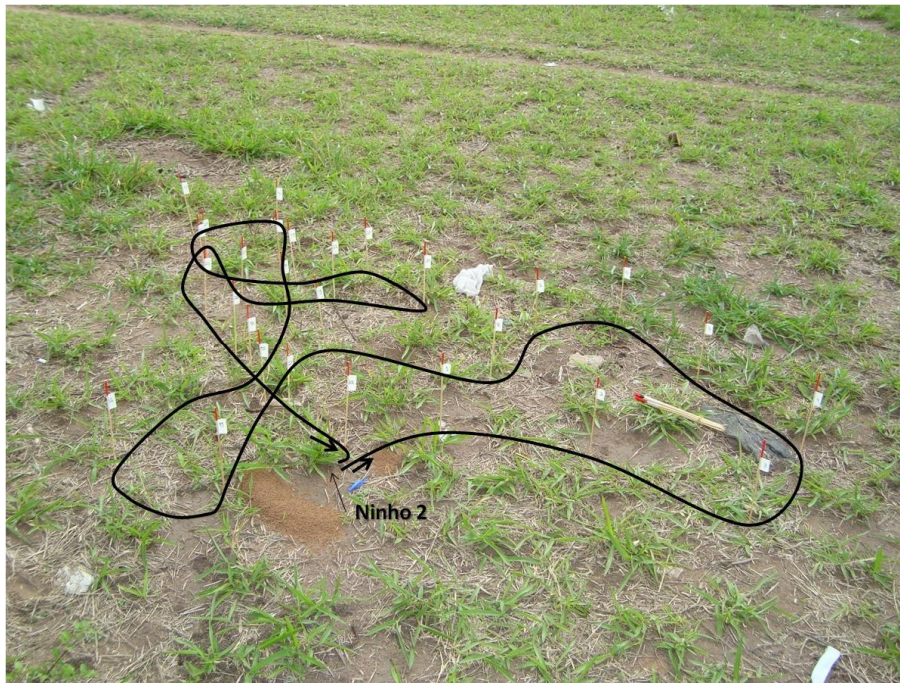


Figura 26 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

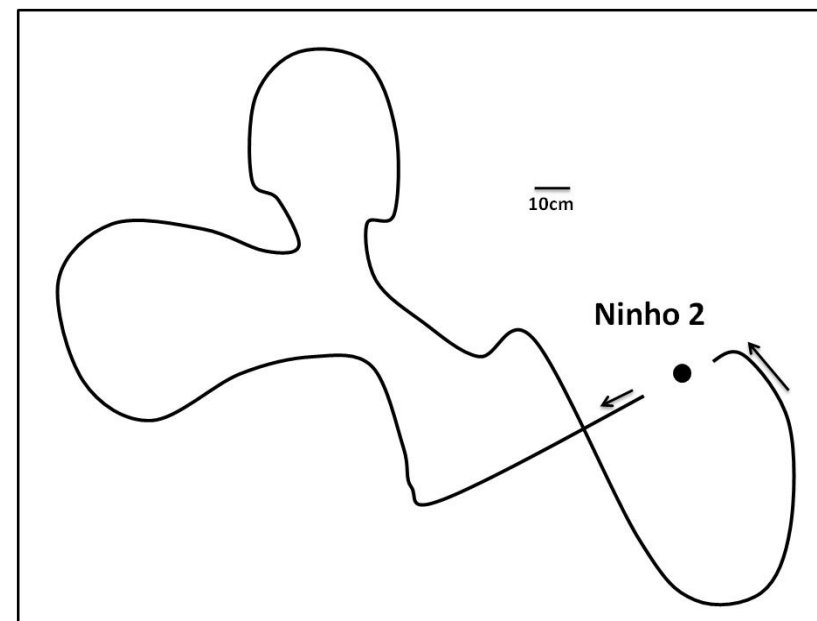


Figura 27 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

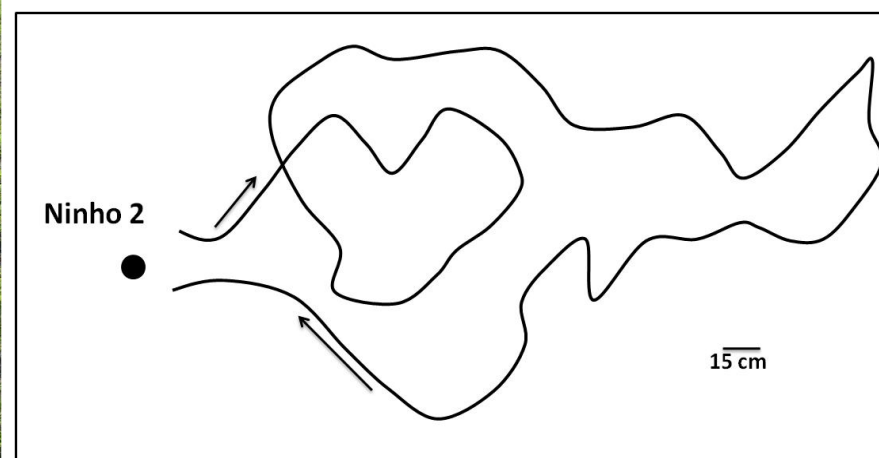
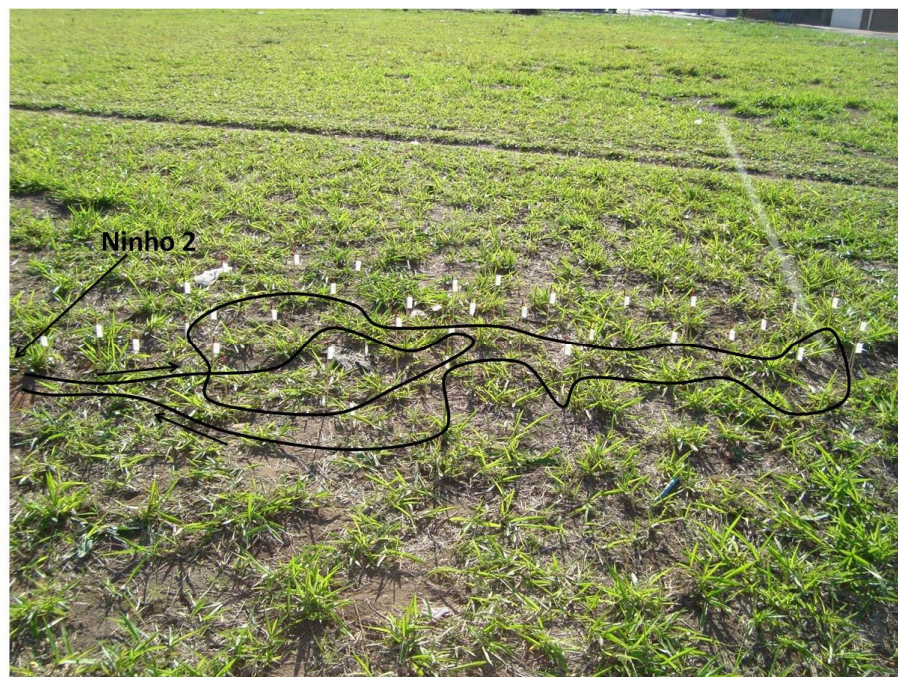


Figura 28 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

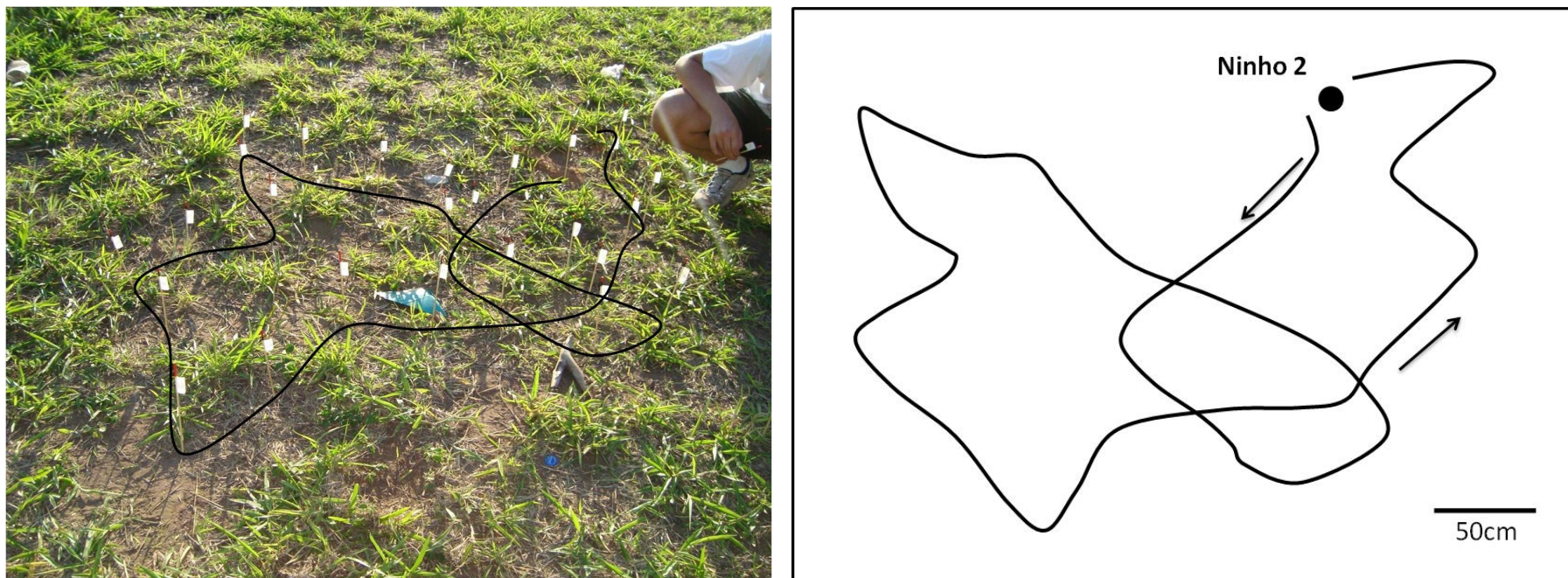


Figura 29 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 2

e ninho 3 (Figuras 30-39). Não foram observadas mudanças na trilha de volta ao ninho com presa, considerando-se que este evento não ocorreu no período das observações. O mapa das rotas de forrageamento indica que os ninhos 1 e 3 apresentam uma fidelidade no direcionamento da área de forrageamento no intervalo de tempo em que os experimentos foram realizados (Figura 40). As operárias exploraram repetidamente uma área particular da arena de forrageamento da colônia, com pouca sobreposição com as rotas de operárias de outros ninhos, demonstrando uma preferência em nível colonial por porções específicas da arena de forrageamento. O mesmo não foi observado no ninho 2, nas quais as rotas de forrageamento se distribuíram de forma mais uniforme ao redor do ninho, ou seja, a exploração da arena de forrageamento se deu de forma concêntrica, sem preferência por nenhuma direção aparente (Figura 40). O padrão que se repetiu nas três colônias foi o de maior quantidade de trilhas mais próximas ao ninho, com poucas rotas se distanciando mais de 2 metros. Foi observada sobreposição de trilhas dos ninhos 1 e 2. Os encontros entre as operárias foram agressivos, porém, rápidos. Houve intensa antenação e as formigas usaram suas mandíbulas para morder a inimiga. Poucos segundos depois elas se separaram e cada uma continuou a seguir sua rota de forrageamento.

Dieta e esforço de coleta

No período de observações poucas forrageadoras saíram em busca de recursos alimentares. As operárias de *E. opaciventre* saem, em média, $5,4 \pm 2,7$ vezes do ninho por hora de forrageamento, retornando quase que na mesma proporção, $4,9 \pm 2,5$ vezes. Do total de 371 saídas registradas, somente 9,16% das operárias voltaram com presas. Não foi observada a presença de alimentos líquidos entre as mandíbulas das coletoras, somente sólidos. A relação das presas capturadas pode ser observada na Tabela 5. Mais da metade das presas coletadas (52,78%) pertence à Família Formicidae, incluindo um indivíduo do mesmo gênero, *E. brunneum*.

Embora Beckers et al. (1989) tenham classificado a estratégia de forrageamento de *E. opaciventre* como individual ou difusa (sem cooperação ou comunicação na procura, captura e transporte de itens alimentares), e Pie (2004) não tenha registrado eventos de cooperação, no presente trabalho foi observada uma modalidade de recrutamento chamada de facilitação social, na qual um indivíduo recruta uma companheira de ninho para a coleta de um item alimentar rico ou difícil, sem uso de trilha de odor. Ao encontrar um indivíduo muito grande pertencente à Ordem Lepidoptera e não conseguir tirá-lo de seus fios de seda, a forrageadora voltou rapidamente ao ninho e, em seguida, saiu acompanhada de outra formiga. A recrutada

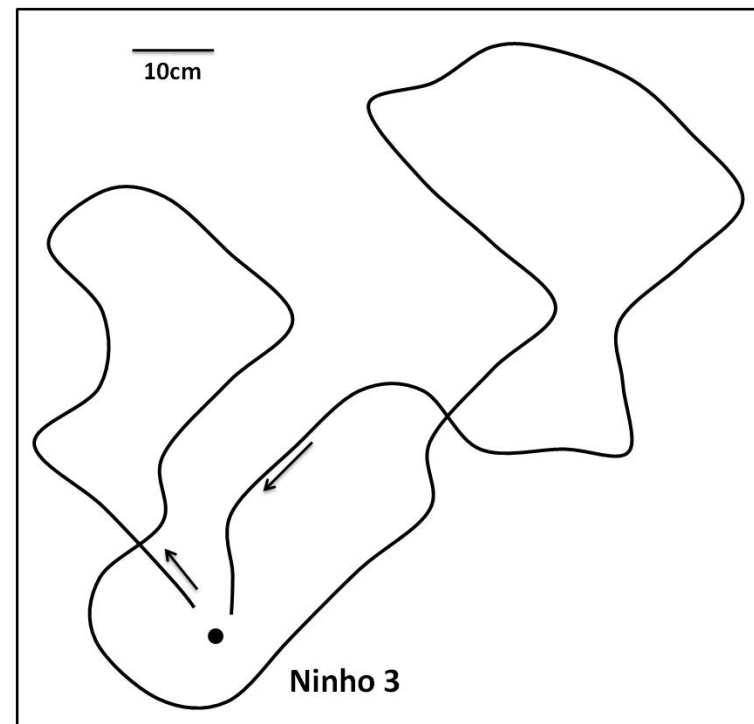


Figura 30 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 1 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

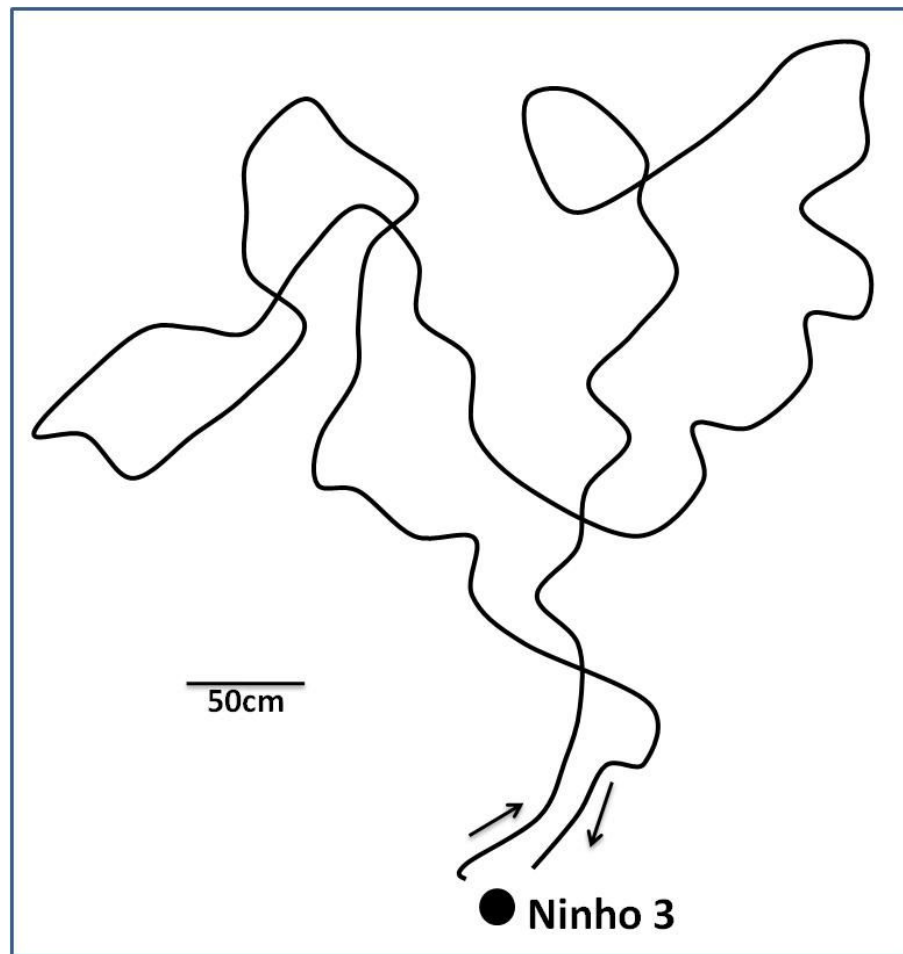


Figura 31 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 2 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

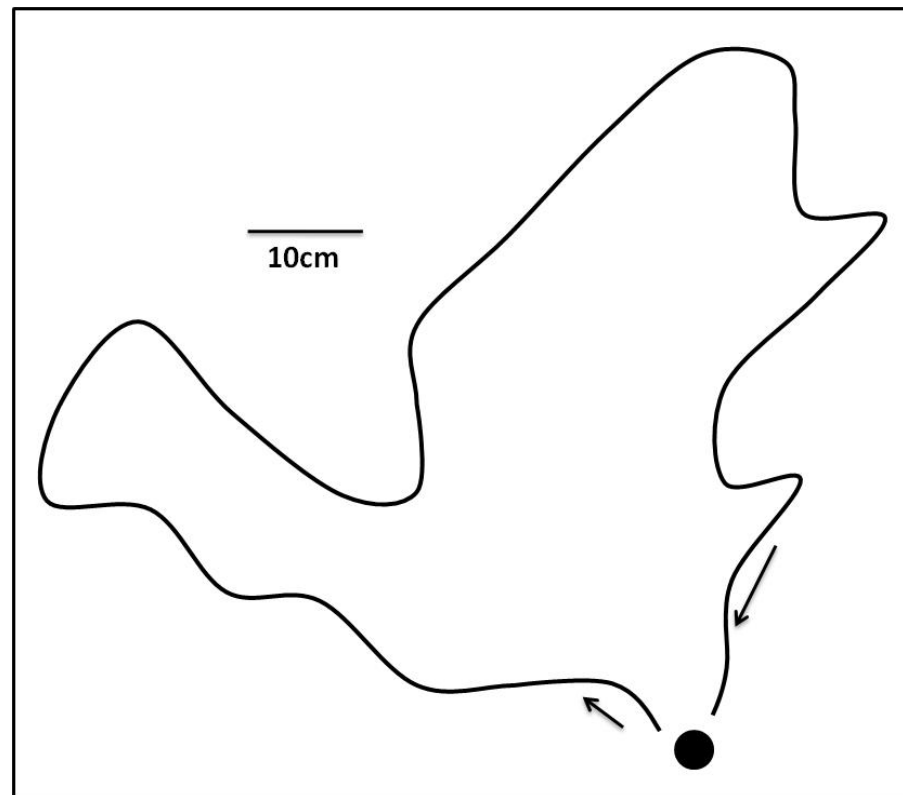
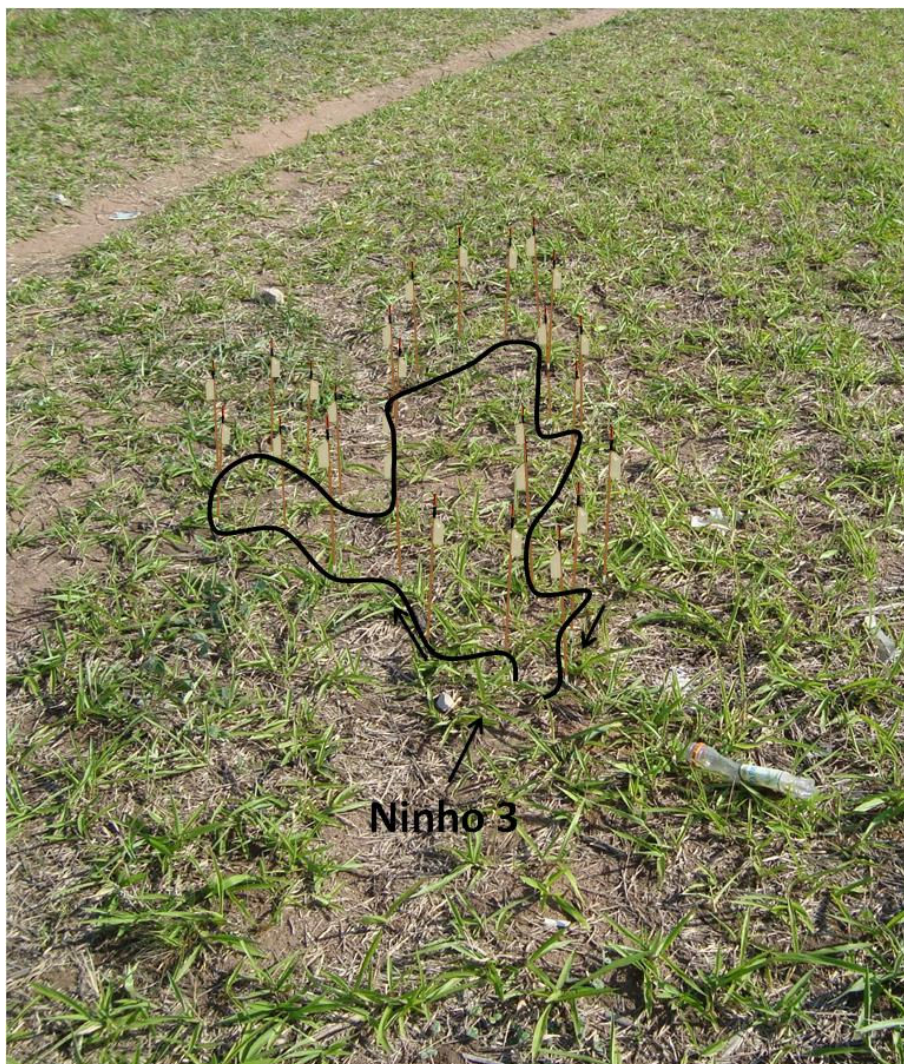


Figura 32 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 3 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

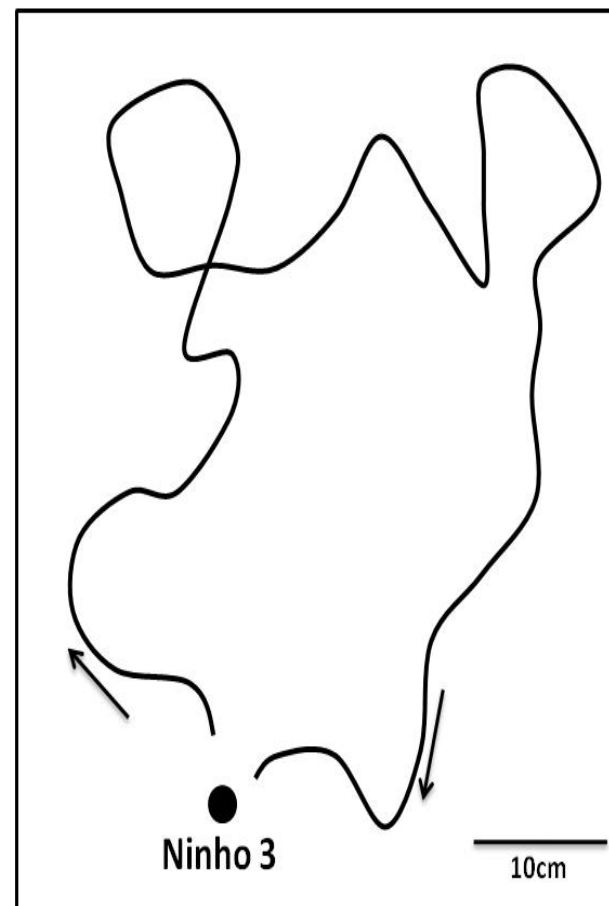


Figura 33 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 4 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

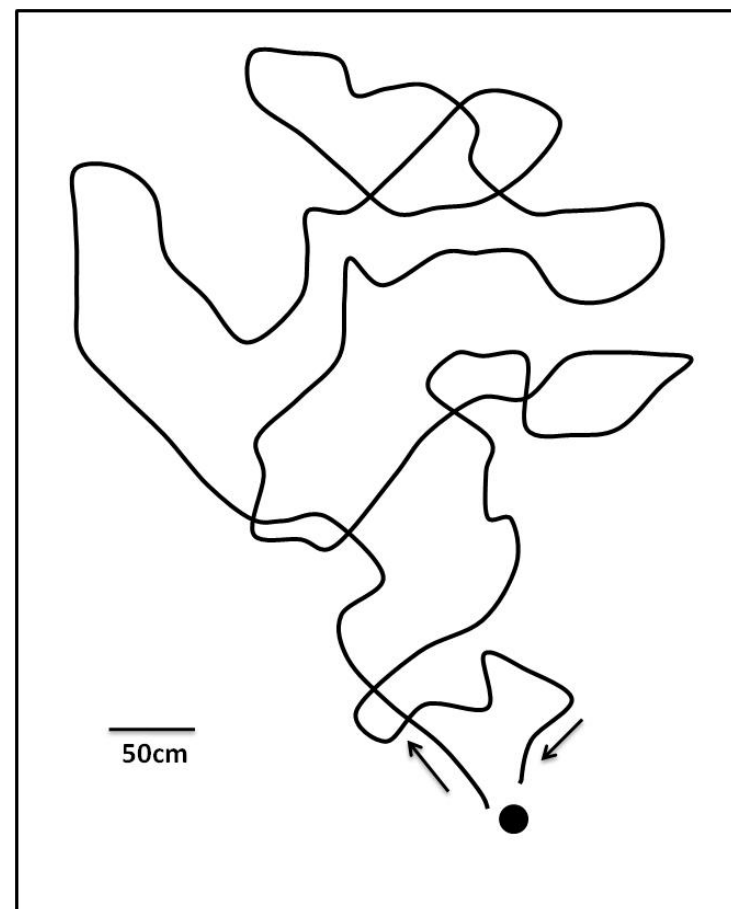


Figura 34 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 5 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

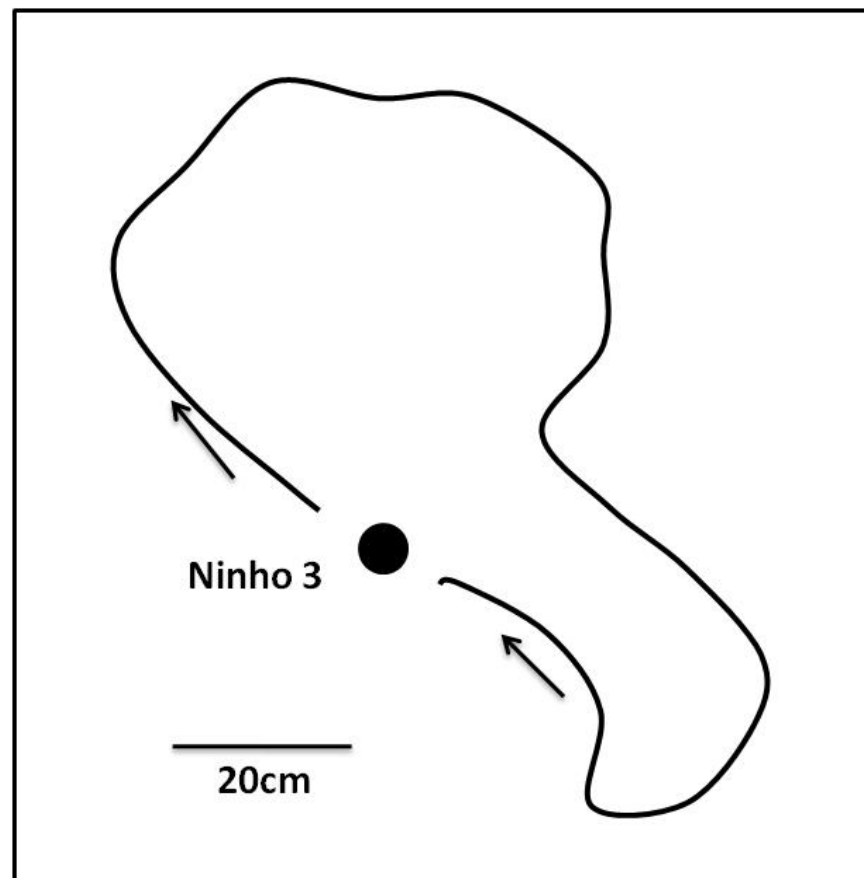


Figura 35 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 6 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

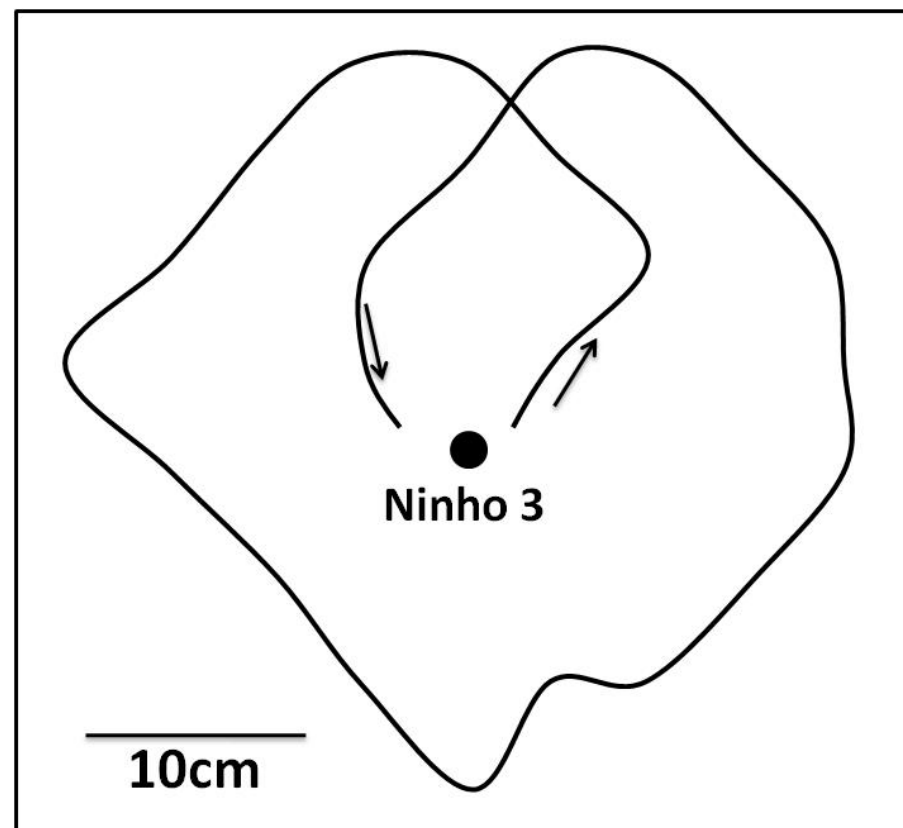


Figura 36 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento n° 7 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

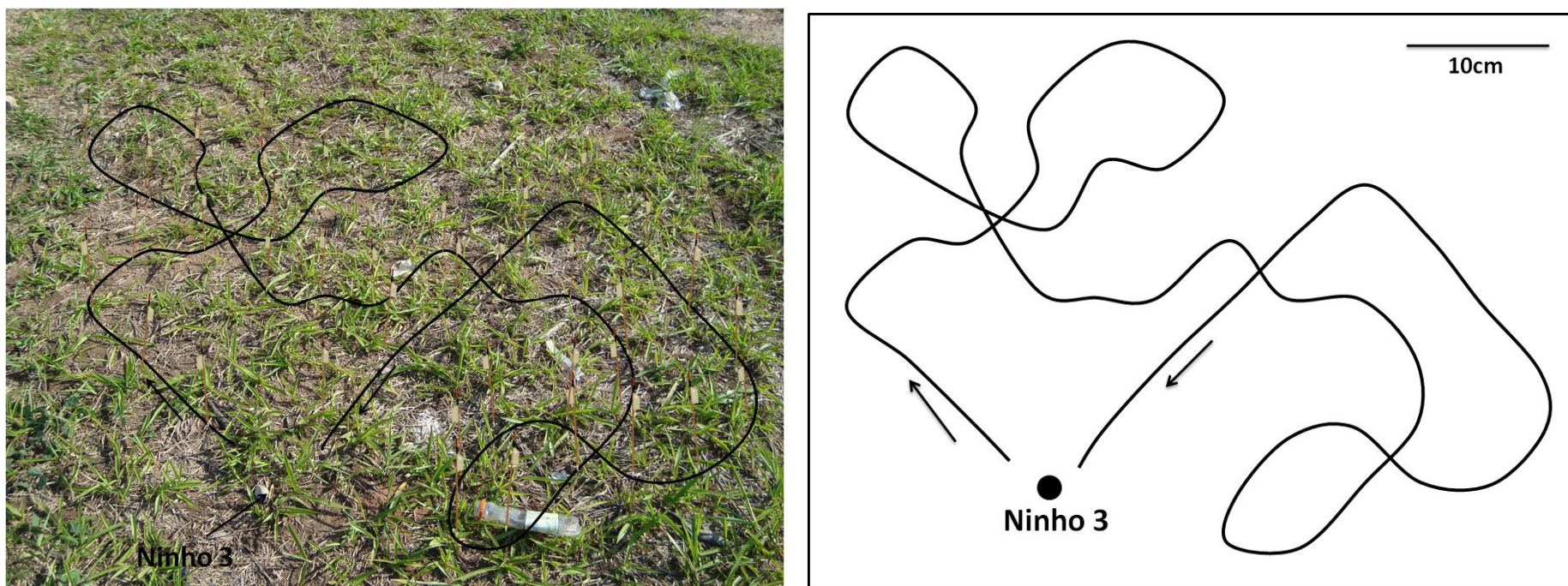


Figura 37 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 8 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

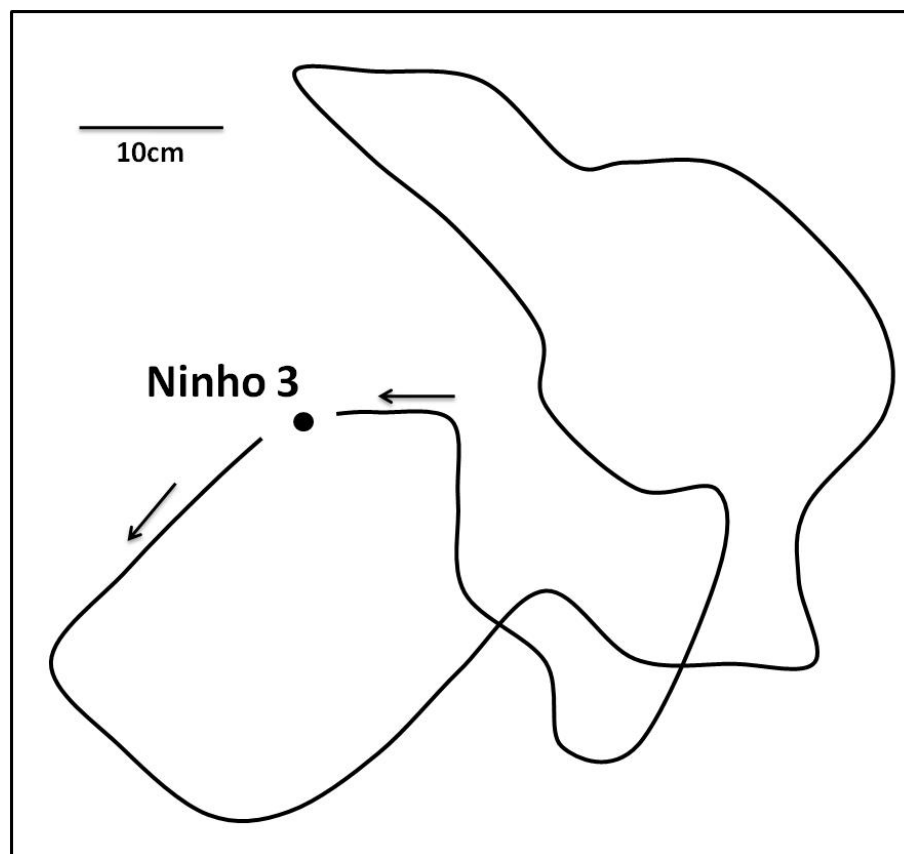
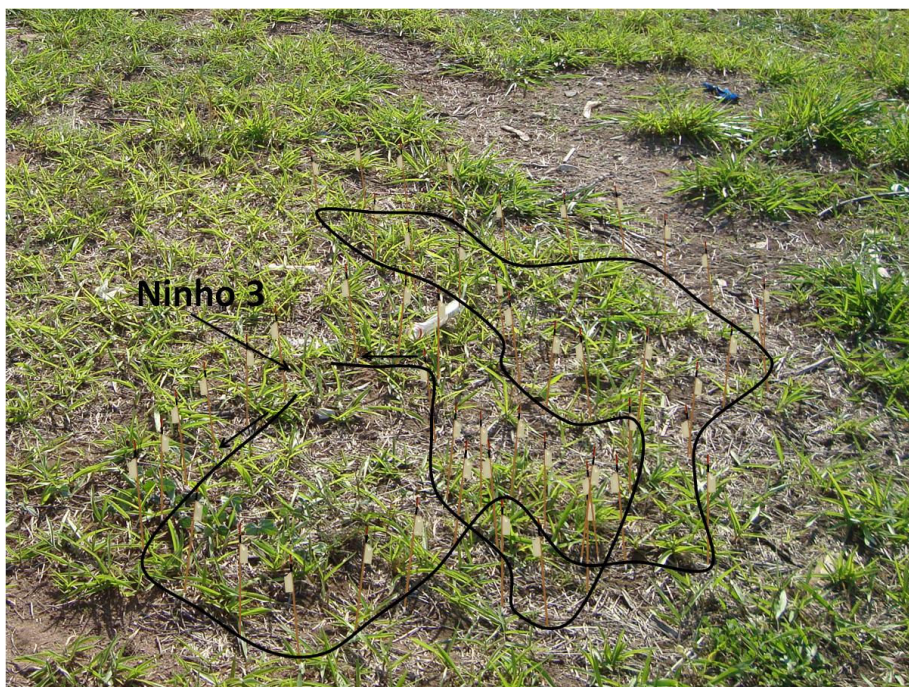


Figura 38 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 9 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

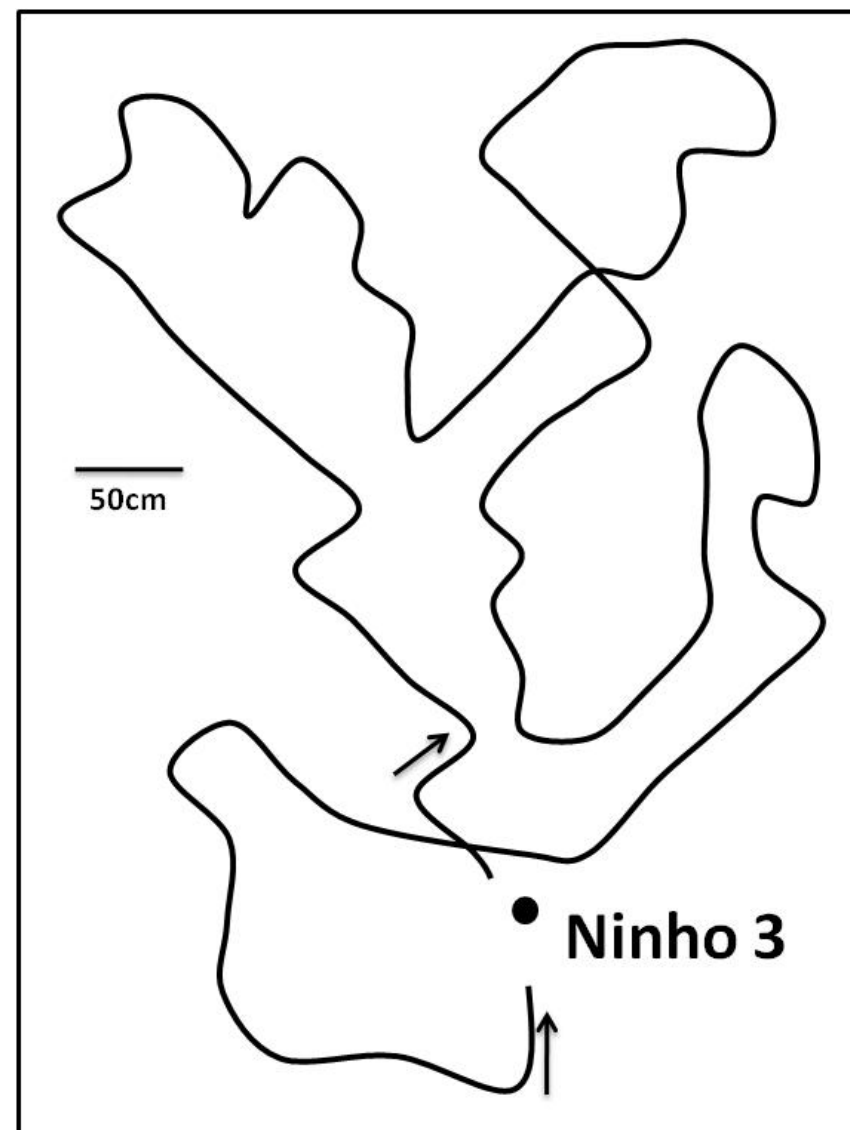
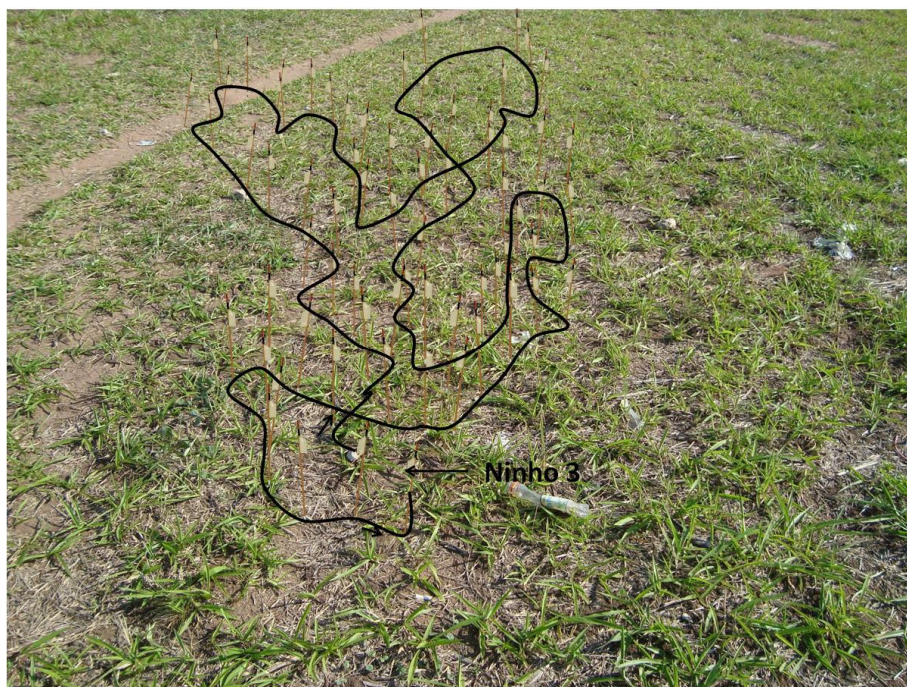


Figura 39 – Foto e representação gráfica da trilha de forrageamento nº 10 das operárias de *Ectatomma opaciventre* no ninho 3

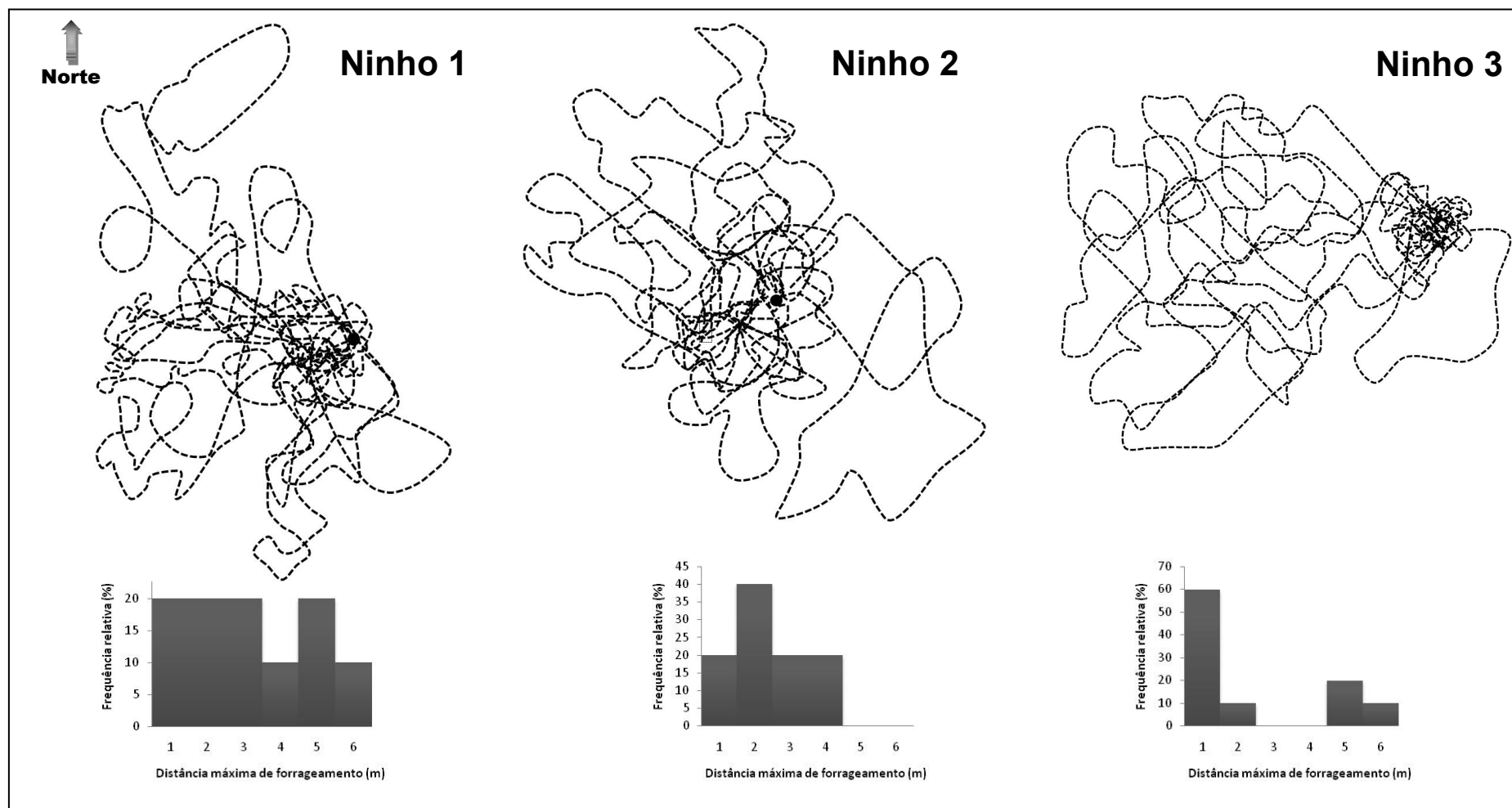


Figura 40 – Padrão de forrageamento espacial de três colônias de *Ectatomma opaciventre* estudadas em uma área degradada de Rio Claro/SP

seguiu a recrutadora até a fonte alimentar e ambas se encarregaram de cortar a seda, coletar e transportar o item alimentar até o ninho (Figura 41). Para a captura das demais presas não houve cooperação entre as operárias de *E. opaciventre*, pois os itens alimentares puderam ser carregados por uma única operária.

DISCUSSÃO

A dieta de *E. opaciventre* foi pouco diversificada, provavelmente porque seus ninhos se encontravam em uma área degradada e os estudos terem sido realizados na época de seca. Wheeler (1986) também analisou a dieta de *E. tuberculatum* pelo método da coleta dos itens alimentares trazidos pelas operárias em ninhos estudados no Panamá. Insetos e outros invertebrados, vivos ou mortos, foram coletados, alguns deles de tamanho grande e de agressividade elevada. No entanto, as formigas, principalmente as do gênero *Gnamptogenys*, *Odontomachus*, *Pheidole*, *Azteca* e *Camponotus* são parte importante da dieta desta espécie (PRATT, 1989; LACHAUD et al., 1996 apud PIE, 2004). O mesmo padrão foi observado por Giannotti e Machado (1992), os quais registraram 20 tipos de itens alimentares de origem animal (insetos e outros invertebrados), além de vários outros de origem vegetal (sementes, polpa, folhas, raízes, etc.) na dieta de *E. brunneum* (= *quadridens*). No Cerrado, Pie (2004) observou que em 50% dos casos, a dieta de *E. opaciventre* é constituída por cupins, sendo que mais de 20% das presas restantes são outras formigas, principalmente as do gênero *Atta*. Essa preferência por formigas também foi observada em *E. permagnum*, cuja dieta é composta quase exclusivamente por alados e operárias de *Pheidole* e *Camponotus* (PAIVA e BRANDÃO, 1989), bem como em *Pachycondyla striata*, que inclui na sua dieta principalmente forrageadoras de *Odontomachus*, *Camponotus*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Atta* e até outras *Pachycondyla* (MEDEIROS e OLIVEIRA, 2009).

Proporção similar de formigas predadas por *E. ruidum* foi observada tanto na estação seca (18,8%) quanto na chuvosa (17,2%). Apesar de a sua dieta ser constituída de 19 tipos de itens, quase 30% deles correspondeu a alimentos líquidos ricos em carboidratos, como néctar extrafloral, honewdew e polpa de fruta (LACHAUD, 1990). Padrão similar foi encontrado em *E. tuberculatum* (VALENZUELA-GONZALEZ et al., 1995), no qual esses alimentos líquidos correspondem a pouco mais de 35% da dieta. Essa “preferência” por outras formigas provavelmente não é causada por uma seletividade por parte das forrageadoras, mas sim, pela baixa diversidade de itens alimentares disponíveis no ambiente. Isso pode ser comprovado em laboratório, uma vez que as operárias de *E. opaciventre* prontamente aceitam outros itens alimentares, como larvas de *Tenebrio molitor*, item alimentar não encontrado no seu ambiente

Tabela 5 – Itens coletados pelas forrageadoras de *Ectatomma opaciventre* no campo. Os números entre parênteses representam a abundância relativa dos itens de cada grupo

PRESAS	QUANTIDADE
Hymenoptera (55,56%)	
Ichneumonidae	1
Formicidae (52,78%)	
(Ectatomminae) <i>Ectatomma brunneum</i>	1
(Formicinae) <i>Camponotus rufipes</i>	3
(Dolichoderinae) <i>Conomyrma</i>	5
(Myrmicinae) <i>Pseudomyrmex</i>	5
(Myrmicinae) <i>Pheidole</i>	5
Lepidoptera (5,56%)	
Pyrilidae	1
Crisálida não identificada	1
Coleoptera (13,89%)	
Mycetophagidae	2
Curculionidae	2
Não identificado	1
Araneae (2,78%)	
Salticidae	1
Fragmentos (13,89%)	
Orthoptera	1
Coleoptera	2
Formicidae	2
Sementes de grama (8,33%)	3



Figura 41 – Registro de facilitação social em *Ectatomma opaciventre*: (A) localização solitária de uma crisálida em seus fios de seda, indicada pela seta; (B) retorno rápido ao ninho; (C) recrutamento de uma companheira de ninho; (D-E) cooperação na coleta da presa; (F) transporte individual do item alimentar para o ninho

natural. A ausência de coleta de alimento líquido também foi observada em *D. quadricaps* (AZEVEDO, 2009). A coleta de recursos de origem animal requer distâncias de forrageamento maiores e sua captura e transporte consomem mais tempo em relação ao alimento líquido (HARKNESS e HARKNESS, 1976; FOURCASSIÉ e OLIVEIRA, 2002).

O comportamento predatório observado foi muito semelhante ao encontrado por Pie (2004) no Cerrado e por Tofolo e Giannotti (2009) em laboratório, de forma que a agressividade da presa determinou o tipo de abordagem apresentado pelas operárias. A ausência de recrutamento já descrita para esta espécie fez com que o tamanho do item alimentar coletado dependesse da capacidade da operária em carregá-lo sozinha, sempre um de cada vez. No entanto, assim como em *E. ruidum* (SCHATZ et al., 1997), foi observado recrutamento para fontes alimentares ricas ou difíceis. Esse comportamento caracteriza uma facilitação social, isto é, o retorno de uma forrageadora ao ninho pode aumentar a atividade dentro do ninho, induzindo outras coletoras a sair para procurar fontes alimentares até mesmo sem trilha química ou qualquer informação direcional, como foi observado em outras poneromorfos, como *Pachycondyla goeldii* (ORIVEL et al., 2000) e *E. ruidum* (LACHAUD, 1985). *Dinoponera quadricaps* e *D. gigantea* não recrutam companheiras de ninho em nenhuma das situações acima descritas (FOURCASSIÉ et al., 1999; ARAÚJO e RODRIGUES, 2006).

As forrageadoras de *E. opaciventre* na área degradada não ultrapassaram os 6m de distância em relação ao ninho. Padrão semelhante foi encontrado por Medeiros e Oliveira (2009) para inúmeras colônias de *Pachycondyla striata*. Fourcassié e Oliveira (2002) observaram que em *Dinoponera quadricaps* essa distância é mais que o dobro, chegando a 13m. Pie (2004) registrou uma fidelidade da área explorada pelas operárias de *E. opaciventre*, ou seja, uma tendência da forrageadora preferir uma determinada rota de forrageamento, o que a torna especialista na exploração individual de sub-territórios, sendo capaz de retornar ao ninho rapidamente. O mesmo padrão foi observado em *Pachycondyla apicalis* (DENEUBOURG et al., 1987), *D. quadricaps* (AZEVEDO, 2009), *D. gigantea* (FOURCASSIÉ e OLIVEIRA, 2002), *Cataglyphis exhibits* e *C. bicolor* (BUCHKREMER e REINHOLD, 2008). As decisões de uma forrageadora podem incluir onde e por quanto tempo forragear, e se deve ou não retornar ao mesmo local posteriormente (TRANIELLO, 1989). Algumas espécies, tais como *Pachycondyla apicalis* e *Cataglyphis bicolor*, mostram forte fidelidade de rota, de modo que cada operária especializa sua atividade de forrageamento num dado local (TRANIELLO, 1989; FRESNEAU, 1985).

Fresneau (1985) propôs um mecanismo simples para explicar essa fidelidade: durante a primeira excursão, novas forrageadoras selecionam uma porção da área de forrageamento, que é confirmado com a captura da primeira presa. Por um simples processo de aprendizado, a formiga mantém a busca na mesma área nas futuras jornadas. Se forrageadoras da mesma colônia se encontram numa área de sobreposição, ambas mantêm intenso contato antenal antes de se separarem para rotas diferentes. Esse mecanismo induziria a forrageadora a diminuir a procura por alimento nas áreas que também estão sendo utilizadas por outra, aumentando a eficiência do forrageamento em nível colonial.

Gordon (1985), por sua vez, acredita que a exploração numa mesma direção faz com que as forrageadoras explorem uma determinada área em forma de leque a partir do ninho, de forma a esgotar os recursos em uma direção antes de mudar para outra adjacente. Dessa forma, ao retornar à porção inicial, os recursos já teriam sido recuperados. Esse padrão é observado em *P. striata*, que muda em aproximadamente 180° sua área de forrageamento entre as estações seca e úmida (MEDEIROS e OLIVEIRA, 2009). O forrageamento solitário consequentemente desenvolveria uma fidelidade direcional somente se a eficiência individual das forrageadoras fosse alta. Considerando-se que em *Dinoponera quadriciceps* não há deposição de trilha química, as chances de se perder da rota de forrageamento podem ser suficientemente grandes para impedir que as forrageadoras visitem setores vizinhos não explorados, o que gera uma fidelidade da área explorada (FOURCASSIÉ e OLIVEIRA, 2002). Além disso, a direção da trilha pode ser influenciada pela localização de ninhos vizinhos, de modo a minimizar os encontros de forrageadoras de ninhos diferentes e garantir o acesso de todos às fontes de alimento disponíveis (HARRISON e GENTRY, 1981).

Aparentemente, as rotas de forrageamento de *E. opaciventre* se orientaram espacialmente de forma a evitar a sobreposição com outros ninhos, evitando a competição com indivíduos de outras espécies. Considerando-se que as coletoras não utilizam marcadores químicos em suas trilhas de forrageamento, acredita-se que as pistas geocêntricas contribuíram primariamente para a orientação dessas formigas no campo, assim como foi observado em *D. quadriciceps* (AZEVEDO, 2009), *D. gigantea* (FOURCASSIÉ et al., 1999) e *Paraponera clavata* (DENEUBOURG et al., 1987). Não existem estudos que comprovem a orientação magnética dessa espécie. Na formiga de deserto *Veromessor pergandei*, a direção da coluna de forrageamento roda no sentido horário ou anti-horário durante períodos de forrageamento consecutivos, sendo que o tamanho da coluna de forrageamento se ajusta à produção de sementes (RISSING e WHEELER, 1986). Com a diminuição da densidade de sementes, o comprimento da coluna aumenta e roda mais frequentemente. Essa rotação parece

representar um sistema de busca setorial com um deslocamento radial como resultado do esgotamento de recursos. Os ataques consecutivos da formiga-de-correição *Eciton burcheli* rodam sistematicamente 123°, em média, durante a fase fixa. Na fase nômade os ataques também parecem ser sistemáticos, aparentemente para evitar a busca redundante (FRANKS e FLETCHER, 1983).

Dinoponera quadriceps também apresentou correlação positiva entre a distância e o tempo de forrageamento, com padrão de deslocamento sinuoso e preferência direcional individual. Em nível colonial esta preferência não esteve presente, pois houve uma distribuição espacial uniforme das rotas de forrageamento ao redor da área circundante aos ninhos (AZEVEDO, 2009). De acordo com Bonser et al. (1998), o tempo de permanência na área de forrageio dependerá de sua distância em relação ao ninho, de forma que as áreas mais distantes devem ser exploradas com menor frequência e por um período mais longo do que as mais próximas. Isso explicaria a maior quantidade de trilhas de forrageamento de *E. opaciventre* mais próximas ao ninho em relação às mais distantes.

Diante de todos os dados apresentados com a revisão bibliográfica, foi possível observar que as estratégias de forrageamento dependem de inúmeras variáveis ecológicas, tais como a distribuição dos recursos alimentares no tempo e espaço, assim como seu tamanho e qualidade, competição e predação. Uma colônia deve, portanto, padronizar espacialmente o forrageamento para coletar alimento eficientemente e minimizar as chances de predação, para garantir a maior quantidade de entrada de recursos na colônia em menor tempo e com menor gasto energético.

CONCLUSÃO

Pode-se observar que a diversidade de presas coletadas por *E. opaciventre* na área degradada em estudo foi pequena, muito provavelmente devido à baixa riqueza de espécies no ambiente. O fato de a dieta dessa espécie estar baseada praticamente na coleta de outras espécies de formigas seria uma consequência da elevada riqueza e abundância de indivíduos pertencentes a várias subfamílias de Formicidae no local estudado. As trilhas de forrageamento de *E. opaciventre* apresentaram um padrão semelhante ao das trilhas observadas para as demais poneromorfas estudadas, com perfil sinuoso e uma fidelidade direcional, de modo a dividir melhor a exploração de recursos e evitar a competição com outros ninhos. Embora a maioria das viagens tenham sido infrutíferas, as forrageadoras não se distanciaram muito dos seus ninhos e tampouco gastaram tempo demais forrageando. Por se tratar de uma área dominada por gramíneas, a insolação local é intensa, o que provavelmente

proporcionaria às formigas um desgaste físico elevado se elas estendessem o período que passam fora do ninho.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.B. e VANDER MEER, R.K. Magnetic orientation in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Naturwissenschaften**, v. 80, p. 568-570, 1993.
- ARAÚJO, A.; RODRIGUES, Z. Foraging behavior of the queenless ant *Dinoponera quadriceps* Santschi (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, p. 159-364, 2006.
- AZEVEDO, D.L.O. **O papel das rotas e da obtenção de informações sobre a eficiência no forrageio de *Dinoponera quadriceps* em ambiente natural**. Tese de mestrado em Psicobiologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 83pp., 2009.
- BANKS, A.N.; SRYGLEY, R.B. Orientation by magnetic field in leaf-cutter ants, *Atta colombica* (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology**, v. 109, p. 835-846, 2003.
- BECKERS, R.; GOSS, S.; DENEUBOURG, J.L.; PASTEELS, J.M. Colony size, communication and ant foraging strategy. **Psyche**, v. 96, p. 239-256, 1989.
- BOLTON, B. **A new general catalogue of the ants of the world**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 504 pp., 1995.
- BONSER, R.; WRIGHT, P.J.; BAMENT, S.; CHUKWU, U.O. Optimal patch use by foraging workers of *Lasius fuliginosus*, *L. niger* and *Myrmica ruginodis*. **Ecological Entomology**, v. 23, p. 15-21, 1998.
- BREED, M.D.; BENNET, B. Mass recruitment to nectar sources in *Paraponera clavata*, a field study. **Insectes Sociaux**, v. 32, p. 198-208, 1985.
- BROWN-JR, W.L. **Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II Tribe Ectatomminae (Hymenoptera)**. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard, v. 118, p. 175-362, 1958.
- BUCHKREMER, E.M.; REINHOLD, K. Sector fidelity – an advantageous foraging behavior resulting from a heuristic strategy. **Behavioral Ecology**, v. 19, p. 984-989, 2008.
- CAMLITEPE, Y.; STRADLING, D.J. Wood ants orient to magnetic fields. **Proceedings of the Royal Society of London – (B): Biological Sciences**, v. 261, p. 37-41, 1995.

COLLETT, T.S.; BARON, J. Biological compasses and the coordinate frame of landmark memories in honeybees. **Nature**, v. 368, p. 137-140, 1994.

COLLETT, M.; COLLETT, T.S. How do insects use path integration for their navigation? **Biological Cybernetics**, v. 83, p. 245-259, 2000.

DEL-CLARO, K; OLIVEIRA, P.S. Ant-homoptera interactions in a neotropical savanna: the honeydew-producing treehopper *Guayaquila xiphias* (Membracidae) and its associated ant fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae). **Biotropica**, v. 31, p. 135-144, 1999.

DENEUBOURG, J.L. et al. Self-organization mechanisms in ant societies (II): learning in foraging and division of labor. **Experimentia Supplementum**, v. 54, p. 177-196, 1987.

FERNÁNDEZ, F. Las hormigas cazadoras del género *Ectatomma* (Hymenoptera: Formicidae) em Colombia. **Caldasia**, v. 16, p. 551-564, 1991.

FOURCASSIÉ, V.; OLIVEIRA, P.S. Foraging ecology of the giant Amazonian ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **Journal of Natural History**, v. 36, p. 2211-2227, 2002.

FOURCASSIÉ, V.; HENRIQUES, A.; FONTELLA, C. Route fidelity and spatial orientation in the ant *Dinoponera gigantea* (Hymenoptera: Formicidae) in a primary forest: a preliminary study. **Sociobiology**, v. 34, p. 505-524, 1999.

FRANKS, N.R.; FLETCHER, C.A. Spatial patterns in army ants foraging and migration: *Eciton burchelli* on Barro Colorado Island, Panama. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 12, p. 261-270, 1983.

FRESNEAU, D. Individual foraging and path fidelity in a ponerine ant. **Insectes Sociaux**, v. 32, p. 109-116, 1985.

GIANNOTTI, E.; MACHADO, V.L.L. Notes on the foraging of two species of ponerine ants: food resources and daily hunting activities (Hymenoptera: Formicidae). **Bioikos**, v. 6, n. 1,2, p. 7-17, 1992.

GORDON, D.M. The development of an ant colony's foraging range. **Animal Behavior**, v. 49, p. 649-659, 1995.

HARKNESS, M.L.R.; HARKNESS, R.D. Functional differences between individual ants *Cataglyphis bicolor*. **The Journal of Physiology**, v. 25, p. 124-125, 1976.

HARRISON, J.S.; GENTRY, J.B. Foraging pattern, colony distribution, and foraging range of the Florida harvester ant, *Pogonomyrmex badius*. **Ecology**, v. 62, p. 1467-1473, 1981.

HÖLLDOBLER, B. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 1, p. 3-44, 1976.

HÖLLDOBLER, B.; MOGLICH, M. The foraging system of *Pheidole militica* (Hymenoptera: Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 27, p. 237-264, 1980.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 732p., 1990.

JANDER, R.; JANDER, U. The light and magnetic compass of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae). **Ethology**, v. 104, p. 743-758, 1998.

LACHAUD, J.P. Recruitment by selective activation, an archaic type of mass recruitment in a ponerine ant (*Ectatomma ruidum*). **Sociobiology**, v. 11, p. 133-142, 1985.

LACHAUD, J.P. Foraging activity and diet in some Neotropical ponerine ants. I. *Ectatomma ruidum* Roger (Hymenoptera, Formicidae). **Folia Entomológica Mexicana**, v. 78, p. 241-256, 1990.

LACHAUD, J.P. et al. Comparaison de l'impact de prédation de deux ponérines du genre *Ectatomma* dans um agroécosystème néotropical, **Actes des Colloques Insectes Sociaux**, v. 10, p. 67-74, 1996.

MEDEIROS, F.N.S.; OLIVEIRA, P.S. **Season-dependent foraging patterns. Case study of a Neotropical forest-dwelling ant (*Pachycondyla striata*; Ponerinae)**. In: STEFAN JARAU & MICHAEL HRNCIR (eds.). Food exploitation by social insects: ecological, behavioral, and theoretical approaches. Boca Raton: Taylor & Francis Group, p. 81-95, 2009.

OLIVEIRA, P.S.; BRANDÃO, C.R.F. **The ant community associated with extrafloral nectaries in Brazilian Cerrados**. In: D.F. CUTLER & C.R. HUXLEY (eds.). Ant-plant interactions. Oxford: Oxford University Press, p.198-212, 1991.

ORIVEL, J. et al. Prey capture behavior of the arboreal ponerine ant *Pachycondyla goeldii* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 35, p. 131-140, 2000.

PAIVA, R.V.S.; BRANDÃO, C.R.F. Estudos sobre a organização social de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 783-792, 1989.

PERFECTO, I.; VANDER MEER, J.H. Cleptobiosis in the ant *Ectatomma ruidum* in Nicaragua. **Insectes Sociaux**, v.40, p. 295-299, 1993.

PIE, M.R. Foraging ecology and behaviour of the Ponerinae ant *Ectatomma opaciventre* Roger in a Brazilian savanna. **Journal of Natural History**, v. 38, p. 717-729, 2004.

PRATT, S.C. Recruitment and other communication behavior in the Ponerine ant *Ectatomma ruidum*. **Ethology**, v. 81, p. 313-331, 1989.

RISSING, S.W.; WHEELER, J. Foraging responses of *Veromessor pergandei* to changes in seed production. **Pan-Pacific Entomologist**, v. 52, p. 63-72, 1976.

RYTI, R.T.; CASE, T.J. Overdispersion of ant colonies: a test of hypotheses. **Oecologia**, v. 69, p. 446-453, 1986.

SCHATZ, B.; WCISLO, W.T. Ambush predation by the ponerine ant *Ectatomma ruidum* Roger (Formicidae) on a sweet bee *Lasioglossum umbripenne* (Halictidae), in Panama. **Journal of Insect Behavior**, v. 12, p. 641-663, 1999.

SCHATZ, B.; LACHAUD, J.P.; BEUGNON, G. Graded recruitment and hunting strategies linked to prey weight and size in the ponerine ant *Ectatomma ruidum*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 40: 337-349, 1997.

SHEPHERD, J.D. Trunk trails and the searching strategy of a leaf-cutter ant *Atta colombica*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 11, p. 77-84, 1982.

SHEPHERD, J.D. Adjusting foraging effort to resources in adjacent colonies of the leaf-cutter ant, *Atta colombica*. **Biotropica**, v. 17, p. 245-252, 1985.

TOFOLO, V. C.; GIANNOTTI, E. **Comportamento predatório de operárias de *Ectatomma opaciventre* sobre a mosca varejeira *Chrysomya albiceps***. In: Anais do XIX

Simpósio de Mirmecologia / I Simpósio Franco-Brasileiro de Mirmecologia, Ouro Preto/MG, 2009.

TRANIELO, J.F.A. Colony specificity in the trail pheromone of an ant. **Naturwissenschaften**, v. 67, p. 361-362, 1980.

TRANIELO, J.F.A. Chemical trail systems, orientation, and territoriality in the ant *Lasius neoniger*. **Journal of Insect Behavior**, v. 2, p. 339-354, 1988.

TRANIELO, J.F.A. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 191-210, 1989.

TRANIELO, J.F.A.; LEVINGS, S.C. Intra- and intercolony patterns of nest dispersion in the ant *Lasius neoniger*: correlations with territoriality and foraging ecology. **Oecologia**, v. 69, p. 413-419, 1986.

VALENZUELA-GONZÁLEZ, J.; LÓPEZ-MENDEZ, A.; LACHAUD, J.P. Activity patterns and foraging activity in nests of *Ectatomma tuberculatum* (Hymenoptera: Formicidae) in cacao plantations. **Southwestern Entomologist**, v. 20, p. 507-515, 1995.

WEHNER, R.; MICHEL, B.; ANTONSEN, P. Visual navigation in insects: coupling of egocentric and geocentric information. **Journal of Experimental Biology**, v. 199, p. 129-140, 1996.

WHEELER, D. E. *Ectatomma tuberculatum*, foraging biology and association with *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae), **Annals of the Entomological Society America**, v. 79, p. 300-303, 1986.

CAPÍTULO 3

EFEITOS DE FORMICIDAS GRANULADOS SOBRE A LONGEVIDADE E ESTIMATIVA DE ENTROPIA DE OPERÁRIAS DE *ECTATOMMA OPACIVENTRE* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE: ECTATOMMINAE) EM LABORATÓRIO E TESTE DE ATRATIVIDADE DE ISCAS EM CAMPO

RESUMO

Ectatomma opaciventre é uma formiga predadora que vive tanto em ambientes preservados quanto nos alterados pelo homem, como os agroecossistemas. Por esta razão, constantemente entra em contato com os produtos destinados ao controle de formigas consideradas pragas, como as do gênero *Atta*. Com o objetivo de determinar quais são os efeitos de três ingredientes ativos comumente encontrados em iscas formicidas sobre a dinâmica populacional desta espécie, todos os indivíduos da colônia foram acompanhados desde a aplicação das iscas até a mortalidade da colônia em laboratório. No campo, as iscas foram oferecidas com o objetivo de testar a sua atratividade mesmo na presença de outras fontes alimentares. No tratamento com sulfluramida (0,3%), a longevidade máxima das operárias foi reduzida de 560 para 11 dias, de modo que a expectativa de vida inicial (e_0) caiu de 286,22 para 7,6 dias. As iscas contendo fipronil (0,003%) induziram uma longevidade máxima de 32 dias nas operárias, enquanto que as formigas do grupo controle viveram 535 dias, com $e_0=7,09$ e $e_0=372,00$, respectivamente, alterando o padrão da curva de sobrevivência. No último tratamento, com clorpirifós (0,45%), as operárias atingiram uma longevidade máxima de 72 dias com $e_0=37,85$ dias, enquanto que no controle esse valor chegou a 576 dias, com $e_0=354,59$. Esses resultados demonstraram que estas iscas utilizadas não somente atraem esta espécie de formiga não-alvo, como reduzem drasticamente as chances de sobrevivência às populações consideradas. No campo, as três iscas testadas foram altamente atrativas, resultando no seu rápido carregamento para o ninho e o aumento do número de forrageadoras.

INTRODUÇÃO

A expectativa de vida, mais do que um conceito biológico, é um conceito estatístico e se refere à duração de vida de indivíduos de uma espécie, ou seja, o limite além do qual, mesmo sob as condições mais favoráveis, os membros de uma dada espécie não podem sobreviver (FINCH, 1990). No entanto, não é recomendável considerar a longevidade de qualquer espécie sem avaliá-la num contexto ambiental, ecológico e evolutivo, sendo incorreto acreditar que a longevidade é uma simples idade fixada, mas, na verdade, trata-se de um número mutável de acordo com as diferentes condições ecológicas (CAREY, 2001). Uma das dificuldades em se identificar padrões de longevidade em insetos é a pouca informação sobre esse assunto, diferentemente do que ocorre em muitos grupos de vertebrados, principalmente nos mamíferos (NOWAK, 1991; PROMISLOV, 1991).

Acredita-se que a socialidade nos insetos tenha resultado em um aumento na expectativa de vida de 10 a 100 vezes em rainhas de formigas, abelhas e cupins (KELLER e GENOUD, 1997). De acordo com Carey (2001), existem alguns fatores que podem interferir na longevidade em insetos: os ambientais, como abundância de alimento e adversidades do ambiente, e o parentesco e cooperação, como cuidado parental e monogamia. Rainhas de insetos sociais em geral, em especial os de vida subterrânea, apresentam vida longa, consideradas recordes entre os insetos, como por exemplo, cupins e formigas, cuja longevidade pode ultrapassar os 30 anos em algumas espécies (CAREY, 2001). Isso provavelmente ocorre devido ao fato de permanecerem protegidas dentro do ninho depois do período inicial de fundação, exceto naquelas espécies que migram periodicamente (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

Carey (2001) ainda acredita que as características da história de vida de um animal sejam resultados da seleção em um contexto funcional particular. Assim como os diferentes bicos das aves (que são adaptações para a exploração de diferentes tipos de nicho) estão equilibrados com outras características (tais como tamanho do corpo e predisposição ao voo),

a longevidade de uma animal é também uma adaptação que deve estar equilibrada com outras características, particularmente a reprodução. As variações nas relações entre reprodução e longevidade podem ter sentido somente quando são consideradas dentro de um contexto de fatores como as condições demográficas, a duração do período pré-adulto, o número de descendentes e o nicho ecológico da espécie, ou seja, todas as estratégias de vida de um organismo.

Em insetos sociais a expectativa média de vida difere claramente entre as castas e os sexos, embora os papéis que esses indivíduos desenvolvem na colônia é que determinem não somente a taxa e o padrão de sua própria mortalidade, mas também a demografia geral da colônia (RUEPPELL et al., 2004). Enquanto que os reis nos cupins aparentemente vivam tanto quanto suas rainhas (KELLER, 1998), os machos de himenópteros sociais parecem ter um destino diferente. Eles não participam ativamente das interações sociais no ninho e funcionam somente como fonte de gametas para fertilizar os óvulos produzidos pelas rainhas (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). Antes mesmo de atingirem sua maturidade sexual, seus testículos começam a degenerar e seu estoque limitado de esperma é suficiente apenas para inseminar uma ou poucas fêmeas; depois disso eles morrem. Com poucas exceções, os machos vivem apenas alguns dias, embora seu esperma viva na espermateca da rainha por vários anos (PROMISLOV, 2003; BOOMSMA et al., 2005).

Alguns machos de formigas do gênero *Cardiocondyla* são ápteros e territorialistas, lutando para obter um harém de fêmeas virgens com as quais eles se acasalam. Ao contrário do que ocorre com outros himenópteros sociais estudados, a espermatogênese continua (HEINZE e HÖLLDOBLER, 1993) e eles vivem consideravelmente mais do que os machos de outras espécies. Em um caso extremo, os machos observados vivem e monopolizam o acasalamento por mais de um ano (YAMAUCHI et al., 2006). Do ponto de vista genético, sabe-se que existe uma relação entre o tamanho dos telômeros (estrutura composta de

proteínas, presente na extremidade dos cromossomos) e a senescência celular, embora não seja a causa determinante desta (DE ROBERTIS e DE ROBERTIS-JR, 1993). Machos de *Lasius niger* apresentam telômeros significativamente mais curtos do que as rainhas e operárias, o que reforça a hipótese de que o comprimento do telômero pode desempenhar um papel na determinação da longevidade em formigas (JEMIELITY et al., 2007).

As operárias, por sua vez, apresentam longevidade máxima de poucos meses (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990; RUEPPELL et al., 2004), provavelmente porque realizam atividades tanto dentro quanto fora do ninho (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990). A senescência obviamente se inicia com o forrageamento, pois as operárias mostram um declínio na resistência fisiológica pelo estresse abiótico, como temperaturas elevadas ou muito baixas, dessecação e desnutrição (REMOLINA et al., 2007). Até mesmo em colônias livres da predação mantidas em laboratório as operárias grandes apresentam longevidade menor do que as menores, como foi observado em *Acromyrmex subterraneus brunneus* (CAMARGO et al., 2007). Schmid-Hempel e Wolf (1988) relacionaram o tempo de vida de operárias de *Apis mellifera* às atividades de forrageamento e encontraram uma correlação negativa significativa entre a longevidade e o número de viagens, e uma correlação significativamente positiva entre a longevidade e o tempo de inatividade dentro do ninho. O forrageamento realizado pelas operárias fora do ninho, somado às tarefas executadas dentro dele, representaria um custo de sobrevivência para esses indivíduos; essa considerável redução da longevidade seria resultante da deterioração fisiológica acelerada das funções vitais do corpo (NEUKIRCH, 1982). Já as rainhas, por estarem protegidas em seus ninhos de todas as adversidades encontradas no ambiente extranidal e serem alimentadas e protegidas por suas filhas, teriam longevidade muito maior (RUEPPELL et al., 2004). Além disso, o modo como fundam suas colônias, a associação com outras rainhas, sua fertilidade e comportamento diferenciado também parecem influenciar a longevidade desses insetos.

Com relação ao modo de fundação da colônia, a longevidade é maior nas espécies com fundação dependente (aquelas incapazes de fundarem uma nova colônia sem a ajuda de operárias) do que nas de fundação independente (ou seja, aquelas que iniciam a colônia sem a ajuda de operárias). Isso ocorreria porque as rainhas que obtêm ajuda de suas operárias para dispersarem e fundarem uma nova colônia são protegidas e alimentadas por elas (HEINZE e SCHREMPF, 2008).

A respeito da quantidade de rainhas dentro de uma colônia, espera-se que sua longevidade seja maior nas espécies monogínicas do que nas poligínicas (KELLER e GENOUD, 1999) porque, no segundo caso, os ninhos frequentemente são frágeis, o que força seus indivíduos a se mudarem para novos sítios de nidificação. Nesse caso, a predação ou estresse abiótico durante a migração pode aumentar a mortalidade extrínseca (HÖLLDOBLER e WILSON, 1977; KELLER e GENOUD, 1999). No entanto, existem espécies poligínicas que não migram com frequência; porém, a longevidade de suas rainhas é menor do que nas espécies monogínicas relacionadas, como *Formica polyctena* e *F. exsecta*, nas quais as rainhas vivem, em média, 5 e 20 anos respectivamente (KELLER, 1998). Geralmente, colônias com uma única rainha não aceitam rainhas de substituição e a longevidade da colônia é compatível com a longevidade da rainha, ao contrário do que ocorre em colônias com múltiplas rainhas (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

Por outro lado, se levarmos em consideração a fertilidade dessas rainhas, o aumento no esforço reprodutivo tem sido associado a uma redução considerável na longevidade em vários organismos (PARTRIDGE *et al.*, 1987; GEMS e RIDDLE 1996; WESTENDORP e KIRKWOOD, 1998), como resultado, em parte, da alocação de recursos entre a fecundidade e a manutenção ou crescimento do corpo (ROFF 1992; STEARNS 1992). Esse esforço reprodutivo está geralmente associado com uma abreviação na longevidade, em espécies de vertebrados e invertebrados. Dentre os invertebrados, os insetos sociais parecem ser exceção.

O fato de fêmeas férteis (rainhas) estocarem o esperma obtido de um ou vários machos durante o curto período de acasalamento, usando-os para fertilizar os ovos que darão origem às operárias e futuras rainhas muito tempo depois, sem precisar reacasalar, diminui o conflito intersexual (PROMISLOV, 2003; BOOMSMA et al., 2005). Esse fato pode ser oneroso para a rainha na fase inicial de fundação do ninho, mas parece prolongar sua longevidade. Rainhas de *Cardiocondyla obscurior* que se acasalaram com machos esterilizados por radiação fizeram a postura de ovos não-fertilizados em uma taxa similar à de rainhas virgens; no entanto, viveram tanto quanto as rainhas que se acasalaram com machos férteis e significativamente mais do que as rainhas virgens (SCHREMPF et al., 2005). Assim sendo, tanto o ato de acasalamento quanto a transferência do líquido seminal parecem alterar a fisiologia da rainha, promovendo um aumento de sua longevidade, embora os detalhes desse processo ainda não estejam elucidados (HEINZE e SCHREMPF, 2008). Em abelhas, as rainhas acasaladas apresentaram elevada atividade de catalases (enzima decompositora do peróxido de hidrogênio, um produto tóxico para as células, que é resultante do metabolismo celular em organismos expostos ao oxigênio atmosférico) na spermateca e elevada expressão de antioxidantes nos tecidos ao redor dela (WEIRICH et al., 2002). É provável que o fluido seminal tenha um papel de proteção contra as substâncias oxidativas produzidas no organismo, além, é claro, de manter viáveis as células do esperma durante toda a vida da rainha (HEINZE e SCHREMPF, 2008). Algumas dessas rainhas, por exemplo, vivem por mais de oito anos, enquanto que as operárias raramente excedem poucos meses (PAGE e PENG, 2001). Essa diferença é até mais pronunciada em várias espécies de formigas nas quais as rainhas têm sido mantidas em cativeiro por décadas, enquanto que suas operárias morrem depois de alguns meses ou poucos anos sob condições de laboratório (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

É certo que operárias reprodutivas da formiga sem rainha do gênero *Diacamma* (Formicidae: Ponerinae) vivem significativamente mais do que operárias não reprodutivas, apesar de serem idênticas na morfologia e tamanho (TSUJI et al., 1996). Em outra ponerínea do gênero *Platythyrea* não há diferenças no tamanho, morfologia ou presença de esperma na espermateca nas reprodutoras e não-reprodutoras. *Platythyrea punctata* é uma das raras espécies de formigas cuja cria diplóide é produzida de ovos não-fertilizados (HEINZE e HÖLLDOBLER, 1995; SCHILDER et al., 1999). Embora todas as operárias sejam capazes de se reproduzir, as colônias geralmente possuem uma, ou raramente duas, operárias não fertilizadas que monopolizam a reprodução. Essas operárias apresentam mesmo tamanho e morfologia, sendo que a reprodutora é determinada por interações de dominância entre recém-emergidas inexperientes (HEINZE e HÖLLDOBLER, 1995). As fêmeas reprodutoras vivem significativamente mais do que as não-reprodutoras, que realizam tarefas tanto dentro quanto fora de seus ninhos. Isso demonstra que a presença de esperma na espermateca não é um fator essencial para o prolongamento da longevidade dessas formigas, tampouco a ausência de diferenças no tamanho, morfologia, acasalamento, dieta e ontogenia (HARTMANN e HEINZE, 2003). Quase todos os dados disponíveis sobre a longevidade em insetos sociais são de espécies com diferenças pronunciadas entre as castas, tais como as formigas-carpinteiras, formigas lava-pés ou abelhas (KELLER, 1998).

Além disso, rainhas e operárias também diferem no comportamento. Rainhas poedeiras raramente modificam seu comportamento ao longo da vida, enquanto que as operárias deixam de realizar atividades intranidais quando jovens, para realizarem atividades extranidais quando são mais velhas, o que energeticamente é mais oneroso (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

A dinâmica populacional desses insetos tem sido estudada por meio da descrição detalhada da mortalidade na população, utilizando tabelas de vida ecológica e de idade

específica (CAREY, 1993). Essas tabelas de vida são uma das ferramentas mais importantes na pesquisa entomológica, pois fornecem dados detalhados sobre a mortalidade de uma população, como a probabilidade de morte e sobrevivência em cada idade (PRESSAT, 1985), de modo que sua forma básica pode ser expandida, condensada ou modificada para a análise de diferentes tipos de dados (CAREY, 1993). Em suas principais funções estão a sobrevivência do grupo (l_x), expectativa de vida na idade x (e_x) e frequência da distribuição de mortes (d_x) (CAREY, 2001).

Existem dois tipos básicos de tabela de vida: (1) tabela de vida agrupada, a qual fornece uma perspectiva longitudinal, que inclui dados de mortalidade de um grupo particular desde seu nascimento (ou eclosão) até a morte do último indivíduo, frequentemente referida na entomologia e ecologia como tabelas de idade dependente; (2) tabela de vida contínua, que é transversal e a qual o grupo está sujeito a taxas de mortalidade de idade específica que prevalecem na população atual, sobre um período de tempo especificado. Ambas podem ser completas, computando-se as informações a cada dia de vida, ou resumidas; neste caso as informações são obtidas em intervalos maiores do que um dia (períodos), tais como um estágio completo (período larval, por exemplo), o que dificulta a obtenção de informações precisas sobre a sobrevivência diária (CAREY, 1993, 2001).

A mortalidade em uma idade específica, ou seja, a probabilidade de que um indivíduo vivo na idade x morra antes da idade $x+1$, serve como base para todas as outras funções. De acordo com Carey e Liedo (1999), a compreensão dessa mortalidade teria pelo menos quatro razões: (1) a morte é um evento que indica mudança do estado vivo para morto, ou seja, uma falha no sistema, enquanto que a sobrevivência é a continuação do estado atual; (2) um indivíduo pode morrer devido a inúmeras causas, como predação, parasitismo ou doença. Portanto, a mortalidade pode ser classificada pela causa da morte, pela frequência de distribuição das causas e a frequência de mortes de uma causa particular por idade e sexo. O

conceito de causa obviamente não é aplicado à sobrevivência; (3) o valor da taxa de mortalidade em uma idade específica é independente de eventos demográficos em outras idades. Em contraste, a sobrevivência de um grupo na idade x (l_x) é condicional à sobrevivência de cada uma das idades anteriores; a expectativa de vida na idade x (e_x) é uma medida resumida das consequências das taxas de mortes de todas as idades maiores que x ; a fração de todas as mortes (d_x) que ocorrem nas idades jovens determinará quantos indivíduos morrerão nas idades mais velhas. (4) Vários modelos matemáticos de mortalidade fornecem informações simples e concisas das tabelas de vida de grupos com poucos parâmetros. Portanto, a longevidade e a mortalidade de diferentes populações podem ser comparadas mais rapidamente. Em resumo, mortalidade de idade específica é um parâmetro útil na pesquisa entomológica atual porque é conceitualmente simples, fácil de ser determinada, rapidamente modelada e aplicável a todas as espécies.

O parâmetro entropia, H , é a medida da heterogeneidade na distribuição de mortes em um grupo (CAREY, 2001) e, segundo Wilson (1971), os estudiosos de demografia animal acham conveniente reconhecer quatro tipos de curva de sobrevivência, denominadas I, II, III e IV. Se todos os indivíduos morressem na mesma idade (tipo I), a forma da curva de sobrevivência (l_x) seria retangular e $H=0$. Se todos os indivíduos tivessem exatamente a mesma probabilidade de morte em cada idade (tipo II), a curva de sobrevivência decresceria abruptamente num traçado linear e H seria igual a 0,5. Valores de H maiores que 0,5 sugeririam uma curva de sobrevivência de traçado côncavo (tipo III), indicando alta mortalidade nos períodos iniciais de vida (CAREY, 2001). A curva do tipo IV é calculada pelo pesquisador.

Em espécies de *Bombus*, por exemplo, cuja casta operária não apresenta divisão de trabalho temporal, todo indivíduo pode executar qualquer tarefa em qualquer idade e, portanto, as populações apresentam curva de sobrevivência do tipo III, de traçado côncavo,

indicando alta mortalidade dos indivíduos jovens. Já as operárias de *Apis mellifera* seguem um programa bem definido de tarefas durante a vida adulta e normalmente não começam a forragear antes do décimo dia de vida. Assim, Sakagami e Fukuda (1968) verificaram que a curva de sobrevivência destes insetos é do tipo I, com um traçado convexo ou retangular, marcado pela baixa mortalidade dos indivíduos jovens. Isto ocorre porque no ambiente protegido do ninho a mortalidade é muito baixa, mas quando as operárias começam a deixar a colméia para forragear elas também começam a perecer em taxa muito alta. Carey (1993) adotou a entropia como um estimador do padrão de sobrevivência em populações experimentais, para quantificar a distribuição da mortalidade dos indivíduos em função da idade, adotando os mesmos tipos de curvas.

Muitos entomologistas de campo consideram de pouco valor os estudos de tabela de vida no laboratório porque os insetos são mantidos em condições controladas. No entanto, ainda é difícil fazer estimativas das taxas de mortalidade de idade específica em populações naturais no campo (LUCK et al., 1988), bem como identificar quaisquer nuances nos padrões relacionados com a idade, considerando-se que as taxas de mortalidade são estimadas por meio da recaptura de grupos de indivíduos de mesma idade liberados de uma só vez no campo (CAREY, 2001).

Obviamente estas metodologias de estudo de dinâmica populacional servem para determinar o padrão que ocorre mais frequentemente em uma determinada espécie, permitindo-se fazer comparações com populações as quais foram submetidas a determinados tratamentos em laboratório que, por ventura, venham a abreviar sua longevidade. Atualmente esse tipo de comparação ainda é escasso, principalmente no que se refere aos estudos envolvendo tratamento de populações de formigas com inseticidas. Algumas espécies de formigas, chamadas de não-alvo, frequentemente estão expostas a inúmeros produtos

destinados ao controle de espécies-pragas, sendo que o efeito que esse contato tem sobre a longevidade dessas formigas ainda não é bem conhecido.

OBJETIVO

Avaliar os efeitos de três iscas formicidas sobre a longevidade e estimativa de entropia de colônias da formiga *Ectatomma opaciventre* em laboratório e sua atratividade no campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Seis colônias de *Ectatomma opaciventre* foram coletadas de acordo com a metodologia descrita no capítulo 1 e o delineamento experimental compreendeu:

- **Tratamento 1:** 1 colônia recebeu diariamente 10g de iscas formicidas granuladas à base de sulfluramida (0,3%) e carboidratos (solução saturada de sacarose);
- **Tratamento 2:** 1 colônia recebeu diariamente 10g de iscas formicidas granuladas à base de fipronil (0,003%) e carboidratos (solução saturada de sacarose);
- **Tratamento 3:** 1 colônia recebeu diariamente 10g de iscas formicidas granuladas à base de clorpirifós (0,45%) e carboidratos (solução saturada de sacarose);
- **Controle:** 3 colônias receberam diariamente 10g de polpa cítrica (base da matriz das iscas formicidas) peletizada e carboidratos (solução saturada de sacarose).

A quantidade de isca disponibilizada (10g) é o mesmo utilizado para o controle das formigas cortadeiras no campo de acordo com os fabricantes. Os alimentos sólidos (iscas e polpa cítrica) foram oferecidos em tampas plásticas de 5cm de diâmetro, no centro da arena de forrageamento, o que equivale a uma distância linear de 20cm da entrada do ninho. Os alimentos líquidos (solução açucarada e água) foram disponibilizados em tubos de ensaio de 10cm de comprimento vedados com algodão (Figura 42). Estes alimentos sólidos e líquidos foram substituídos diariamente para prevenir a proliferação de fungos.

O acompanhamento dos indivíduos foi realizado desde a montagem dos experimentos até o último dia de vida da última operária da colônia. Ao final do ciclo das colônias tratadas com iscas formicidas e do controle foram elaboradas as tabelas de vida e determinou-se a entropia, segundo os parâmetros de Carey (1993):

x = intervalo de idade;

n_x = número de indivíduos sobreviventes no início de cada intervalo de idade;

D_x = número de mortes ocorridas durante cada intervalo de idade;

l_x = proporção de sobreviventes a partir da emergência, em relação ao intervalo de idade;

d_x = proporção de indivíduos que morreram entre as idades x e $x+1$, calculada por $d_x = l_x - l_{x+1}$

q_x = probabilidade de morte na idade x , calculada por $q_x = d_x / l_x$;

p_x = probabilidade de sobrevivência $p_x = 1 - q_x$;

L_x = probabilidade média de sobrevivência entre as idades sucessivas, calculada por $L_x = l_x - (d_x)/2$;

T_x = número total de dias restantes aos sobreviventes de idade x até o último dia possível de

vida, ω , estimado por
$$T_x = \sum_{x=0}^{\omega} L_x$$
 ;

e_x = expectativa de vida restante ao indivíduo no início de cada intervalo de idade (ex.x = idade restante em dias), calculada por $e_x = T_x/l_x$.

A entropia (medida da heterogeneidade no padrão de sobrevivência, definida como a razão entre o número de dias perdidos pela população, devido à morte, e o número de dias

vividos pelas operárias) foi calculada pela expressão:

$$H = \sum_{x=0}^{\omega} e_x d_x / e_0$$

Foi também calculada a longevidade dos estágios imaturos de *E. opaciventre*, sendo confeccionada uma tabela de vida simplificada para indicar a quantidade de sobreviventes por estágio de vida da população. Considerando-se que as formigas têm o hábito de agrupar os imaturos e também de mudá-los de local de tempos em tempos, foram feitas contagens dos ovos, larvas e pupas, em dias alternados, para estimar a duração destes estágios. Para cada



Figura 42 – Representação gráfica do delineamento experimental em laboratório: caixa de vidro medindo 60x40x15cm contendo o ninho artificial de gesso com três câmaras crescentes, com a entrada localizada na câmara menor. Os alimentos sólidos e líquidos foram oferecidos na arena de forrageamento (veja texto para maiores detalhes)

ninho, foi estimada a duração da fase de ovo (intervalo de dias entre a primeira postura e a eclosão da primeira larva), da fase de larva (com a confecção do primeiro casulo de pupa) e da fase de pupa (com a emergência do primeiro adulto).

No campo, 10g de iscas contendo sulfluramida (0,3%), fipronil (0,003%) e clorpirifós (0,45%) foram oferecidas individualmente para três colônias, a uma distância de 30cm da entrada do ninho. Foi utilizado um recipiente plástico de 3cm de diâmetro, para que as iscas não entrassem em contato com o solo. O comportamento das forrageadoras foi observado desde o momento da detecção da isca até que elas a carregassem em direção ao ninho. Sua entrada com a isca não foi permitida para minimizar a contaminação e conseqüente mortalidade das companheiras de ninho.

RESULTADOS

Tratamento 1 (sulfluramida 0,3%)

A tabela de vida da colônia tratada diariamente com as iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%) foi consideravelmente reduzida. Após a aplicação das iscas registrou-se a primeira morte logo no segundo dia de observação, sendo que o último indivíduo morreu no 11º dia de tratamento. No controle, a longevidade máxima das operárias foi de 560 dias.

Da mesma forma, a expectativa de vida inicial da colônia tratada não ultrapassou os 7,6 dias, valor muito próximo à longevidade média das operárias, que foi de $8,33 \pm 3,02$ dias (Figura 43). A longevidade média registrada no controle foi de $290,61 \pm 185,11$ dias, semelhante à expectativa de vida inicial, que foi de 286,22 dias (Figura 43).

A entropia obtida no tratamento teve valor igual a 0,327, ou seja, se aproximou do padrão de curva do tipo II ($H = 0,5$) que representa mesma probabilidade de morte em cada idade, para todos os indivíduos (Figura 44). Esta é uma situação hipotética, considerando-se que na natureza os fatores intrínsecos e extrínsecos atuam, em cada

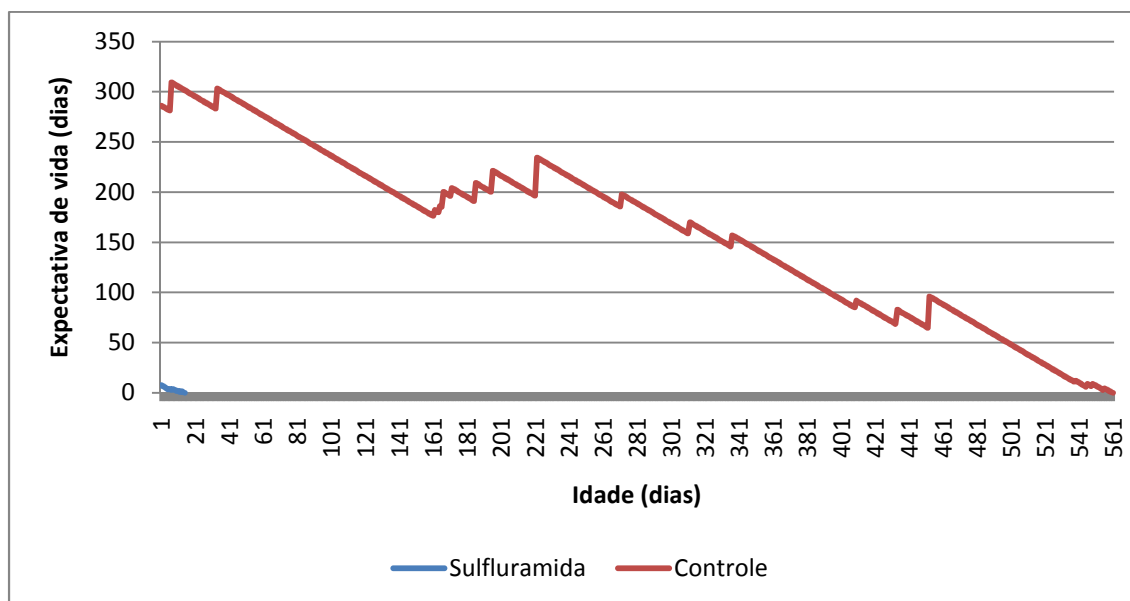


Figura 43 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0, 3%) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

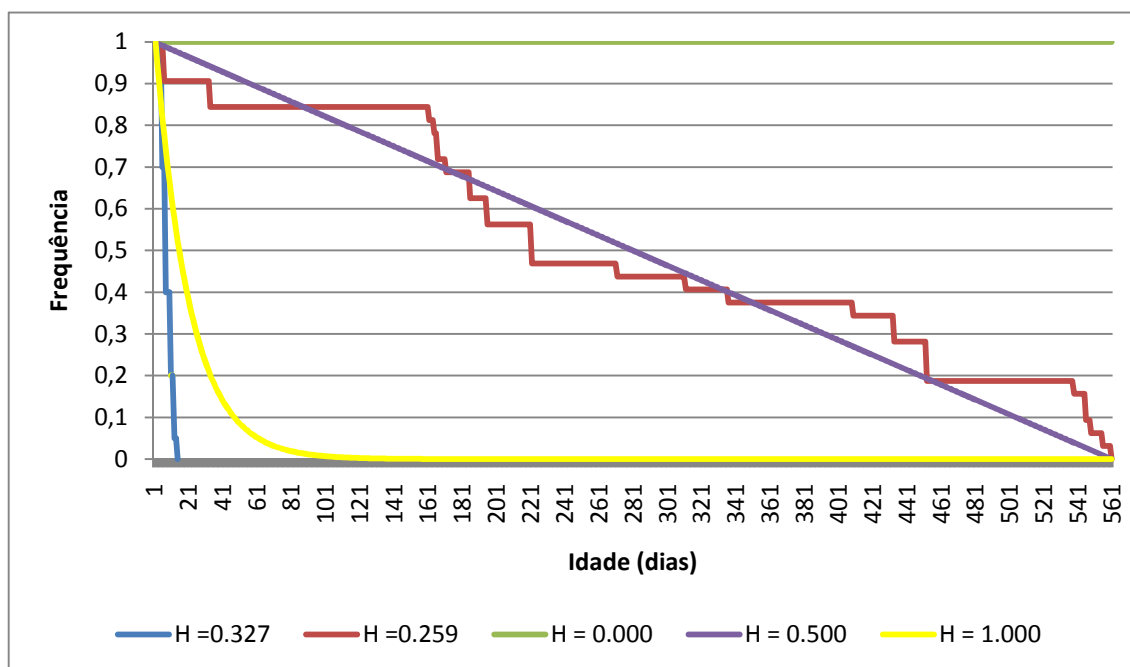


Figura 44 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%) ($H = 0,327$) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0,259$) em laboratório

indivíduo, de forma particular. Assim, fica claro que o padrão de mortalidade no tratamento com as iscas teve um fator determinante que teria levado os indivíduos a uma morte precoce, muito provavelmente o ingrediente ativo tóxico contido nas iscas. No controle a entropia teve valor 0,259, tendendo para o padrão de curva que determina que os indivíduos apresentam maior probabilidade de atingirem a longevidade máxima da espécie (Figura 44).

Os imaturos (larvas) também foram contaminados, de forma que as mortes começaram no 3º dia de tratamento. Nesses onze dias de duração da colônia não houve posturas de ovos, tampouco a mudança de estágio das larvas para pupas, pois que todas morreram juntamente com as operárias. Sem as iscas formicidas houve a postura de mais de 200 ovos tróficos (sem material genético) e cerca de 30 ovos férteis, dos quais 14 se tornaram larvas e 7 passaram para o estágio de pupa. A duração do estágio de ovo foi de $17,33 \pm 2,51$ dias, o de larva $16,33 \pm 4,16$ dias, o de pupa $33,66 \pm 16,07$ dias, com duração total do estágio imaturo igual a $67,33 \pm 9,73$ dias.

Para tentar determinar a causa real das mortes no tratamento, o comportamento de cada uma das operárias foi observado de modo a se constatar indícios de contaminação pelas iscas. As operárias que tiveram contato direto com as iscas ou indireto por meio de outra operária contraíram o corpo e caíram no chão, mexendo-se apenas quando tocadas por outra operária. Isso talvez demonstre o comprometimento da liberação de energia proveniente da molécula de ATP.

Tratamento 2 (fipronil 0,003%)

A longevidade máxima dos indivíduos tratados com iscas formicidas à base de fipronil foi um pouco maior em relação aos tratados com sulfluramida (Figura 45). A primeira morte ocorreu no 3º dia de tratamento, sendo que as operárias viveram, no máximo, 32 dias, apresentando uma longevidade média de $16,10 \pm 7,67$ dias, com expectativa de vida inicial de

7,09 dias. O padrão de mortalidade representado pela variável entropia teve valor igual a 0,692, indicando elevada mortalidade dos indivíduos em sua fase inicial, uma vez que se aproximou do padrão de curva do tipo III (Figura 46). Neste período não houve postura de ovos, tampouco o desenvolvimento das larvas em pupas, uma pois as mortes se iniciaram no 4º dia.

No controle, mais uma vez, os resultados foram muito diferentes, de modo que na Figura 45 pode-se observar que a longevidade máxima atingida pelas operárias foi de 535 dias. A expectativa de vida inicial foi de 372,00 dias, muito semelhante à longevidade média desses indivíduos, que foi de $368,02 \pm 127,65$ dias, com primeira morte de operária aos 6 dias e de larva aos 58 dias de observação. A entropia teve valor igual a 0,174 e também se aproximou da curva do tipo I, em que os indivíduos apresentam pouca probabilidade de morte durante a vida, tendo grandes chances de atingirem a longevidade máxima da espécie (Figura 46). Cerca de 240 ovos tróficos e 60 ovos férteis foram postos no período, sendo que 50 deles se desenvolveram em pupas. A duração do estágio imaturo foi semelhante ao resultado anterior: $15,26 \pm 2,07$ dias para ovos, $14,88 \pm 3,09$ dias para larvas, $39,54 \pm 12,31$ dias para pupas, com duração total do estágio imaturo igual a $69,68 \pm 10,26$ dias.

As operárias também apresentaram um comportamento visivelmente alterado em função da intoxicação decorrente da exposição às iscas. Foi possível distinguir duas fases de comportamento: na primeira, houve um intenso movimento para cima e para baixo dos pares de pernas anteriores e medianos, que se mantiveram sempre esticadas; além disso, as forrageadoras andavam rapidamente pela arena de forrageamento, com movimentos intensos das antenas e mandíbulas. Na segunda fase, elas caíram e contraíram todo o corpo, tremendo intensamente.

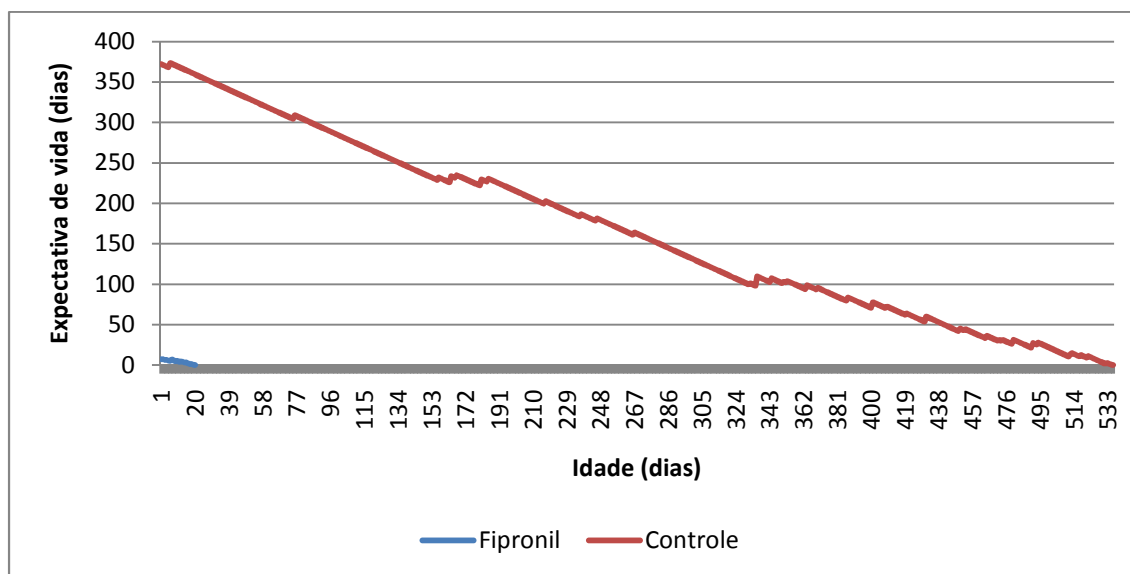


Figura 45 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de fipronil (0,003%) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

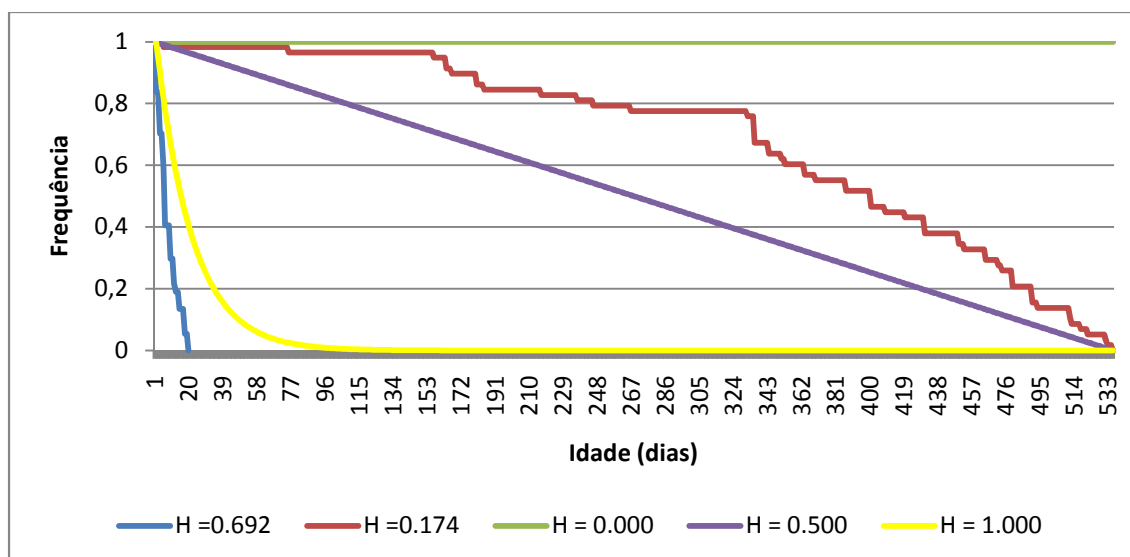


Figura 46 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de fipronil (0,003%) ($H = 0,692$) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0,174$) em laboratório

Tratamento 3 (clorpirifós 0,45%)

Dos três tratamentos com iscas formicidas, este foi o que as operárias apresentaram a maior longevidade média: $39,35 \pm 17,60$ dias, semelhante à expectativa de vida inicial, que foi de 37,85 dias (amplitude da variação 9 a 72 dias, Figura 47). A entropia também apresentou uma padrão semelhante à curva II (Figura 48), com valor igual a 0,402, indicando que as mortes provavelmente não ocorreram por causas naturais. Como era de se esperar, também não houve postura de ovos no período analisado.

No controle a longevidade média foi muito superior (Figura 47), alcançando os $346,28 \pm 170,13$ dias e se aproximando da expectativa de vida inicial, que foi de 354,59 dias. A primeira operária morta foi observada no 9º dia e a última ao 576º dia, havendo postura de cerca de 160 ovos tróficos e 80 férteis, dos quais mais de 60 se desenvolveram em pupas. A entropia teve valor igual a 0,366, indicando poucas mortes nos intervalos iniciais de idade, com chances dos indivíduos alcançarem a longevidade máxima da espécie (Figura 48). A duração do estágio imaturo seguiu o mesmo padrão dos ninhos anteriores, tendo alcançado $67,97 \pm 11,41$ dias (estágio de ovo = $14,20 \pm 1,15$ dias, de larva $17,29 \pm 3,04$ dias e de pupas $36,48 \pm 9,04$ dias). O comportamento observado dos indivíduos intoxicados se assemelhou bastante ao ocorrido nos tratamentos com fipronil, distinguindo-se também as mesmas fases: uma de agitação intensa, e outra de paralisia.

Comparando a toxicidade dos três ingredientes ativos utilizados (Figura 49), observou-se que a sulfluramida causou dano mais rapidamente nas operárias de *E. opaciventre*, seguida do fipronil e do clorpirifós, cujo efeito nocivo foi o mais lento.

No campo, as forrageadoras de *E. opaciventre* detectaram facilmente as iscas formicidas. Assim que encontraram o recipiente que as continha, realizaram uma intensa antenação sobre as iscas e as manipularam com as mandíbulas, voltando rapidamente para o

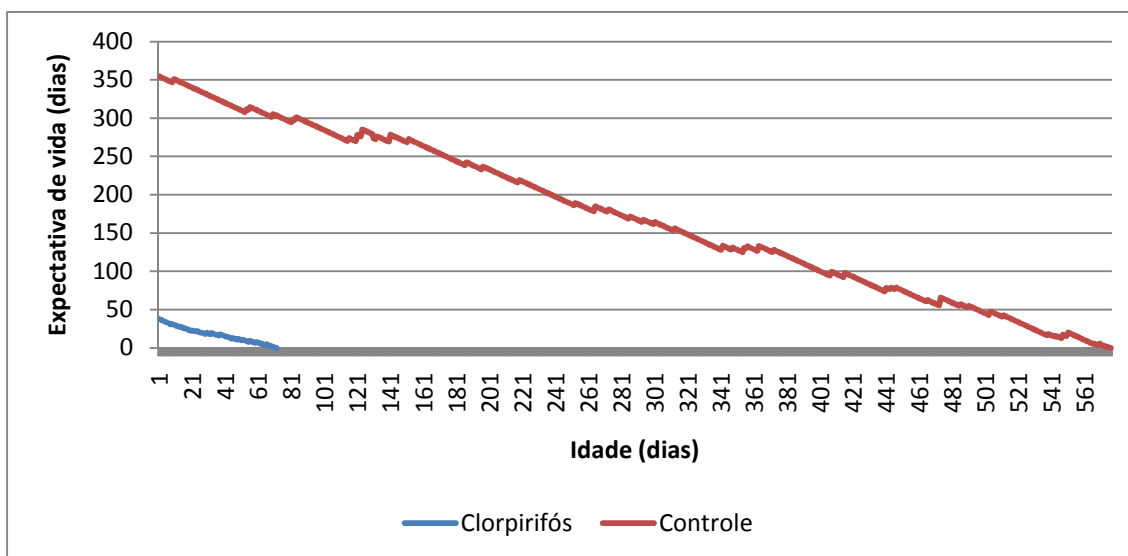


Figura 47 – Expectativa de vida comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de clorpirifós (0,45%) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) em laboratório

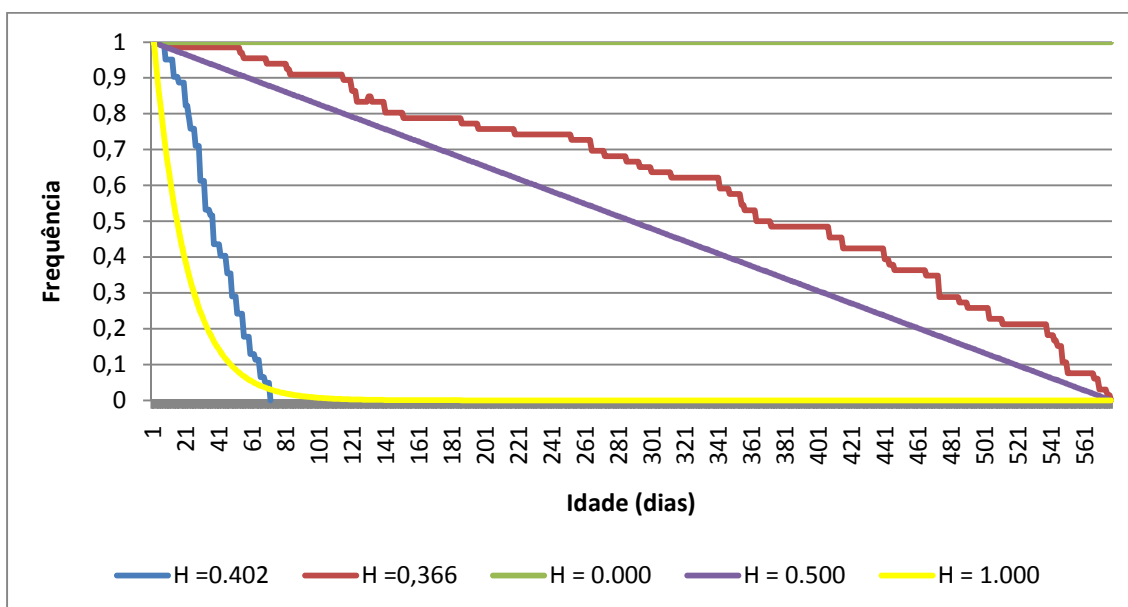


Figura 48 – Entropia comparada de uma colônia da formiga *Ectatomma opaciventre* tratada diariamente com iscas formicidas à base de clorpirifós (0,45%) ($H = 0,402$) e de outra tratada diariamente com pellets de polpa de laranja (sem ingrediente ativo - controle) ($H = 0,366$) em laboratório

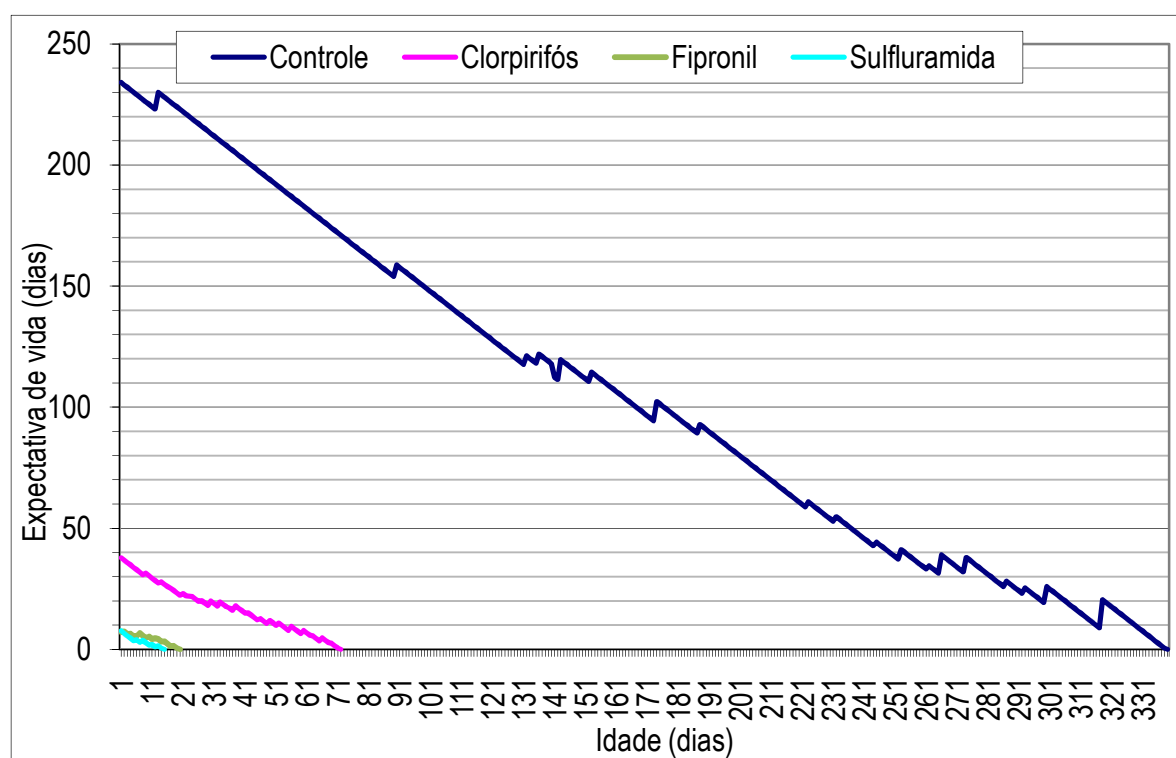


Figura 49 – Expectativa de vida comparada de colônias da formiga *Ectatomma opaciventre* tratadas diariamente com iscas formicidas à base de sulfluramida (0,3%), fipronil (0,003%) e clorpirifós (0,45%) em laboratório

ninho. Logo em seguida, outras forrageadoras saíram em direção à fonte das iscas e, prontamente, passaram a carregar uma unidade de iscas por vez em direção ao ninho (Figuras 50-52). Como foi descrito em material e métodos, as forrageadoras foram impedidas de entrar com as iscas no ninho, de modo que foram usadas pinças para retirá-las das mandíbulas das formigas. Esse procedimento não impede totalmente a contaminação das colônias, pois embora a sulfluramida tenha apenas ação estomacal (ou seja, precisa ser ingerida para fazer efeito), o fipronil e o clorpirifós também apresentam efeito de contato além da ação estomacal. Dessa forma, impedindo a entrada das formigas com as iscas, impediu-se a sua ingestão, visando minimizar a contaminação das colônias, o que não era o foco do experimento.

O importante a ser ressaltado é que as três iscas foram atrativas, pois como resultado do seu oferecimento, registrou-se o recrutamento de inúmeras forrageadoras e o rápido carregamento para o ninho. Além disso, no curto tempo de permanência das iscas no campo (cerca de 10 minutos), foi possível observar que outras espécies de formigas (*Pseudomyrmex* e *Conomyrma*) também foram atraídas pelas iscas e as carregaram, provavelmente em direção aos seus ninhos (Figuras 50-52).

DISCUSSÃO

A longevidade dessas formigas no campo provavelmente deve ser menor, considerando-se que no laboratório foram eliminados determinados fatores que proporcionariam maior desgaste fisiológico, como incidência solar, variações drásticas de temperatura e umidade relativa do ar, predação, entre outros. O fato de os ninhos serem subterrâneos impede que esse tipo de estudo seja feito no campo, uma vez que a observação dos indivíduos não seria possível. A única rainha encontrada não sobreviveu muito tempo, ou pelo estresse provocado durante a coleta das colônias, ou por não ter se adaptado às condições



Figura 50 – (A) Recipiente contendo iscas à base de sulfluramida (0,3%) a 30cm da entrada do ninho; (B) forrageadora de *Ectatomma opaciventre* detectando a fonte de iscas; (C) inspecionando as iscas; (D) saindo sem carregar as iscas e indo pro ninho recrutar outras forrageadoras



Figura 51 – (A) forrageadora de *Ectatomma opaciventre* inspecionando as iscas à base de fipronil (0,003%) e (B-C) forrageadora carregando a isca para o ninho entre as mandíbulas (seta); (D) registro de um indivíduo de *Pseudomyrmex* (Myrmicinae) carregando a mesma isca (círculo)



Figura 52 – (A) recipiente contendo iscas à base de clorpirifós (0,45%) a 30cm da entrada do ninho; sendo inspecionado (B) e carregada (C) por forrageadora de *E. opaciventre*; (D) três espécies de formigas no mesmo recipiente contendo as iscas à base de clorpirifós (0,45%): *E. opaciventre* (seta preta), *Pseudomyrmex* (seta vermelha) e *Conomyrma* (seta azul)

de laboratório. Mas, sabe-se que as rainhas de espécies monogínicas vivem mais do que suas operárias (HÖLLDOBLER e WILSON, 1990).

Em condições naturais essa espécie de formiga escolhe áreas abertas para nidificação e forrageamento (PIE, 2004) e por isso se adaptou a viver em áreas de pastagens, nas quais predominam várias espécies de formigas cortadeiras. Anualmente, quantidades crescentes de iscas formicidas têm sido aplicadas, com o objetivo de eliminá-las desse ambiente (FORTI, 1997). A sulfluramida, fipronil e clorpirifós são os três ingredientes ativos mais comumente utilizados para o controle de formigas cortadeiras do gênero *Atta* em pastagens, na formulação granulada (DELABIE et al., 2000). Essas espécies de formigas são consideradas pragas, pois causam danos econômicos significativos à agricultura brasileira (FOWLER et al., 1991; BUENO e CAMPOS-FARINHA, 1999). A sulfluramida é enormemente utilizada como formicida na forma de iscas granuladas atrativas, na concentração de 0,3%. O fipronil, que atua como inseticida de contato e de ação estomacal, vem sendo utilizado no controle de mais de 250 espécies de pragas em 60 culturas, e o clorpirifós, um inseticida organofosforado, é tóxico para uma ampla variedade de artrópodos benéficos, incluindo abelhas, formigas, joaninhas, vespas e outros organismos (COX, 1995).

No tratamento com sulfluramida, os indivíduos que entraram em contato com as iscas exibiram um comportamento semelhante a uma paralisia, no qual os movimentos do corpo foram diminuindo gradativamente de intensidade. De acordo com Schnellman e Manning (1990), um dos metabólitos da sulfluramida atua nos processos de fosforilação oxidativa em nível mitocondrial, interrompendo a capacidade da célula em usar oxigênio, conduzindo à anoxia celular, o que leva ao comprometimento do metabolismo da célula e a produção de ATP é drasticamente reduzida. Com isso, diversos processos internos (como o transporte ativo de moléculas, síntese e secreção de substâncias) e externos (locomção, alimentação) ficam seriamente comprometidos. Esse comportamento também foi observado por Laranjeiro

e Zanúncio (1995) em *Atta sexdens rubropilosa* em plantações de eucalipto e, de acordo com Forti et al. (1993), pode haver a contaminação de outros indivíduos da colônia devido aos comportamentos de limpeza de operárias-operárias (*allogrooming*), não havendo necessariamente a contaminação direta somente por ingestão.

Por se tratar de um ingrediente ativo de efeito retardado, a sulfluramida não mata as formigas imediatamente, permitindo a contaminação do restante da população (FORTI, 1997) pelo processo de trofalaxia (FOWLER et al., 1991), ou o contato direto de um número elevado de indivíduos. Além disso, o fato de que, no campo, as formigas do gênero *Ectatomma* se alimentam de outras formigas, vivas ou recém-mortas (DELABIE, 1999), pode contribuir para o processo de contaminação indireta devido à captura de presas contaminadas. De acordo com Ramos et al. (2004), a diminuição na quantidade de alimentos disponível em uma área, depois de um tratamento com iscas granuladas, também contribui para o desaparecimento de diversas espécies de formigas, o que acaba por provocar um desequilíbrio no ecossistema.

A atração de diversas outras espécies de formigas não-alvo por iscas formicidas à base de sulfluramida já foi observada por Ramos et al. (2003). Estes autores verificaram que as populações de formigas predadoras como *E. brunneum*, *E. edentatum*, *Anochetus diegensis*, *Hypoponera* spp. e *Megalomyrmex* sp. foram severamente afetadas até 60 dias após a utilização de iscas formicidas contendo 0,3% de sulfluramida. Tofolo et al. (2010) quantificaram em 14,44% as mortes de operárias de *E.brunneum* ocorridas em laboratório após 24h de exposição as iscas contendo sulfluramida como ingrediente ativo.

O fipronil, por ser um bloqueador sistêmico da passagem de íons Cloro através dos canais clorados regulados pelo ácido gama-aminobutírico (GABA), causa a morte por hiperexcitação (GENTILE et al., 2004). Essa característica química do fipronil provavelmente

deve ter provocado o descontrole de movimentos apresentado pelos indivíduos tratados com as iscas.

Em outra espécie do mesmo gênero, *E. brunneum*, a exposição por 24 horas às mesmas iscas formicidas provocou mortalidade de 20% da população em condições de laboratório, mesmo na presença do alimento convencional (TOFOLO et al., 2010). No campo, os efeitos deletérios do fipronil sobre uma comunidade de formigas foi observado por Balança e de-Visscher (1997a,b). O controle de gafanhotos por meio da pulverização com fipronil acarretou na morte de centenas de indivíduos de várias espécies após 11 dias de observação. Essa mortalidade possivelmente ocorreu devido à ação de contato com substrato vegetal tratado e pelo carregamento de gafanhotos mortos pelas operárias para o interior desses ninhos 48 horas depois da pulverização. Em comunidades de vespas solitárias parasitóides, como as das famílias Braconidae e Scelionidae, e predadoras, como Sphecidae, o fipronil causou mortalidades de 62%, 100% e 100%, respectivamente.

Na Austrália, vespas européias do gênero *Vespula* (consideradas pragas devido ao alto índice de acidentes ocupacionais em vinhedos) foram tratadas com iscas à base de fipronil a 0,025% e 0,1% e apresentaram mortalidade de 50 a 72% e 80%, respectivamente, depois de 4 dias de tratamento (LEFOE et al., 2001). O controle efetivo dessas vespas também foi obtido na Argentina por Sackmann et al. (2004). Todos os 46 ninhos espalhados em 12ha de reflorestamento na Patagônia foram eliminados ao final do verão, depois de tratados com iscas à base de fipronil (0,1%).

A importância das abelhas (*Apis mellifera*) no monitoramento da poluição ambiental é conhecida devido à sua elevada taxa de reprodução, grande mobilidade e amplitude de vôo, e polinização de cerca de 90% das espécies de plantas com flores e 80% dos vegetais de interesse econômico (McGREGOR, 1976). No entanto, poucos estudos têm sido realizados para avaliar os efeitos decorrentes da contaminação com inseticidas. A presença de certas

substâncias inseticidas no mel foi detectada por Chauzat et al. (2006) em apiários na França. Dos 19 compostos encontrados, o fipronil e/ou seus metabólitos foram os terceiros mais freqüentes, estando presentes em 12,4% das amostras. A presença de metabólitos no mel possivelmente é derivada da fotodegradação natural no campo ou artificial em laboratório. Durante o período de estudo, nenhuma morte foi registrada, indicando que as abelhas foram cronicamente expostas a esses produtos. Não se sabe, ao certo, se essa exposição resulta em efeitos negativos nessas populações. O fato é que o número de abelhas vem diminuindo consideravelmente ao longo do tempo e muitos agricultores e pesquisadores atribuem essa diminuição à exposição a produtos químicos.

A hiperexcitação apresentada pelos indivíduos tratados com clorpirifós é condizente com seu modo de ação. Por ser um composto organofosforado inibe a ação de diversas enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, enzima que controla a hidrólise da acetilcolina, um importante neurotransmissor. Assim, na ausência da acetilcolinesterase, a acetilcolina liberada se acumula e evita a transmissão suave dos impulsos nervosos através da fenda sináptica da junção nervosa, provocando um colapso no sistema nervoso central. A menos que um reativador específico seja empregado, essa inibição da acetilcolinesterase é irreversível e a volta aos níveis normais depende da síntese de uma nova enzima (LARINI, 1999).

Para outras espécies não-alvo, como *Brachygastra lecheguana*, *Polybia paulista* e *Protopolybia exigua*, importantes vespas sociais predadoras do bicho-mineiro do cafeeiro, os efeitos do clorpirifós foram mais severos. Em apenas 6 horas depois do tratamento com resíduo seco, em laboratório, a mortalidade média foi de 77,5% nas 3 espécies de vespas, o que corresponde a 99% de mortalidade do bicho-mineiro do cafeeiro nas mesmas condições (FRAGOSO et al., 2001).

Em formigas os efeitos deletérios do clorpirifós podem ser observados tanto no campo como em laboratório. Neste último, a exposição por 24 horas causou 20% de mortalidade de

operárias de *E. brunneum* (TOFOLO et al., 2010). Em plantações de milho, Armenta et al. (2003) observaram a eliminação total das populações da formiga do gênero *Solenopsis* 15 dias após a pulverização com clorpirifós. Esse efeito negativo na atividade forrageadora de outras formigas predadoras dos gêneros *Crematogaster*, *Pheidole* e *Solenopsis* também foi observado por Michereff-Filho et al. (2002) até 3 semanas depois em áreas tratadas com clorpirifós. De acordo com Perfecto (1990), a ausência desses e outros inimigos naturais contribuiu para o aumento da população *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), uma das principais pragas em plantações de milho.

Efeitos subletais foram observados em machos de *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), os quais mostraram um decréscimo em sua resposta ao feromônio sexual emitido pelas fêmeas depois de tratados com clorpirifós. Isso provavelmente ocorre devido à perturbação da interpretação do sinal que representa o feromônio, uma vez que, os inseticidas organofosforados (grupo químico ao qual pertence o clorpirifós) atuam no sistema nervoso central ao nível sináptico, prejudicando a comunicação entre os neurônios. As fêmeas, por sua vez, também sofreram os efeitos da exposição a esse inseticida, reduzindo consideravelmente a emissão desse feromônio também por perturbações nervosas (DELPUECH et al., 1998). Essa contaminação causada por inseticidas provavelmente se estende a outros feromônios de comunicação em diversas espécies de organismos não-alvo. Em outra espécie, *T. pretiosum*, parasitóide de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), o tratamento com clorpirifós não diminuiu significativamente a população; no entanto, o número de ovos parasitados diminuiu para cerca de 52-75% (MICHEREFF-FILHO et al., 2002).

CONCLUSÃO

Nos experimentos realizados em laboratório, as curvas de sobrevivência das operárias de *E. opaciventre* foram drasticamente alteradas depois da exposição às iscas formicidas. Os indivíduos estudados, bem como seus imaturos, tiveram sua sobrevivência abreviada, de modo que o ingrediente ativo que causou maior mortalidade foi a sulfluramida, seguida do fipronil e clorpirifós. Isso decorre da atratividade dessas iscas, que não selecionam apenas as espécies de formigas consideradas pragas na agricultura (principalmente as do gênero *Atta*). De certa forma, a matriz utilizada nos três produtos comerciais utilizados (polpa cítrica) é atrativa para uma gama de outros insetos, que acabam entrando em contato com estes produtos que constantemente estão disponíveis nos agroecossistemas. Essa característica ficou muito evidente quando as iscas foram disponibilizadas em campo, onde pode-se observar que mesmo na presença de outras fontes alimentares as forrageadoras de *E. opaciventre* e de outras espécies de formigas foram nitidamente atraídas pelas três iscas formicidas utilizadas nesse estudo. Existe, portanto, a necessidade de desenvolver produtos que sejam mais específicos para a espécie-alvo, evitando, assim, a atração de outros indivíduos que venham a ser benéficos para o meio em que vivem.

REFERÊNCIAS

ARMENTA, R. et al. Impact of a nucleopolyhedrovirus bioinsecticide and selected synthetic insecticides on the abundance of insect natural enemies on maize in Southern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 3, pp. 649-661, 2003.

BALANÇA, G.; de-VISSCHER, M.N. Effects of very low doses of fipronil on grasshoppers and non-target insects following field trials for grasshopper control. **Crop Protection**, v. 16, n. 6, pp. 553-564, 1997a.

BALANÇA, G.; de-VISSCHER, M.N. Impacts on nontarget insects of a new insecticide compound used against the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål 1775). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 32, n. 1, March 1997b.

BOOMSMA, J.J.; BAER, B.; HEINZE, J. The evolution of male traits in social insects. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 395-420, 2005.

BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A.E.C. **As formigas domésticas**. In: MARICONI, F. A. M. Insetos e outros invasores de residências. Piracicaba: FEALQ, v.6, Capítulo 6, p. 135-180, 1999.

CAMARGO, R. S. et al. Age polyethism in the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus brunneus*, 1911 (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 131, p. 139-145, 2007.

CAREY, J.R. **Applied Demography for Biologists**. New York: Oxford University Press, 206 pp., 1993.

CAREY, J.R. Insect biodemography. **Annual Review of Entomology**, v. 46, p. 79-110, 2001.

CAREY, J.R.; LIEDO, P. Mortality dynamics of insects: general principles derived from aging research on the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **American Entomologist**, v. 45, p. 49-55, 1999.

CHAUZAT, M.P. et al. A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 2, pp. 253-262, 2006.

COX, C. Chlorpyrifos: Ecological Effects. **Journal of Pesticide Reform**, v. 15, n. 2, p. 1-19, 1995.

DE ROBERTIS, E.D.P.; DE ROBERTIS-JR., E.M.F. **Bases da biologia celular e molecular**. 2^a ed. Imprensa, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 307 pp., 1993.

DELABIE, J.H.C. **Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae): métodos de estudo e estudos de casos na Mata Atlântica**. In: Anais do Encontro de Zoologia do Nordeste. Feira de Santana, Editora Feira de Santana – BA, p. 58-68, 1999.

DELABIE, J.H.C.; DELLA-LÚCIA, T.M.C.; PASTRE, L. Protocolo de experimentação para avaliar a atratividade de novas formulações de iscas granuladas utilizadas no controle de formigas cortadeiras *Acromyrmex* spp. e *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini) no campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 843-848, 2000.

DELPUECH, J.M. et al. Inhibition of sex pheromone communications of *Thrichogramma brassicae* (Hymenoptera) by the insecticide chlorpyrifos. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 17, n. 6, pp. 1107-1113, 1998.

FINCH, C. E. **Longevity, senescence, and the genome**. Chicago, IL, University Chicago Press, 938 pp. 1990.

FORTI, L.C. **Formigas cortadeiras: distribuição geográfica, biologia, ecologia e danos**. Botucatu, 39 pp., 1997.

FORTI, L.C. et al. **Metodologias para experimentos com iscas granuladas para formigas cortadeiras**. In: DELLA-LUCIA T. M. C. (ed.), As formigas cortadeiras. Viçosa, Folha de Viçosa, p. 191-211, 1993.

FOWLER, H.G. et al. **Ecologia nutricional de formigas**. In. A. R. PANIZZU e J. R. P. PARRA. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. Manole Editora LTDA. São Paulo, SP, p.131-223, 1991.

FRAGOSO, D.B. et al. Seletividade de inseticidas a vespas predadoras de *Leucoptera coffeella* (Guér.-Mènev.) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 139-144, 2001.

GEMS, D.; RIDDLE D.L. Longevity in *Caenorhabditis elegans* reduced by mating but not gamete production. **Nature**, v. 379, p. 723–725, 1996.

GENTILE, A.G. et al. Eficacia del fipronil en el control del ciclo peridomiciliario de *Triatoma infestans* en un área con resistencia a la Deltametrina. **Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro**, v. 20, n. 5, p. 1240-1248, set-out, 2004.

HARTMANN, A.; HEINZE, J. Lay eggs, live longer: division of labor and life span in a clonal ant species. **Evolution**, v. 57, n. 10, p. 2424-2429, 2003.

HEINZE, J.; HÖLLDOBLER, B. Fighting for a harem of queens: physiology of reproduction in *Cardiocondyla* male ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**, v. 90, p. 8412–8414, 1993.

HEINZE, J.; HÖLLDOBLER, B. Thelytokous parthenogenesis and dominance hierarchies in the ponerine ant, *Platythyrea punctata* (F. Smith). **Naturwissenschaften**, v. 82, p. 40-41, 1995.

HEINZE, J.; SCHREMPF, A. Aging and reproduction in social insects. A Mini-Review. **Gerontology**, v. 54, p. 160–167, 2008.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. The number of queens: an important trait in ant evolution. **Naturwissenschaften**, v. 64, p. 8-15, 1977.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, O. **The Ants**. London: Springer, 732 pp., 1990.

JEMIELITY, S. et al. Short telomeres in short-lived males: what are the molecular and evolutionary causes? **Aging Cell**, v. 6, p. 225–233, 2007.

KELLER, L. Queen lifespan and colony characteristics in ants and termites. **Insectes Sociaux**, v. 45, p. 235–246, 1998.

KELLER, L.; GENOUD, M. Extraordinary lifespan in ants: a test of evolutionary theories of aging. **Nature**, v. 389, p. 958–960, 1997.

KELLER, L.; GENOUD, M. Evolutionary theories of aging. 1. The need to understand the process of natural selection. **Gerontology**, v. 45, p. 336–338, 1999.

LARANJEIRO, A.J.; ZANÚNCIO, J.C. Avaliação da isca à base de sulfluramida no controle de *Atta sexdens rubropilosa* pelo processo de dosagem única de aplicação. **IPEF** n. 48/49, p. 144-152, jan/dez 1995.

LARINI, L. **Toxicologia dos praguicidas**. Editora Manole Ltda, 1^a edição, 230pp., 1999.

LEFOE, G. et al. Minimizing the impact of European wasps on the grape and wine industry. Final report to Grape and Wine Research & Development Corporation, **DAV**, v. 99, n. 1, p. 14. Dec. 2001.

LUCK, R.F.; SHEPARD, B.M.; KENMORE, P.E. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. **Annual Review of Entomology**, v. 33, p. 367–391, 1988.

McGREGOR, S.E. Insect pollination of cultivated crop plants. Washington: USDA. **Agriculture Handbook**, v. 496, pp. 411, 1976.

MICHEREFF-FILHO, M. et al. Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) and on its natural enemies. **Journal of Applied Entomology**, v.126, pp. 422-430, 2002.

NEUKIRCH, A. Dependence of life span of the honeybee (*Apis mellifera*) upon flight performance and energy consumption. **Journal of Comparative Physiology**, v. 146, p. 35-40, 1982.

NOWAK, R.M. **Walker's Mammals of the World**. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, v. I, n. II 5, 1991.

PAGE, R.E.; PENG, C.Y.S. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. **Experimental Gerontology**, v. 36, p. 695-711, 2001.

PARTRIDGE, L.; GREEN, A.; FOWLER, K. Effects of egg-production and of exposure to males on female survival in *Drosophila melanogaster*. **Journal of Insect Physiology**, v. 33, p. 745–749, 1987.

PERFECTO, I. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: the maize-pest-ant system in Nicaragua. **Ecology**, v. 71, n. 6, p. 2125-2134, 1990.

PIE, M.R. Foraging ecology and behaviour of the Ponerinae ant *Ectatomma opaciventre* Roger in a Brazilian savanna. **Journal of Natural History**, v. 38, p. 717-729, 2004.

PRESSAT, R. **The dictionary of demography**. Basil Blackwell, Oxford, UK, 243 pp., 1985.

PROMISLOV, D. Senescence in natural populations of mammals: a comparative study. **Evolution**, v. 45, p. 1869–1887, 1991.

PROMISLOV, D. Mate choice, sexual conflict, and evolution of senescence. **Behavioral Genetics**, v. 33, p. 191–201, 2003.

RAMOS, L.S. et al. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mirmecofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 231-237, 2003.

RAMOS, L.S. et al. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 139-146, 2004.

REMOLINA, S.C. et al. Senescence in the worker honey bee *Apis mellifera*. **Journal of Insect Physiology**, v. 53, p. 1027–1033, 2007.

ROFF, D.A. **The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis**. Chapman and Hall, New York, 535 pp., 1992.

RUEPPELL, O. et al. From genes to societies. **Science of Aging Knowledge Environment**, v. 2004, n. 5, p. 5, 2004.

SACKMANN, P.; RABINOVICH, M.; CORLEY, J.C. Successful removal of German yellowjackets (Hymenoptera: Vespidae) by toxic baiting. **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Comunicaciones Técnicas**, 2004.

SAKAGAMI, S.F.; FUKUDA, H. Life tables for worker honeybees. **Researches on Population Ecology**, v. 10, p. 127–139, 1968.

SCHILDER, K.; HEINZE, J.; HOLDOBLER, B. Colony structure and reproduction in the thelytokous parthenogenetic ant *Platythyrea punctata* (F. Smith) (Hymenoptera; Formicidae). **Insectes Sociaux**, v. 46, p. 150-158, 1999.

SCHMID-HEMPEL, P.; WOLF, T. Foraging effort and life span of workers in a social insect. **Journal of Animal Ecology**, v. 57, p. 509-521, 1988.

SCHNELLMAN, R.G.; MANNING, R.O. Perfluooctane sulfonamide: a structure novel uncoupler of oxidative phosphorylation. **Biophysica Acta**, v.1060, p.344-348, 1990.

SCHREMPF, A.; HEINZE, J.; CREMER, S. Sexual cooperation: mating increases longevity in ant queens. **Current Biology**, v. 15, p. 267–270, 2005.

STEARNS, S. C. **The evolution of life histories**. Oxford University Press, Oxford. 249 pp., 1992.

TOFOLO, V.C.; GIANNOTTI, E.; PIZANO, M.A. Foraging behavior and mortality of *Ectatomma brunneum* (Hymenoptera, Formicidae) in simultaneous exposure to ant baits and conventional diet in laboratory. **Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 599-612, 2010.

TSUJI, K.; NAKATA, K.; HEINZE, J. Lifespan and reproduction in a queenless ant. **Naturwissenschaften**, v. 83, p. 577-578, 1996.

WEIRICH, G.F.; COLLINS, A.M.; WILLIAMS, V.P. Antioxidant enzymes in the honey bee *Apis mellifera*. **Apidologie**, v. 33, p. 3–14, 2002.

WESTENDORP, R.G.J.; KIRKWOOD, T.B.L. Human longevity at the cost of reproductive success. **Nature**, v. 396, p. 743-746, 1998.

WILSON, E.O. **The insect societies**. The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 548pp., 1971.

YAMAUCHI, K. et al. Queen-queen competition by precocious male production in multi-queen ant colonies. **Current Biology**, v. 16, p. 2424–2427, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o passar dos anos as cidades vêm crescendo e ocupando as áreas naturais remanescentes. Na zona urbana, os poucos locais desocupados são caracterizados como terrenos baldios, que constantemente atuam como depósito de lixo ou sofrem queimadas. As espécies vegetais e animais que permanecem são aquelas que apresentam adaptações para viver em locais com tais condições, que para muitas seriam estressantes. *E. opaciventre* se adaptou bem a essas condições, pois sua distribuição espacial pouco foi alterada em comparação com a de ambientes preservados. O padrão dessa distribuição se enquadrou ao da maioria das espécies de formigas e sua condição polidômica fez com que grandes áreas fossem ocupadas por inúmeros ninhos satélites provenientes de um ninho central, no qual se encontra a rainha. A retirada dessa única rainha fez com que os demais ninhos desaparecessem do local um ano depois das coletas. Essa constatação, aliada aos resultados obtidos nas análises dos hidrocarbonetos cuticulares, possibilitaram a comprovação de sua condição polidômica.

A riqueza e abundância de presas em potencial em áreas degradadas parecem ser bem menores do que nas áreas preservadas, considerando a baixa quantidade e diversidade de presas capturadas por *E. opaciventre*. Embora as observações tenham sido restritas a um período do dia, esses resultados provavelmente pouco mudariam se o período fosse estendido para o ciclo diário de 24 horas, pois o número de espécies observado no local foi muito pequeno. Talvez no período da noite houvesse alguma mudança, uma vez que muitos insetos apresentam hábitos exclusivamente noturnos. Essa pobreza de recursos no local estudado parece ter influenciado o direcionamento das trilhas de forrageamento, de modo que as forrageadoras evitaram a sobreposição das áreas, em parte pela competição, mas muito provavelmente, pela dificuldade em se encontrar fontes alimentares em áreas já exploradas anteriormente por outras colônias.

O método de forrageamento utilizado pelas operárias de *E. opaciventre* (solitário com eventual facilitação social) fez com que as áreas exploradas não se distanciassem muito do ninho, gerando certa fidelidade espacial. As poucas forrageadoras vistas fora dos ninhos provavelmente são os indivíduos mais velhos, que acabam se expondo às condições abióticas muitas vezes onerosas fisiologicamente. A alta incidência solar do local faz com que haja maior probabilidade de dessecação dessas formigas, que permaneceram pouco tempo fora do ninho à procura de alimentos. Ao se depararem com as iscas formicidas, elas intensificaram suas atividades de coleta, o que demonstrou a elevada atratividade dos produtos usados ou a falta de alimento no local.

É necessário o investimento de milhões de dólares e muitos anos de pesquisa, experimentação e produção até que um agrotóxico chegue ao mercado. Inúmeras são as leis que regulamentam a comercialização e utilização desses produtos, que passam por um rigoroso processo de avaliação de diversos itens como o limite máximo recomendado, intervalo de segurança, meia-vida, toxicidade ambiental e seletividade. Esse último item diz respeito à propriedade de um determinado produto em matar a espécie-alvo, sem causar efeitos indesejados, como por exemplo, eliminar espécies não-alvo. No entanto, na prática, observou-se que diferentes espécies de formigas não-alvo foram atraídas para as fontes das iscas utilizadas e prontamente as transportaram em direção aos seus ninhos. Elas foram poupadas dos efeitos deletérios desses produtos, pois foram impedidas de entrar nos ninhos carregando tais iscas. Caso contrário poderia haver uma eliminação dessas colônias, o que seria indesejado, pois estas são raras no local e o efeito letal dos produtos já foi comprovado em laboratório. Esse efeito no campo ocorreria não somente sobre as populações de *E. opaciventre*, mas em toda a cadeia alimentar na qual estas formigas estão inseridas. Por serem controladoras naturais de populações de outros insetos, inclusive de outras formigas pragas e

não-alvos, a eliminação dessa espécie causaria um desequilíbrio nas demais populações, pois sabemos que, ao retirarmos um predador do ambiente, aumentamos a população de presas.

Nas três colônias observadas durante o período de maior atividade, as forrageadoras de *E. opaciventre* capturaram em média 0,5 presas/hora. Fazendo-se uma estimativa, pode-se dizer que uma colônia dessas formigas capturaria mais de 4.000 presas/ano, ressaltando seu papel de controladora de populações de insetos de solo. O impacto causado pela eliminação destas formigas em uma determinada área pela utilização de iscas formicidas seria muito grande, proporcionando o crescimento de outras populações de insetos, alguns deles considerados pragas agrícolas ou urbanas.

Dessa forma, a escassez de conhecimento sobre a biologia e ecologia básica das formigas faz com que os processos de regulamentação de produtos tóxicos, embora rigorosos, deixem a desejar em termos de eficiência e funcionalidade prática. A velocidade com que ocorre o desenvolvimento de novos produtos é infinitamente maior do que a das pesquisas biológicas, o que faz com que falhas no sistema apareçam, sendo a natureza a maior prejudicada.