UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DETERMINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS COLETIVAS DE FORRAGEAMENTO EM *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae)

RAPHAEL VACCHI TRAVAGLINI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP
Julho – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

DETERMINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS COLETIVAS DE FORRAGEAMENTO EM *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae)

RAPHAEL VACCHI TRAVAGLINI

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Forti

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP
Julho - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Travaglini, Raphael Vacchi, 1986-
T779d Determinação das estratégias coletivas de forrageamento em *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera, Formicidae) / Raphael Vacchi Travaglini. – Botucatu : [s.n.], 2014
ix, 83 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Luiz Carlos Forti
Inclui bibliografia

1. Formiga cortadeira - Comportamento. 2. Saúva (Formiga). 3. Inseto – Alimentos. I. Forti, Luiz Carlos. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"DETERMINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS COLETIVAS DE FORRAGEAMENTO EM *Atta sexdens rubropilosa* (HYMENOPTERA, FORMICIDAE)"**

ALUNO: RAPHAEL VACCHI TRAVAGLINI

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. LUIZ CARLOS FORTI

PROF. DR. AMARILDO PASINI

PROFA. DRA. ALDENISE ALVES MOREIRA

Data da Realização: 31 de julho de 2014.

OFEREÇO

Ao sentimento que constrói;

DEDICO

Ao próximo que se dedicar a estudar o tema.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida;

À toda minha família pelo apoio, em especial meus pais, Nilton e Rosana Travaglini, avós e irmão, sempre presentes;

À Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP/Botucatu - SP), em especial ao departamento e todos seus funcionários pela manutenção do programa de Proteção de Plantas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico , pela concessão da bolsa;

Ao orientador prof. Dr. Luiz Carlos Forti, por manter uma formidável criação de saúvas no Laboratório de Insetos Sociais Praga;

À todos os pesquisadores que participaram da minha formação nestes anos de aprendizado, em especial colegas de pós-graduação (Mariana Brugguer, Laís Cristina Silva, Paula Dias, Nádia Caldado, Roberto Camargo, Aldenise Moreira, Davi Generoso, Maria Bulgari, Sofia Bouchebite Vincent Fourcassié, Edypo Jacob),por momentos de discussão, diversão e ajuda em diversos trabalhos;

Ao ilustrador Natanael Nascimento, pela arte;

Aos moradores da República Monte Olimpo, em especial Rafael Ferraz, por me ceder teto e bons amigos, Tiago Alexandre e Bernardo Tonchinsky.

A todos que de alguma forma contribuíram desde a época de cursinho e graduação na Universidade Estadual de Londrina para esta conquista, em especial meus amigos da República Chinelo de Nega, Leandro Dri, Rodrigo Hoshino, Victor Hugo e Débora Zílio.

SUMÁRIO

Pagina
LISTA DE TABELA.....VII

LISTA DE FIGURAS.....VIII

LISTA DE FIGURAS.....IX

RESUMO.....1

SUMMARY.....2

1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....3

1.1 ASPECTOS GERAIS DAS FORMIGAS CORTADEIRAS.....3

1.2 ETAPAS DO FORRAGEAMENTO EM FORMIGAS CORTADEIRAS.....6

1.3 TEORIAS SOBRE O FORRAGEAMENTO.....10

2 REFERÊNCIA.....16

CAPITULO I - COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO EM FORMIGAS CORTADEIRAS: COMO AS OPERÁRIAS BUSCAM O ALIMENTO?.....26

RESUMO.....26

ABSTRACT.....27

1 INTRODUÇÃO.....28

2 MATERIAL E MÉTODOS.....29

3 RESULTADOS.....30

4 DISCUSSÃO.....30

5 REFERÊNCIA.....34

CAPITULO II – DINAMICA DE EXPLORAÇÃO DE NOVAS ÁREAS EM FORMIGAS CORTADEIRAS DO GENERO *Atta*.....38

RESUMO.....38

ABSTRACT.....39

SUMÁRIO

Pagina
1 INTRODUÇÃO.....40

2 MATERIAL E MÉTODOS.....41

3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....42

4 CONCLUSÃO.....44

5 REFERÊNCIA.....45

CAPITULO III - ATOS COMPORTAMENTAIS DURANTE FORRAGEAMENTO DE *Atta sexdens rubropilosa,* Forel, 1908.....47

RESUMO.....47

ABSTRACT.....47

1 INTRODUÇÃO.....48

2 MATERIAL E MÉTODO.....48

3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....49

4 CONCLUSÃO.....54

5 REFERENCIA 55

CAPITULO IV – FORRAGEAMENTO A CAMPO DE ISCAS ARTIFICIAIS OFERTADAS PARA *Atta sexdens rubropilosa* F. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE).....57

RESUMO.....57

ABSTRACT.....58

1 INTRODUÇÃO.....59

2 MATERIAL E MÉTODOS.....60

3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....63

4 CONCLUSÃO.....66

5 REFERENCIA.....67

ANEXOS 69

LISTA DE TABELAS

Pagina

CAPITULO III

Tabela 1. Atos, médias e porcentagem de operárias de *A. s. rubropilosa* observadas forrageando os substratos (MIPIS® e *Achalypha*) ofertados por duas horas no centro da arena.....51

CAPITULO IV

Tabela 1. Número de iscas restantes, que sobraram no ambiente após 24 horas de forrageamento de *A. sexdens rubropilosa*, no lado positivo (adiante do olheiro) e negativo (atrás do olheiro) e respectiva 64

LISTA DE FIGURAS

Pagina

CAPITULO I

Figura 1.Distância média pelas operárias de *Atta sexdens rubropilosa,* durante a busca do alimento, e no transporte da folha.....32

Figura 2.Tempo médio das operárias de *Atta sexdens rubropilosa,* durante a busca do alimento, com e sem substrato.....32

Figura 3. Velocidade média das operárias em metros/segundos de *Atta sexdens rubropilosa*, no trajeto de busca (ida) e no transporte do substrato (retorno).....33

Figura 4. Caixa de vidro conectada a colônia para testes de forrageamento no Laboratório de Insetos Sociais Praga-LISP.....33

CAPITULO II

Figura 1: a) Exploração dinâmica: relação entre o tempo (média, nove colônias) e a distância a partir da entrada do ninho, para cada repetição do experimento. b) A velocidade média ± SE em que formigas cruzaram. A área em cada repetição de cada experimento. As barras mesma letra não são significativamente diferentes (ANOVAR, p> 0,05)..... ..43

CAPITULO III

Figura 1, Porcentagem das médias em relação a cada ato comportamental realizado por operarias forrageiras de *A. s. rubropilosa* durante a observação no Laboratório de Insetos Sociais Praga.....51

Figura 2. Exploração dos substratos ofertados (MIPIS® e folha de *Achalypha*) por *A. s. rubropilosa*no centro da arena.....52

Figura 3. Cadeia de estímulos:Atos comportamentais de *A. s. rubropilosa*, durante o forrageamento na forma de diagrama.....52

Figura 4. Atos observados durante o forrageamento de *A. s. rubropilosa*, representando a cadeia de estímulos simplificada: a) Saindo do ninho e captando informações do ambiente, b) Limpando antenas, c) Caminhando tateando a superfície até tocar o substrato, d) Efetuando o corte, e) Transportando o fragmento vegetal e f) Aguardando o próximo estímulo. Ilustração: Natanael Nascimento.....53

LISTA DE FIGURAS

Pagina

CAPITULO IV

Figura 1. Colônias de *A. s. rubropilosa*, mantidas sob temperatura e umidade controlada, no Laboratório de Insetos Sociais Praga, por um ano, contendo aproximadamente um litro de jardim de fungo, lixo e arena de alimentação para testes.....61

Figura 2. Posição da colônia conectada a meio metro de mangueiracom80 pontos de distribuição dos 20 fragmentos de iscas, equidistantes 0,5m.Adiante da colônia (seta) encontra-se o setor positivo, no lado oposto o negativo.....61

Figura 3. Área delimitada no experimento, com 20 fragmentos de canudinhos distribuídos em 80 pontos eqüidistantes 0,5m em uma área de 25m² (5 x 5 m.) para observação do forrageamento de operárias de *A. s. rubropilosa* na primeira hora (visitação dos pontos) e após 24 horas (área forrageada com transporte de iscas).....62

Figura 4. Olheiro com as iscas devolvidas após 24h,mangueira de um metro simulando túnel e olheiro de saída e iscas confeccionadas e embaladas para transporte no Laboratório de Insetos Sociais Praga.....62

Figura 5, número de iscas que sobraram no setor positivo e negativo nas respectivas repetições.....64

Figura 6. Croqui do número de visitas totais, recebidas na primeira hora de cada repetição, em cada ponto de distribuição de isca, após as quinze repetições das cinco colonias de *A. s. rubropilosa* levadas a campo.....65

Figura 7. Número de visitas totais das operárias forrageiras de *A. s. rubropilosa*, recebidas na primeira hora de cada repetição, nas distancias de 0,5, 1, 1,5 e 2 metros, após quinze repetições, respectivamente 100, 107, 64 e 30.....65

DETERMINAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS COLETIVAS DE FORRAGEAMENTO EM *Atta sexdens rubropilosa* (Hyminoptera, Formicidae) Botucatu, 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Planta) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: RAPHAEL VACCHI TRAVAGLINI
Orientador: LUIZ CARLOS FORTI

RESUMO

As formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* são conhecidas como formigas cortadeiras e mantém uma associação simbiótica com o fungo do qual se alimentam. Em um agrossistema com alta densidade de ninhos, estas desfolhadoras podem causar danos de importância econômica, cortando plantas e prejudicando a brotação em diversas culturas. O estudo de sua atividade faz-se necessário para melhor compreensão de seus hábitos de forrageamento, importante para o futuro controle das colônias. Assim, o objetivo deste trabalho foi obter informações a respeito das atividades individuais e coletivas do forrageamento durante a fase de busca pelo substrato, abordando aspectos de trajetória das operárias, exploração do território e controle racional das colônias. Para isso, foram realizados testes em laboratório utilizando-se colônias de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 mantidas em um dispositivo artificial por um ano, estas eram soltas em uma caixa de vidro contendo substrato numa primeira situação para avaliar a trajetória de busca e transporte do substrato e posteriormente na mesma área porém limpa, a limpeza foi realizada sempre com acetona, para avaliar o tempo de exploração entre a primeira e demais repetições numa mesma colônia, também realizou-se teste a campo, com iscas artificiais de alta atratividade, numa área delimitada, onde a colônia oriunda do laboratório forrageava por 24 horas. Os dados obtidos foram que na busca por substrato o trajeto é maior que no transporte para a colônia, a primeira exploração demanda mais tempo que as demais realizadas na mesma área e que as iscas encontradas após exploração da escoteira, esta relacionada à distância que estas se encontram das trilhas e dos orifícios.

Palavras chave: Escoteira, comportamento, formiga cortadeira.

DETERMINATION OF STRATEGIES IN COLLECTIVE FORAGING *Atta sexdens rubropilosa* (Hyminoptera, Formicidae) Botucatu, 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RAPHAEL VACCHI TRAVAGLINI
Advisor: LUIZ CARLOS FORTI

SUMMARY

Ants of *Atta* and *Acromyrmex* genus known as leaf-cutting ants keeps a symbiotic association with the fungus which they feed. In agrosystems with high density of nests these defoliators can cause economic damages by cutting plants and harming sprouting in different cultures. Studies of leaf cutting ants routine are extremely necessary for better understanding their foraging habits and also important for future control of these colonies. Therefore, the aim of this study was to obtain information about the individual and collective activities of leaf-cutting ants foraging during the search for substrate, approaching issues like workers path, territory exploration and clever control of the colonies. Tests were taken in laboratory using colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 kept in an artificial device for a year, these were loose in a glass box containing substrate in a first situation to assess the trajectory search and transport of the substrate and later in the same area but clean, housekeeping was always performed with acetone, to assess the exploration time between the first and remaining repetitions in the same colony, also held the test field with artificial baits highly attractive, in a delimited area, where the colony originated from the laboratory to foraging for 24 hours. The data were obtained in that search for the substrate path is greater than the transportation to the colony, the first exploration requires more time than the others performed in the same area and the baits found after exploration of Scout, is related to the distance that these are the trails and holes.

Keyword: Scout, behavior, cutting ant.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Aspectos gerais das formigas cortadeiras

Insetos pertencentes à ordem Hymenoptera, família Formicidae, subfamília Myrmicinae e tribo Attini, as formigas cortadeiras são conhecidas por representarem uma relação mutualística com o fungo simbionte, que é cultivado essencialmente como fonte de alimento (HOLLDOBLER; WILSON, 1990; MEHDIABADI; SCHULTZ,2005). O surgimento dessa relação, datando de aproximadamente 50 milhões de anos atrás, mostrando uma co-evolução complexa, sendo a evolução mais importante da tribo (CHERRETT, 1989, HOLLDOBLER; WILSON, 1990). São descritas 40 espécies dentro de dois gêneros, *Atta* e *Acromyrmex*, associadas intimamente a fungos dos gêneros *Leucoagaricus*e *Leucocuprinus* (MUELLER et al., 2001).

As espécies do gênero *Atta*, popularmente chamada saúva, têm como característica taxonômica três pares de espinhos dorsais e são geralmente maiores em relação à *Acromyrmex,* vulgarmente conhecidas como quenquéns, sendo que no aspecto ecológico, comportamental são semelhantes. (DELLA-LUCIA, 1993). Para a identificação dentro do gênero, são válidas as características morfológicas das operárias (MARICONI, 1970; GONÇALVES, 1982). Atualmente são reconhecidas dez espécies de *Atta* que ocorrem nas regiões brasileiras e outras cinco nas demais regiões da América (DELLA-LUCIA, 2003, HOLLDOBLER; WILSON, 1990). Destaque para *Atta sexdens, que* agrupa *A. sexdens rubropilosa,* juntamente com *A. sexdens sexdens*, e *A. sexdens priventris*, diferenciadas de outras espécies de *Atta.* por possuírem a cabeça opaca e rugosa, e liberarem aroma

semelhante ao citral, quando contraída a cápsula cefálica, sendo conhecidas como saúvas-limão.

Amplamente distribuídas pelas Américas, são consideradas herbívoros dominantes, forrageando diversas espécies de plantas (HOLLDOBLER; WILSON, 1990). Quando em equilíbrio com o ambiente são tidas como engenheiras do solo, seus ninhos, subterrâneos, aumentam a fertilidade e permeabilidade do solo, trazendo grandes benefícios, acumulando matéria orgânica, estes agentes dispersores de sementes, remodelam o cenários florestal, atraindo atenção para estudos de características biológicas e comportamentais (MONTOYA-LERMA et al., 2012).

Além da importância ambiental, as formigas cortadeiras são também muito estudadas devido ao alto impacto nas atividades agrícolas de países americanos, são facilmente encontradas no Brasil, Argentina, Colômbia e Venezuela, onde tornaram-se pragas-chave de diversas culturas florestais (DELLA-LUCIA, 1993). Oliveira (1996) mostra, por exemplo, uma perda de 13% de volume de madeira em *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) devido ao desfolhamento realizado por formigas do gênero *Atta* no Brasil. Estratégias de controle químico, com uso de iscas granuladas, são bem sucedidos, já o controle biológico, mecânico e cultural, alternativas amplamente propostas, não atingem tamanha eficiência (BOARETTO; FORTI, 1997).

A arquitetura do ninho é complexa, funcionalmente dividida em quatro tipos de câmaras, denominadas, viva, contendo jardim de fungo, de lixo, para deposição de resíduos, câmaras vazias e de terra (MARICONI, 1970). Composta por tuneis e galerias, que, juntamente com os olheiros, permitem um sistema de ventilação eficiente (MOREIRA et al., 2010). A câmara inicial, fundada nos primeiros centímetros do solo pela rainha fecundada, é ampliada posteriormente pelas operárias, os ninhos podem conter de dezenas a centenas de compartimentos, externamente fáceis de serem visualizados pelo monte de terra solta acumulada, utilizados dentre outras características para identificação da espécie (WEBER, 1966; HOLLDOBLER; WILSON, 1990; DELLA-LUCIA, 1993). Quando colônias superam os três anos, ocorre a primeira revoada, onde as rainhas e os machos que constituem as castas reprodutivas, temporariamente aladas, se reproduzem no início da estação chuvosa quando em condições climáticas favoráveis (BENTO, 1993, HOLLDOBLER; WILSON, 1990), o número total de indivíduos de uma colônia adulta de *Atta* spp. pode chegar a milhões (FOWLER et al., 1986).

O termo eusocial é conferido aos animais que compartilham três características: sobreposição de gerações em um mesmo ninho, cuidado cooperativo com a prole e uma divisão de trabalho. Como exemplo, podem ser citados todas as formigas, indivíduos dentro uma casta (ou subcasta) freqüentemente diferem comportamentalmente ou desempenha diferentes tarefas em tempos diferentes da sua vida(WILSON, 1985).

Em linhas gerais, pelo tamanho das colônias e heterogeneidade de tarefas são necessárias operárias de tamanhos variados (MARICONI, 1970, WILSON 1980). Indivíduos dentro de uma casta especializam-se em certas tarefas durante suas vidas, esta divisão de trabalho, principalmente durante ação de forrageio é característica de insetos sociais. Essa determinação é baseada em medidas alométricas, sendo as castas paralelamente classificadas também por padrões comportamentais (i.e. polietismo) (WILSON, 1980).

As operárias são classificadas em quatro diferentes grupos: jardineiras, que cuidam do fungo e da prole; generalistas, empenhadas em diversas atividades, como incorporação do substrato nas hifas e cuidados com a rainha; forrageadoras, indivíduos que exploram, cortam e coletam a vegetação; e soldados, que protegem o ninho contra invasores (WILSON, 1980; DELLA-LUCIA, 1993).

Os indivíduos podem transitar entre a execução de diferentes tarefas, de forma que a composição dos grupos de formigas que executam uma dada tarefa possa ser dinâmica. Enquanto algumas tarefas são mais restritas que grupos de formigas específicos, outras são amplamente variáveis segundo, por exemplo, a demanda pela execução. Além disso, a forma segundo o qual os indivíduos transitam entre tarefas diferentes é descentralizada, pois não há uma organização central responsável por determinar individualmente o engajamento das operárias, acredita-se que o que mais importa é a vivencia (GORDON, 1995). Operárias executando tarefas especificas num dado momento, é uma consequência da interação espacial e temporal entre indivíduos decidindo pela execução de uma ou outra tarefa num contexto especifico (GORDON, 2002). Influenciados por diversos fatores, entre eles o ambiente (PACELA et al., 1996)

Indivíduos que devem decidir se saem para forragear o fazem não somente com base nas suas necessidades nutricionais, mas também baseados nas necessidades de vários outros companheiros de ninho, assim, trocam informações sobre suas necessidades de modo a permitir a construção de um quadro geral das necessidades coloniais. Ao sincronizar a atividade de muitos indivíduos as informações circulam rapidamente, com maior precisão,

maximizando a inatividadee consequentemente a conservação de energia (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Padrões temporais organizados através de processos oscilatórios podem aparecer em contextos muito diversos e podem ter períodos de poucos segundos a horas e até dias ou semanas (DETRAIN; DENEBOURG, 2008). Estudos recentes indicam que consideram a atividade como um movimento único, de qualquer tipo dentro da colônia, indica que a atividade das operárias não é constante nem aleatória, mas ocorre em oscilações periódicas: uma operárias torna-se ativa e a onda de atividade atinge as companheiras de ninho vizinhas até desaparecer gradualmente (COLE, 1991; BOI et al., 1999)

De uma forma geral, ao longo do tempo o foco dos estudos da compreensão da divisão do trabalho em comunidades de formigas se modificou (BESHERS; FEWELL, 2001), passando dos aspectos mais amplos como idade dos indivíduos (polietismo), a distribuição espacial e demanda das tarefas no caso do modelo de forrageamento por trabalho (TOFTS; FRANKS, 1992), para aspectos mais individuais de decisão e resposta, como por exemplo, no modelo de respostas individuais baseadas em limiares fixos e variáveis (BONABEAU et al., 1997).

A vida nem sempre é harmoniosa na colônia, interesses próprios chegam a gerar conflitos (KELLER;CHAPUISAT, 1999). Em *Atta sexdens* um grande número de tarefas evita competição entre os indivíduos, sendo a sensibilidade a mudanças dentro de um sistema de trabalho estruturado, importante para a organização social (ROBINSON, 1992).

Uma mesma operária pode desempenhar várias funções no decorrer de sua vida como, ser escoteira, cortadeira e carregadeira. Em ninhos jovens de campo de *A. sexdens rubropilosa* as operárias também efetuam mais de um tipo de atividade, comprovando que no campo as operárias também não podem ser enquadradas em categorias, diferindo do que foi observado por Jaffé e Howse (1979). Através de um repertório comportamental individual relativamente simples, operárias especializadas em um conjunto restrito de atos comportamentais, cooperam e trabalham juntas para a conclusão de uma determinada tarefa (ANDERSON, 2001).

1.2 Etapas do forrageamento em formigas cortadeiras

LUTZ (1929), realiza trabalhos pioneiros quanto à caracterização de castas forrageadoras em relação a sua eficiência, em estudos com *Atta cephalotes* (Linneus) no

Panamá, quantificando as relações entre carga e transporte, além de observações de comportamento da trilha. AUTUORI (1941), publica a primeira parte de seus estudos sobre biologia das saúvas, um dos mais importantes trabalhos realizados na área. Em 1950, o mesmo autor publica outra importante parte do seu "Notas para o conhecimento das Saúvas". Nos trabalhos específicos de padrões de forrageio temos FORTI et al., (1984) e SHOEREDER, (1985) para *A. s. rubropilosa* em trabalhos de campo. Nos estudos realizados sobre formiga aproximadamente 7% apresentam forrageamento como palavra chave, por (PORTER, 1995) *apoud* (SCHLINDWEIN, 1991)

Em 1959, identificou-se a glândula responsável pela produção do feromônio de marcação das trilhas. Posteriormente, a formação de trilha foi descrita como um processo baseado em retroalimentação positiva para o forrageamento em massa (WILSON, 1962), em que uma formiga, ao encontrar uma fonte de alimento, retorna à colônia marcando a trilha com feromônio, e recruta mais formigas ao chegar ao ninho. Essas formigas recrutadas seguiriam a trilha de feromonio deixada pela recrutadora (Escoteira) até a fonte de alimento e, ao retornarem, também marcariam a trilha.

Forrageamento em formigas cortadeiras é um processo complexo em que os elementos individuais e sociais interagem para determinar o substrato coletado (ROCES;HÖLLDOBLER, 1994) Durante o forrageamento integra-se as ações individuais e coletivas (TRANIELLO, 1989) dependendo do número de indivíduos engajados em tarefas similares (HERBERS; CHOINIERE, 1996) podem ser especializadas comportamental, fisiológica ou morfologicamente, a exemplo do polimorfismo (OSTER; WILSON, 1978)

Em geral assume-se que 10% das operárias de uma colônia estejam engajadas em atividades diretamente relacionadas ao forrageamento enquanto os demais indivíduos podem estar desempenhando outras funções relacionadas ao ninho, ao cuidado com a prole, ou ainda podem estar inativos (DORNHAUS, 2008).

O forrageamentoé efetuado por meio de trilhas químicas e físicas bem marcadas (WEBER, 1972; LEWIS et al., 1974; FOWLER; STILES, 1980; FORTI, 1985), essa atividade inclui a seleção, corte e transporte do material vegetal para o ninho (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993). Dentro do ninho esse material é processado e posteriormente o substrato é incorporado no jardim de fungo.

Os indivíduos podem obter informações sobre os alimentos e localização, simplesmente observando o comportamento das forrageiras de sucesso (BARTA; GIRALDEAU, 2001). A procura e coleta de um recurso alimentar correspondem a uma

seqüência comportamental característica, ou seja, há um padrão. Existem alguns fatores que podem influenciar a escolha do alimento pela formiga, como por exemplo, a cor, forma, palatabilidade e odor.

Assim que termina o forrageamento, as operárias que retornam para o ninho não reforçam a trilha (VILELAet al., 1987). Todos os indivíduos de uma colônia de formigas compartilham o alimento que é levado para o ninho, mas nem todos os indivíduos saem para buscá-lo. As operárias forrageadoras que executam essa tarefa, freqüentemente são as mais velhas e de maior tamanho (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990), sendo as pioneiras denominadas escoteiras.

A atividade de forrageamento envolve características espécie- específicas aprimoradas no processo evolutivo, resultando na ampla distribuição desse gênero em regiões neotropicais.

A forma com que as colônias exploram os recursos disponíveis no seu habitat apresenta diferenças interespecíficas e intraespecíficas (WETERRER, 1998), dificultando o entendimento da ecologia desses insetos. A formiga *Atta sexdens*L., por exemplo, muda o tamanho do seu território de forragem de acordo com a sazonalidade do local (FOWLER; ROBINSON, 1979).

Segundo Hölldobler e Wilson (1990), cada espécie possui o seu horário de forrageamento, e quanto maior a distância percorrida pela formiga do ninho ao recurso alimentar, mais seletiva ela deverá ser na escolha do alimento.

Para a espécie de formiga *Atta sexdens rubropilosa* a distância do ninho ao recurso pode ser o fator mais importante para a atividade de corte constatou-se que plantas de maior preferência e mais distantes foram cortadas com menor intensidade do que plantas com menor preferência e mais próximas do ninho e dos olheiros (SCHLINDWEIN, 2004). Os ninhos dessa espécie são construídos em locais sombreados. A umidade dentro do ninho é maior ou igual a 90%, e a temperatura média de 25°C. Essas condições microclimáticas são ideais para o cultivo do fungo *Leucoagaricus* spp. e criação dos ovos, larvas e juvenis (VAN GILS;VANDERWOUDE, 2012).

As variações do ritmo, observadas no momento do forrageamento, parecem ser influenciadas inquestionavelmente por fatores fisiológicos e até mesmo por necessidades de força de trabalho no interior da colônia (FARJI- BRENER, 2000). As espécies *Atta colombica* e *Atta cephalotes* têm forrageamento predominantemente noturno durante a estação seca e diurno durante a estação chuvosa (ROCKWOOD, 1976).

No caso do gênero *Atta*, estudos individuais e coletivos, tornam-se complexos quando abordamos o forrageamento (JAFFE; HOWSE, 1979). Fatores ambientais, assim como o senso comum da colônia, vão influenciar na tomada das atividades (GORDON, 2002).

Na literatura encontram-se informações a respeito do comprimento máximo de trilhas para diferentes espécies de *Atta*, sendo os valores mais impressionantes verificados para *Atta cephalotes*, onde uma única trilha física pode exceder 200m (LEWIS, 1974) e *Atta colombica*, onde as trilhas físicas chegam a 300m de comprimento (WEBER, 1972).

As formigas cortadeiras tem o costume de delimitar o espaço a ser forrageado, sendo que a área compreendida por esses territórios inclui grande heterogeneidade quanto a relevo e vegetação, sendo útil para proteger o substrato de interesse da concorrência gerada por colônias vizinhas, num período em dado território (FOWLER; STILES, 1980). As trilhas construídas propiciam tal proteção dos recursos, que por sua vez, levam a construção de trilhas físicas quando prognosticáveis, ou trilhas químicas quando efêmeros(CARROL; JANZEN, 1973).

A presença de redes de forrageamento que controlam o fluxo de recursos e de informações é onipresente em sistemas naturais (COUZIN; FRANKS, 2003).

O comprimento das trilhas esta relacionado com a idade da colônia, quanto mais velha a colônia mais longa a trilha e mais distante estão os olheiros pertencentes ao formigueiro (FORTI; BOARETO, 1997, GARCIA et al. 2003). Ao que tudo indica as trilhas bem marcadas fisicamente são usadas para explorar os recursos mais duráveis, enquanto as efêmeras, em inicio de atividade, exploram recursos de curta duração, como um MIPIS. Estudos de interação de trilhas física e química ainda não esta bem elucidada (WIRTH et al., 2003).

Embora fosse aceito que um dos fatores que garantissem a persistência de trilhas físicas fosse o alto custo energético despendido para construção das mesmas, recentemente foi proposto que os gastos para construção e manutenção de trilhas físicas são relativamente baixos considerando-se a força operária disponível e as taxas de coleta de recursos em uma colônia adulta de *Atta* (HOWARD,2001).

As formigas cortadeiras constroem trilhas de forrageamento persistentes (até 300 m de comprimento) livres de detritos para forrageiras dirigirem-se através da serapilheira na busca por alimento e para facilitar o transporte de fragmentos de folhas ao ninho (HOWARD 2001; KOST et al. 2005).

Entretanto, informações sobre a largura das trilhas são escassas e os dados variam bastante entre as espécies. Para *Atta colombica* a largura das trilhas físicas pode atingir 30 cm (WEBER, 1972; FOWLER; ROBINSON, 1979), já para *Atta bisphaerica* a largura varia entre 3-5 cm (MARICONI et al., 1963).

Segundo Fowler e Robinson (1979), não há formação de trilhas em temperaturas acima de 30°C e abaixo de 10°C nos estudos de estratégias de forrageamento de *A. Sexdens.*

No nível individual, pode ser fatal para uma operária minor perder a trilha, enquanto um soldado, com a sua maior faixa de exploração, pode encontrar o seu caminho de volta para a trilha. As grandes operárias são as que buscam alimentação adequada nas plantas, estas também devem apresentar vantagem para o cultivo do fungo. As diferentes respostas de pequenas e grandes operárias nas trilhas incipientes, podem levar a uma distribuição mais precisa de pequenos trabalhadores para tarefas diferentes ao longo da trilha (SALZEMANN; JAFFE , 1991; WHITEHOUSE; JAFFE , 1996).

1.3 Teorias sobre o forrageamento

Simas (2004) cita que há diversas teorias à respeito do comportamento forrageiro em formigas cortadeiras ou indiretamente aplicáveis a elas. Citando:"discriminação dualística" de; "não preferência, antibiose e tolerância"; “dieta ótima"; Além das que se referem as formigas e sua interação com metabólitos secundários, tais como: "modelo de conservação"; "manchas palatáveis" e "condicionamento do meio". Dentre o grande número de discussões assumem-se duas das teorias mais aceitas:

As formigas geralmente apresentam ninhos espacialmente fixos, assim a coleta de recursos pode ser através da estratégia chamada de forrageamento central em que o material coletado em uma área pode ser transportado e armazenado em outro local, como por exemplo, no ninho (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Neste caso, as formigas forrageadoras se deslocariam a uma longa distância do ninho para obtenção do recurso alimentar e seriam mais seletivas em relação à qualidade e quantidade do recurso recolhido, ou seja, investiriam no ganho energético do recurso adquirido pelo tempo do percurso (DETRAIN, 2000, ENDRINGER, 2011).

Na teoria do “forrageamento ótimo”, onde se espera que o indivíduo entregue à colônia a taxa máxima de energia por unidade de tempo (FOWLER; STILES, 1980; ROCKWOOD; HUBBELL, 1987). No entanto, estudos baseados na seleção de carga pelas

operárias forrageiras contradizem as predições respaldadas nas taxas individuais de coleta de recursos (ROCES; NÚÑEZ, 1993).

A teoria alternativa ao "forrageamento ótimo" é conhecida como "hipótese da transferência de informação".Embasada no recrutamento, essa hipótese sugere que a comunicação sobre uma nova fonte alimentar descoberta motivaria as operárias recrutadas a diminuir seu próprio comportamento de corte, transportando fragmentos vegetais menores, ou até mesmo nenhuma carga, assim ela retornaria ao ninho mais rapidamente e recrutariam mais companheiras para o forrageamento. Consequentemente, elevaria as taxas globais de aporte de recursos à colônia.(ROCES; NUÑEZ ,1993).

De fato o forrageamento em formigas cortadeiras apresenta inúmeros aspectos, cujas variações permitem demonstrar intricados ajustes comportamentais às mudanças ambientais e as necessidades prementes da colônia. Tal flexibilidade se deve em grande parte ao contato social entre os indivíduos envolvidos nesta atividade resultando em processos auto-organizáveis de reajuste estratégicos.

Em estudo com *Atta sexdens* houve maior forrageamento em maio, junho e julho (GARCIA, 1997). Forti (1985), verificou que em meses mais frios e secos, as trilhas de *A. capiguara* são mais numerosas. Segundo Vasconcelos & Fowler (1990), a atividade forrageira pode ser reassumida numa trilha, diversos meses ou anos após a paralisação da coleta, pois os sinais visíveis nessa trilha física auxiliam no processo. A atividade forrageira das saúvas é cíclica e setorial, aparentando concentrar-se em diversos pontos denominados "manchas", durante as várias estações do ano (GARCIA, 1998). Para Forti, (1985) "mancha é uma agregação de itens de alimento", sendo que o "habitat é o agrupamento de manchas". Segundo GARCIA (1998) "a hipótese de que as operárias forrageiam a grandes distâncias porque há recursos pobres em qualidade próximos ao ninho, não justificaria a freqüência de forrageamento a várias distâncias, no território das colônias"*apout* (SIMAS, 2004).

A familiarização de operárias jovens com os recursos altamente palatáveis, aumenta a chance de encontro dos recursos previamente explorados, tornando-se disponíveis novamente (FOWLER; STILES, 1980). A espécie *A. s. rubropilosa* apresentou alta fidelidade nas trilhas aos recursos (SCHILINDWEIN, 1991).

A exploração do ambiente em busca de recursos disponíveis é executada pelas escoteiras, que selecionam as fontes de recursos encontradas durante o forrageamento. A seleção do material vegetal pela escoteira pode envolver diversos fatores relacionados ao substrato vegetal, aos aspectos coletivos e necessidades nutricionais da colônia e a

localização da fonte de recursos em relação ao ninho (HÖLLDOBLER, 1976; TRANIELO, 1989). Um simples e breve encontro com uma companheira de ninho é capaz de influenciar na alocação de tarefas entre operárias (GREENE; GORDON, 2003).

Por definição, a escoteira é o indivíduo que inicia a busca por fontes desconhecidas de recursos sem utilizar-se de quaisquer informações comunicadas por outros indivíduos da colônia. A escoteira segue uma sequência comportamental simplificada em quatro etapas: procura por novas fontes de recurso; após a localização dos recursos, retorno ao ninho estabelecendo a menor rota possível a fim de recrutar forrageiras diretamente; retorno a fonte de recursos juntamente com outras operárias já recrutadas; retorno ao ninho dessa vez portando a carga de recursos coletados. Durante o recrutamento em massa, verificado para formigas cortadeiras, ocorre uma amplificação do sinal de descoberta da fonte alimentar, à medida que as operárias recrutadas participam da remarcação e manutenção das trilhas químicas reforçando sua atratividade e aumentando o número de operárias recrutadas (JAFFÉ & DENEUBOURG, 1992).

O recrutamento alimentar pode então ser entendido como um processo controlado pelo comportamento da escoteira (DE BISEAU & PASTEELS, 2000), envolvendo a tomada de decisão das operárias que podem ser influenciadas pelas interações com outras operárias e por diferenças inter-individuais de resposta aos estímulos. Além disso, colônias continuamente afinam seu esforço de forrageamento em função de localização, qualidade e abundância de recursos (LITTLEDYKE; CHERRETT 1978; ROCKWOOD 1976; JAFFÉ; HOWSE 1979), em acordo com a experiência prévia das escoteiras (ROCES, 1994, 2002) e da experiência das forrageiras integrada as informações transmitidas pela escoteira (LOPES et al, 2004).

O recrutamento em massa através de trilhas químicas é um exemplo de processo auto-organizável, quanto mais formigas são recrutadas, mais intensa a marcação feromonal e, consequentemente, maior o estímulo para que novas formigas passem a seguir a trilha química, com a não marcação, ocorre a volatilização do feromônio diminuindo o estimulo(TOLEDO, 2013).

Especialmente em formigas, diversos mecanismos são utilizados para reunir indivíduos em torno do objetivo comum da coleta de recursos para a colônia (JAFFÉ; HOWSE, 1979).

A relação entre o individual e o grupo é determinada como arcabouço nas sociedades de formigas (BURD, 2000). A integração de decisões coletivas e individuais confere um

alto grau de flexibilidade comportamental às operárias envolvidas no forrageamento. Decisões em nível individual são baseadas em processos cognitivos, os quais podem ser relativamente simples ou ter um alto grau de sofisticação (MENZEL; GIURFA 2006; GIURFA, 2007). Já decisões coletivas podem emergir de processos auto-organizáveis, por meio do compartilhamento de informações locais ou parciais entre indivíduos que se comunicam direta ou indiretamente (BONABEAUet al., 1997).

As formigas cortadeiras mostram comportamento territorial para defender recursos, empregando secreções da glândula de Dufour como um marcador territorial ao longo da trilha tronco (SALZEMANNet al. , 1992). Assim, os trabalhadores encontram uma grande variedade de sinais de comunicação ao longo do complexo de trilhas. Feromonios produzidos em glândulas, diferentes possuem funções diferentes, (MORGANet al.,2003).

Em ambiente natural exploram o chão da floresta fora das trilhas e precisam voltar corretamente, orientando-se no sistema de trilhas (FARJI – BRENER; SIERRA, 1998). Formigas cortadeiras não mostram evidências do uso de polaridade em sua trilha feromônios para orientação (VILELA et al.1987), já o contato entre operárias carregadas pode permitir a escolher a direção apropriada entre ninho e a fonte alimentar, interação do individuo com demais companheiros, geram prioridade de passagem entre formigas em sentidos diferentes (DUSSUTOUR et al., 2009), também existe entre elas a capacidade individual de memorizar e solucionar conflitos de marcação feromonal (CZACZKES et al., 2011 GRUTER et al., 2011).

As forrageadoras, ao viajarem na mesma direção, tendem a cobrir uma região em forma de leque a partir do ninho. A região pode ser irregular na forma e com frequência torna-se alongada à medida que a área próxima do ninho se esgota (GORDON,1995). Segundo Fourcassié e Oliveira (2002), essa fidelidade espacial pode ser restringida pelo custo de estar perdida quando as operárias perambulam fora de seu setor familiar. Cada direção de forrageio não esta associada apenas com distribuição de recompensa, mas, com uma probabilidade de encontrar um item alimentar (BUCHKREMER; REINHOLD, 2008).

As operárias são condicionadas a informação das espécies de plantas transportados pelas escoteiras e usam isso como sugestão ao decidir qual substrato deverão ser recolhidos. (LOPES, et al 2004).

Cinco hipóteses para explicar a preferência ou não de plantas pelas formigas cortadeiras são apresentadas: A primeira está relacionada com a presença ou ausência de compostos tóxicos às formigas ou ao fungo simbionte. A segunda está relacionada a

compostos secundários que diminuem a digestibilidade do material vegetal. A terceira prioriza as necessidades nutricionais específicas do fungo e das formigas. A quarta hipótese associa às propriedades físicas ou mecânicas das plantas, principalmente no corte das folhas jovens em relação às velhas. A quinta refere-se ao teor de umidade,ou seja, quantidade de água nos vegetais, também envolvido na seletividade (DELLA LUCIA; OLIVEIRA, 1993).

Roces e Hölldobler (1994), observaram que a velocidade do corte depende de aspectos físicos característicos das folhas, isto é, operárias forrageiam mais lentamente sobre folhas mais duras do que folhas tenras. A velocidade no recrutamento e transporte oscila quanto a qualidade do alimento, sendo as cargas de maior qualidade transportadas mais rápidas que as de menor qualidade (ROCES; NÚNEZ, 1993).

Herzet al., (2008) relata a reação de rejeição aprendida por operárias forrageadoras e mediadas pelo fungo simbionte, uma vez que folhas de três espécies vegetais foram submergidas previamente em fungicida e ofertadas para *Acromyrmex Lundi*, o comportamento de rejeição ocorreu 10horas após.

A etapa de transporte do material parece ser a mais influenciada pelo microclima (CHERRETT, 1972; FOWLER; ROBISON, 1979). Viana et al., 2004 relata o peso seco em dias ensolarado maior que nos dias chuvosos.

Analisando o terreno, ou seja, o local de passagem das trilhas pode dificultar o transporte das cargas levando a um ajuste no tamanho desta (DUSSUTOUR et al.,2009). Em *Acromyrmex subterraneus subterraneus*, a velocidade de transporte da carga independe do tamanho da operária e do tamanho da área foliar, estando este diretamente relacionado com a temperatura (GOMIDES et al., 1997). Sendo o corte e transporte tarefa das operárias medianas e raramente das maiores. Acredita-se que as operarias mínimas presentes na trilha de *Atta* participem da manutenção dos feromônios de trilha.

A capacidade de mudança no comportamento de forrageamento de *A. sexdens rubropilosa* em relação à distribuição do alimento já foi comprovada. Sousa-Souto et al., (2008) mostram que o comportamento de trilha dessa formiga só é evidente quando o recurso alimentar se encontra concentrado; quando o alimento está disperso, as trilhas não são formadas.

Durante a atividade de forrageamento as formigas utilizam estratégias para encontrar e utilizar fontes energéticas de nutrientes. Isso resulta na interação de comportamentos individuais das operárias e na construção de trilhas de exploração pela colônia (SCHLINDWEIN, 2004).

Este trabalho objetiva compreender o deslocamento das operárias forrageiras afim de detalhar os atos comportamentais e a cadeia de estímulo que levam a formiga escoteira a encontrar o substrato que será transportado para a colônia.

2 REFERÊNCIAS:

ANDERSON, C.; FRANKS, N. R.; MCSHEA, D. W. 2001.The complexity and hierarchical structure of tasks in insect societies. **Animal Behaviour,** 62: 643–651.

BARTA,Z.;GIRALDEAU, L.A.2001.Breeding colonies as information centers: a reappraisal of information-basead hypotheses using the producer-scrounger game.**Behav. Ecol.** 12:121-127.

BENTO, J.M.S. **Condições climáticas para o vôo nupcial e reconhecimento dos indivíduos em *Atta sexdensrubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae).** 98 p.Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

BESHERS, SN. & FEWELL, JH. (2001). Models of Division of Labor in Social Insects. **Annu**. **Rev. Entomol.** 46: 413-440. DOI: 10.1146/annurev.ento.46.1.413

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

BOI, S., I. COUZIN, N. DEL-BUONO, N. R. FRANKS, AND N. BRITTON.1999**.Co**upled oscillators and activity waves in ant colonies.**Proc. R. Soc. Lond.** B1417:371 –378

BONABEAU,E.; THERAULAZ, G.; DEBEUBOURG, J.L.; ARON,S.;CAMAZINE, S. Self-organization in social insects. **Trends in Ecology&Evolution,** v.12,n.5,p.188-193,1997.

BUCHKREMER, E.M.; REINHOLD, K. 2008.Sector fidelity – an advantageous foraging behavior resulting from a heuristic search strategy**. Behav. Ecol**. 19: 984-989.

BURD, M. 2000. Foraging behavior of *Atta cephalotes* (leaf-cutting ants) an examination of two predictions for load selection. **Animal Behavior,** 60: 781-788.

CARROL, C.R.; JANZEN, D.H. 1973.Ecology of foragingby ants**. Annu. Rev. Ecol. Syst.** 4: 251 - 297.

CHERRETT, J.M. Leaf-cutting ants. In: LIETH, H.; WERGER, M.J.A. Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies. Amsterdam**: Elsevier,** 1989.

COLE, B.J. 1991 Is animal behavior chaotic? Evidence from the activity of ants. **Proc. R. Soc. Lond.** B 244:253-259.

COUZIN, I.D.; FRANKS, N.R, (2003) Self-organized lane formation and optimized traffic flow in army ants. **Proceedings of the Royal Society of London,** Series B 270, 139-146.

CZACZKES, T.J.; GRÜTER, C.; JONES S.M.; RATNIEKS F.L.W.; Synergy between social and private information increases foraging efficiency in ants. **BioLetters,** 2011; DOI: 10.1098/rsbl.2011.0067

DE BISEU, J.-C.; PASTEELS, J. M. (2000). Response thresholds to recruitment signsl and the regulation of foraging intensity in the ant Myrmicasabuleti (Hymenoptera, Formicidae)**. Behavioural Processes,** 48: 137-148.

DELLA LUCIA, T. M. C., FOWLER, H. G. As formigas cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.). **As formigas cortadeiras.** Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1993. p.01–03.

Della Lucia, T.M.C. (2003). Hormigas de importancia económica en la región neotropical. In: Fernando Fernandez. (org.) Introducción a las hormigas de la region neotropical. bogotá**: Instituto de Investigación de Recursos Bioloogicos Alexander Von Humboldt.** 1:337-349.

Della Lucia, T.M.C., Oliveira, P.S. (1993) Forrageamento. In: Della Lucia, T.M.C. (ed.).**As formigas cortadeiras,** p. 84-105. Ed. Folha de Viçosa, 262p**.**

Detrain, C., Tasse, O., Versaen, M., Pasteels, J.M. (2000) A field assessment of optimal foraging in ants: trail patterns and seed retrieval by the European harvester ant Messorbarbarus. **Insectes Sociaux,** 47:56–62.

DORNHAUS A (2008) Specialization does not predict individual efficiency in an ant. **PLoS Biol** 6(11): e285. doi:10.1371/journal.pbio.0060285

DUSSUTOUR, A., DENEUBOURG, J.-L., BESHERS, S. & FOURCASSIÉ, V. (2009) Individual and collective problem-solving in a foraging context in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Animal Cognition,** 12, 21–30.

ENDRINGER, FabÍola Bonicenha. **COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DA FORMIGA *Atta*. 2011.** 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Departamento de Proteção de Plantas, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy, Campos dos Goytacazes, 2011.

FARJI-BRENER, A. G. 2000 Leaf-cutting ant nests in temperateenvironments: mounds, mound damages and mortalityrates in *Acromyrmexlobicornis*. **Stud. Neotrop .FaunaEnviron.** 35, 131–138. (doi:10.1076/0165-0521(200008)35:2;1-9;FT131).

FARJI-BRENER, A.G.; SIERRA, C. 1998. The role of trunk trails in the scouting activity of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes.* **Ecoscience,** 5 (1998), pp. 271–274.

FORTI, L. C. 1985. **Ecologia da saúva *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae) em pastagem.** Piracicaba. 234p. Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

FORTI, L. C.; SILVEIRA NETO, S., SILVA, V. P. Atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae): Fluxo e velocidade dos indivíduos na trilha, caracterização dos indivíduos forrageiros e duração e número de jornadas de coleta de vegetais**. Revista Brasileira de Entomologia**, v. 28, n. 3, p. 275-247, 1984.

FORTI, L.C.; BOARETTO, M.A.C. **Formigas cortadeiras, biologia, ecologia, danos e controle.** Botucatu-SP: UNESP, 1997. P.70.

FORTI,L.C. Relação entre plantas atacadas e a saúva *Atta sexdens rubropilosa* (Formicidae: Hymenoptera). **Boletim do G.T.F.C., Piracicaba, v**.2,p.11.13, 1985.

FOURCASSIÉ, V.; OLIVEIRA, OS. 2002. Foraging ecology of the giant Amazonian ant Dinoponera gigantean (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae): activity schedule, diet and spatial foraging patterns. **J Nat Hist.** 36:2211-2227.

FOWLER, H.G., ROBINSON, S.W. Field identification and relative pest status of Paraguayan leaf-cutting ants**.Turrialba,** v.29, n.1, p.11-6, 1979.

FOWLER, H.G.; STILES, E.W. 1980.Conservative resource management by leaf cutting ant? The role of rogaging territorie sand trails, and environmental peachiness.Chico: **Sociobiology,** 5(1): 25-41.

GARCIA, I. P. **Atividade forrageira da saúva *Atta sexdens* L., 1758 (Hymenoptera, Formicidae) em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e em mata secundária.** Botucatu, SP, 1997. 135p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas- Universidade Estadual Paulista.

GARCIA, I. P.; FORTI, L. C.; ENGEL, V. L.; ANDRADE,A. P. ; E WILCKEN, C. F. 2003. Ecological interaction between *Atta sexdens* (Hymenoptera:Formicidae) and the vegetation of a mesophyll semideciduous forest fragment in Botucatu, SP, Brasil.**Sociobiology**42(2):265-283.

GIURFA, M. (2007). Behavioral and neural analysis of associative learning in the honeybee: a taste from the magic well.**J. Comp. Physiol.** A 193, 801–824.

GOMIDES, C.H.F., DELLA LUCIA, T.M.C., ARAÚJO, F.S., MOREIRA, D.D.O. (1997). Velocidad de forrajeo y área foliar transportada por la hormiga *Acromyrmex subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Biologia Tropical**, 45: 1663-1667.

GONÇALVES, C.R. *Atta silvai*, nova espécie de formiga saúva (Hymenoptera, Formicidae). Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Itaguai**, v. 5, n. 2, p. 173-178, Jul./ Dec. 1982.

GORDON, D. M. 1995. The development of an ant colony's foraging range**. Anim. Behav.** 49:649-659.

GORDON, D.M. 2002.The regulation of foraging activity in red harvester ant colonies**. American Naturalist,** 159 (2002), pp. 509–518

GREENE, M. J.; GORDON, D. M. 2003.Cuticular hydrocarbons inform task decisions. **Nature,** 423, 32.

Herbers, J.M. & E. Choiniere. 1996. Foraging behavior and colony structure in ants. **Anim. Behav**. 51: 141-153.

HERZ, H., HÖLLDOBLER, B.; ROCES, F. 2008.Delayed rejection in a leaf-cutting ant after foraging on plants unsuitable for the symbiotic fungus. **Behavioral Ecology,** 19, 575-582.

HÖLLDOBLER B. 1976. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. **Behavioral Ecology and Sociobiology,** 1 (1976), pp. 3–44
Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) **The ants.** The Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts.732 p.

HOWARD, J.J. 2001.Costs of trail construction and maintenance in the leaf-cutting ant *Atta columbica***. Behavior Ecology and Sociobiology,** 49: 348-356.
JAFFE, K.; DENEUBOURG, J. (1992). On foraging, recruitment systems and optimum number of scouts in eusocial colonies. **Insects Sociaux,** 29, 201–213**.**

JAFFÉ, K.; HOWSE, P.E. 1979.The mass recruitment system of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes* (L.). **Animal Behaviour**, 27: 930-939.

KELLER, L.; CHAPUISAT, M. (1999) Cooperation among selfish individual in insect societies**, BioSience,** 49, 899-909.

KOST, C.;GAMA DE OLIVEIRA, G.; KNOCH, T.; WIRTH, R. Spatio-temporal permanence and plasticity of foraging trails in young and mature leaf-cutting ant colonies (*Atta* spp.) **Journal of Tropical Ecology,** 21 (2005), pp. 677–688.

LEWIS, T., POLLARD, G.V., DIBLEY, G.C. Micro-environmental factors affecting diel patterns of foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **J. Anim. Ecol.,** v. 43, p. 143-53, 1974b.

LEWIS, T., POLLARD, G.V., DIBLEY, G.C. Rhythmic g in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). **J. Anim. Ecol.,** v. 43, p. 129-41, 1974.

LITTLEDYKE, M. & J.M. CHERRETT. 1978. Defence mechanisms in young and old leaves against cutting by the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae). **Bulletin of Entomological** Research, Cardiff, 68: 263-271.

LOPES, J.F.S; FORTI, L.C.; CAMARGO, R.S.; 2004. The influence of the scout upon the decision-making process of recruited workers in three *Acromyrmex* species. **Behav. Processes,** 67, 471-476.

MARICONI, F.A.M. et al. 1963. Nova contribuição para o conhecimento das saúvas de Piracicaba (*Atta* spp.) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista de Agricultura,** v. 38, n.2, p.85-93.

MARICONI, F.M.A**. As saúvas.** Agronômica Ceres, São Paulo. 1970.

MEHDIABADI, N.J.; SCHULTZ, T.R. Natural history and phylogeny of the fungus-farmingants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Atinii). **Myrmecological News,** Vienna, v. 13, p. 35-55, Apr. 2010.

MENZEL R., GIURFA M. (2006) Dimensions of cognition in an insect, the honeybee**.** **Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews** 5(1): 24-40.

MONTOYA-LERMA, J.; GIRALDO-ECHEVERRIB, C.; ARMBRECHTA, I.; FARJI-BRENERC, A.; CALLEB, Z. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. **International Journal of Pest Management,** London, v. 58, n. 3, p. 225–247, Jan. 2012.

MOREIRA, A.; FORTI, L.C.; ANDRADE, A.P.; BOARETTO, M.A.; LOPES, J. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment,** Lisse, v. 39, n. 2, p. 109-116, Aug. 2010.

MORGAN, E.D., Jungnickel, H., Keegans, S. J., Nascimento, R.R., Billen, J., Gobin, B. & Ito, F. 2003. Comparative survey of abdominal gland secretions of the ant subfamily Ponerinae. **Journal of Chemical Ecology,** 29, 95-114.

MUELLER, U.G.; SCHULTZ, T.R.; CURRIE, C.R.; ADAMS, R.M.M.; MALLOCH, D.The origin of the attine ant fungus mutualism. **The Quarterly Review of Biology,** New York, v. 76, n. 2, p. 169–197, Jun. 2001

OLIVEIRA, M.A. **Identificação de formigas cortadeiras e efeito do desfolhamento simulado em plantios de *Eucalyptus grandis*.** 1996. 61 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1996.

OSTER, G. F. & E. O. WILSON. 1978. **Caste and Ecology in the Social Insects.** Princeton, Princeton University Press, 352 p.

ROCES, F. & HÖLLDOBLER, B. 1994.Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. **Oecologia,** 97: 1-8.

ROCES, F. (1994) Odour learning and decision-making during food collection in the leaf-cutting ant *Acromyrmex lundi.* **Insectes Sociaux,** 41, 235-239.

ROCES, F. Individual complexity and self-organization in foraging by leaf-cutting ants**. Biological Bulletin,** Woods Hole, v. 202, p. 306-313, 2002.

ROCES, F. NÚNEZ, J. A. Information about food quality influences loadsize selection in recruited leaf-cutting ants**. Animal behavior, Canada,** v. 45, n.1,p.135-143,1993.

ROCES, F., HÖLLDOBLER, B., 1994.Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*.**Oecologia**97, 1–8.

ROCKWOOD, L.L. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*)**. Ecology** (Engl. Transl. Ekol.), v.57, p.48-61, 1976.

ROCKWOOD; HUBBELL, 1987 L.L. Rockwood, S.P. Hubbell Host-Plant selection, diet diversity, and optimal foraging in a tropical leafcutting ant. **Oecolagia**, 74 (1987), pp. 55–61

SALZEMANN, A., NAGNAN, P., TELLIER, F. JAFFÉ, K. (1992) Leaf-cutting ant *Atta* secretion. **Journal of Chemical Ecology,** 18: 183-196

SALZEMANN, A.; JAFFE, K. 1991, Polyéthismeetdéfense de lasociété chez laformichampignonniste *Atta laevigata* (Fr. Smith) **Insectes Sociaux,** 38 (1991), pp. 149–159

SCHLINDWEIN, M.N. (2004) Dinâmica do ataque de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 sobre a vegetação: Uso de manipulação de recursos e armadilha de solo para se estimar o comportamento de forrageamento. **Revista Uniara,** 15: 153-166.

SCHLINDWEIN, M.N. 1996. **Avaliação das estratégias de forrageamento de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) com o uso de manipulação espaço –temporal de recursos vegetais.** Rio Claro: UNESP.(Tese de Doutorado em Ciências Biológicas). 100p.

SCHLINDWEIN, M.N. Repostas polimórficas de forrageio de operárias de *Atta sexdens rubropilosa* (Forel) em experimentos de campo. Dissertação (Mestrado) – Unesp, Rio Claro, 1991. p.125.

SCHULTZ, T. R; MUELLER, U. G.; CURRIE, C. R.; REHNER S. A. Reciprocal illumination: A comparison of agriculture of humans and in fungus-growing ants.Insect-Fungal Association**: Ecology and Evolution.** New York: Oxford University Press, 2005, p.149-190, 333p.

SIMAS, V.R.; COSTA, E.C.; SIMAS, C.A. "Principais espécies vegetais herbáceas em locais forrageados e não forrageados por *Atta vollenweideri*Forel, 1983 (Hymenoptera: Formicidae)". **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia** 10: 202 213. 2004.

SOUSA-SOUTO, L.; SCHOEREDER, J. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, W. L. Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire**. Journal of Tropical Ecology,** v. 24, p. 639-646, 2008.

TOFTS, C. & FRANKS, N. R. 1992. Doing the right thing:ants, honeybees and naked mole-rats. **Trends Ecol. Evol.,**7, 346–349.

TOLEDO, Marcelo Arruda Fiuza de. **Aspectos temporais da organização coletiva do forrageamento em formigas saúvas (*Atta sexdensrubropilosa*).** 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TRANIELLO, J.F.A. Foraging strategies of ants. **Ann. Rev. Entomol., v**.34, p.191-210, 1989.

VAN GILS, H.A.J.A.; VANDERWOUDE, C. Leafcutter ant (*Atta sexdens*) (Hymenoptera: Formicidae) nest distribution responds to canopy removal and changes in micro-climate in the southern colombian Amazon. **Florida Entomologist,** Gainesville, v. 95, n. 4, p. 914-921, Dec. 2012.

Vasconcelos, H.L., Cherrett, J.M. (1996) The effect of wilting on the selection of leaves by the leaf – cutting ant *Atta laevigata*. **Entomologia Experimentaliset Applicata,** 78:215-220.

VASCONCELOS, H.L.; FOWLER, H.G. 1990. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants. In: VAN DER MEER, R. K., JAFFE, K & CEDENO, A. (eds.). Applied myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westiview Press**, p. 410-419.

VIANA, L.R.; SANTOS, J.C.; ARRUDA, L.J.; SANTOS, G.P.S.; FERNANDES, G.W. Foraging patterns of the leaf-cutter ant *Atta laevigata* (Smith) (Myrmicinae: Attini) in an area of cerrado vegetation. **Neotropical Entomology,** Londrina**,** v. 33, n. 3, p. 391-393, May / June, 2004.

VILELA, E.F.; JAFFÉ, K.; HOWSE, P.E. Orientation in leaf-cutting ants (Formicidae: Attini). **Animal Behaviour,** London, v. 35, n. 5 p. 1443-1453, Oct. 1987.

WEBER, N.A**.** Fungus growing ants. **Science,** Washington, v. 153, p. 587-604. 1966**.**

WEBER, N.A. Gardening ants the attines. Philadelphia: **The American Philosophical Society,** 1972. 147p.

WETTERER, J.K. Forager polymorphism, size matching and leaf delivery in the leaf cutter ant, *Atta cephalotes*. **Journal of entomology,** v.19, p.57-64, 1994b.

WETTERER, J.K., SCHULTZ, T.R., MEIER, R. (1998) Phylogeny of fungus-growing ants (Tribe Attini) based on mtDNA sequence and morphology. **Molecular Phylogenetics and Evolution** 9: 42-47**.**

WHITEHOUSE, M. JAFFE, K. 1996. The ant wars: Combat strategies, territoriality and nest defense in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. **Animal Behavior,** 51 (1996), pp. 1207–1217.

WILSON, E.O. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera, Formicidae):1-the overall pattern in *A. sexdens***. Behavior ecological sociobiology,** v.7, p.143-156, 1980.

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

WIRTH R, HERZ H, RYEL RJ, BEYSCHLAG W, HÖLLDOBLER B (2003) Herbivory of Leaf Cutting Ants. A Case Study on *Atta colombica* in the Tropical Rainforest of Panama**. Ecological Studies Series 164**, Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin. 230 pp.

CAPÍTULO I - COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO EM FORMIGAS CORTADEIRAS: COMO AS OPERÁRIAS BUSCAM O ALIMENTO?

Sociedade Brasileira de Entomologia

RESUMO

As forrageiras escoteiras buscam recursos alimentares adequados na natureza, e após a descoberta, decide-se se tal recurso é valido ou não para a colônia. Porém, perguntamos "Como as operárias buscam seu alimento?" Para responder essa questão nós avaliamos a distância percorrida pelas operárias individualmente na busca do recurso alimentar, a distância de retorno ao ninho, bem como, seu tempo e velocidade. Os resultados demonstram que a distância percorrida para a busca foi maior do que ao regresso com o alimento para a colônia, por outro lado, verificou-se que o tempo e a velocidade média são similares na busca e retorno ao ninho para a formiga cortadeira, *Atta sexdens rubropilosa*. Esses resultados apóiam-se na hipótese de transferência de informação, em que a operária no inicio do forrageamento deverá retornar ao ninho para transmitir à informação as demais, e assim, estabelecer todo o processo de forrageamento das operárias. Assim, concluiu-se que as operárias percorrem grandes distancias até encontrar seu alimento, de forma aleatória, mas eficaz ao retorno do ninho, dada a menor distância percorrida.

Palavras chave**:** Formigas cortadeiras, forrageamento, *Atta sexdens*

CHAPTER I - FORAGING BEHAVIOR OF LEAF CUTTING ANTS: HOW DO WORKERS SEARCH FOR THEIR FOOD?

ABSTRACT

Forager ants search for adequate food sources in nature and, after their discovery, decide whether the source is valid or not for the colony. However, we asked "How do workers seek out the substrate for cultivation of the symbiontic fungus on which they feed? To answer this question, we evaluated the distance traveled by individual workers in the search of food and the distance traveled to return to the nest, as well as the time and velocity necessary for these activities. The results showed that the distance traveled by the leaf cutting ant, *Atta sexdens rubropilosa*, in the search of food was greater than the distance traveled to return with the substrate to the colony. On the other hand, the mean time and velocity were similar for food search and return to the colony. These results support the hypothesis of information transfer in which the worker should return to the nest at the beginning of foraging to transfer information to the other workers and thus to establish the process of worker ant foraging. It can be concluded that workers travel large distances until finding their substrate in a random manner, but the return to the nest is efficient considering the shorter distance traveled.

Keywords: Leaf cutting ants, foraging, *Atta sexdens*

1 INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras apresentam uma notável divisão de trabalho durante o forrageamento e cultivo do jardim de fungo simbionte, com a geração de recursos alimentares para a colônia (Hölldobler& Wilson, 1990). Para tanto, as operárias necessitam selecionar e forragear uma grande quantidade de espécies vegetais (Rockwood, 1976), sendo o forrageamento dependente do tamanho, densidade e qualidade do recurso alimentar disponível (Traniello, 1989).

A seleção, etapa importante do forrageamento, está relacionada ao conteúdo de nutrientes, compostos secundários e resistência física ao corte das espécies vegetais (Cherrett & Seaforth, 1970; Rockwood, 1975;Waller, 1982, Cherrett, 1972; Nichols-Orians & Schultz, 1990; Roces & Hölldobler, 1994; Tautzet al., 1995). Porém até o encontro de uma espécie vegetal adequada, a operária escoteira (scout worker) deve procurá-la no ambiente em que se encontra. Quando ela encontra a fonte alimentar, a forrageira carregada retorna ao ninho comunicando sobre a localização e qualidade da descoberta as companheiras do ninho (Therien, 1988; Roces, 1994, 2002; Lopes et al. 2004). As operárias recrutadas podem estar condicionadas ao odor do fragmento transportado pela escoteira, então, usar esse odor aprendido como uma pista no momento da tomada de decisão sobre qual planta coletar, como demonstrado experimentalmente em *Acromyrmex lundi* (Roces, 1990, 1994; Lopes et al. 2004, Bollazzi & Roces 2011).

Obviamente, para o estabelecimento do recrutamento em massa, ocorre um aumento da deposição do feromonio de trilha, levando as operárias a participar da demarcação e manutenção de trilhas químicas (Jaffé & Deneubourg, 1992). Esse recrutamento é influencia diretamente pela escoteira, mas com o processo de tomada de decisão também influenciado

pelas interações entre as operárias e variação do individuo (De Biseau and Pasteels, 2000; Roces, 2002). Além disso, a experiência prévia das operárias também influencia na seleção das plantas durante o forrageamento (Fowler, 1982; Howard et al., 1996; Camargo et al. 2003)

Dados que as escoteiras são as responsáveis em procurar a planta adequada e recrutar as companheiras do ninho, nos indagamos "Como as operárias buscam seu alimento?" Para responder essa questão nós avaliamos a distância percorrida pelas operárias individualmente na busca do recurso alimentar, a distância de retorno ao ninho, bem como, seu tempo e velocidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 6 colônias de *Atta sexdens rubropilosa*, mantidas no Laboratório de Insetos Sociais, LISP, UNESP, Botucatu. Cada colônia continha um recipiente de acrílico (500 mL) aonde estava acondicionado o jardim de fungo, e a ele interligados 2 recipientes como alimentados e deposito de lixo pelas formigas. As colônias foram alimentadas com *Acalypha* spp. e *Ligustrum* spp.. As colônias foram mantidas a temperatura de 24±2 °C, umidade relativa de 80 % e fotoperíodo de 12 horas de luz.

Uma mesa foi construída para que permitisse observar o comportamento das forrageiras. Essa mesa apresentava suas pernas de aço, elevado a 1,5 metros do solo, com sua base em vidro (95 cm X 210 cm), delimitada por bordas de vidro contendo fluon, conforme ilustrado na (Figura 4).

Em uma da extremidade da mesa foi conectada a colônia, a qual permanecia sem alimentação no dia anterior da experimentação. Era disposta na extremidade oposta a colônia o recurso alimentar (folhas de espécies vegetais preferidas, como *Acalypha wilkesiana, Gmelina arbórea* e *Ligustrum japonicum*. Após a soltura das formigas, foi observado o caminhamento dos indivíduos até o encontro do recurso alimentar, bem como, o seu retorno ao ninho. A trajetória desta pioneira foi gravada na superfície inferior do vidro, com caneta marca hidrográfica na base inferior da mesa,a trajetória mensurada com curvimetro analógico, o qual forneceu medidas da distância percorrida, com auxilio de um cronômetro o tempo de deslocamento foi registrado, possibilitando calcular a velocidade média. Os parâmetros avaliados foram o tempo total de forrageamento dos indivíduos e

distância total percorrida, com posterior calculo da velocidade media. Os dados foram submetidos ao teste t pareado (α=0,05 %), processados pelo programa BioEstat 5.0.

3 RESULTADOS

A distância percorrida para a busca foi maior do que ao regresso com o alimento para a colônia, sendo em média percorrido 4,3 metros durante a busca, e 1,3 metros durante o transporte (Figura 1), diferindo estatisticamente entre si (t=8.9491, g.l.=88, p (bilateral) < 0.0001).

Por outro lado, o tempo total necessário para forrageamento das folhas foi maior na primeira soltura, diminuindo nas subseqüentes. O maior tempo observado foi de 4hs23min e menor tempo foi de 19 min. O tempo médio para as operárias "escoteiras" encontrarem as folhas no centro da mesa, variou em média, de 441 segundos na presença de substrato e de 469 segundos na ausência deste (Figura 2), não diferindo estatisticamente entre si(t=-0,4147; g.l.=88; p (bilateral = 0,6794).

A velocidade média na buscafoi de 0,585 m/min e no transporte do substrato de 0.606 m/min (Figura 3), não diferindo estatisticamente entre si (teste t, t=1.6697, p (bilateral) = 0.0989).

4 DISCUSSÃO

As forrageiras buscam recursos alimentares adequados na natureza, e após a descoberta, decide-se se tal recurso é valido ou não para a colônia, sendo essa aceitação dependente de características físicas e químicas das plantas (Howard, 1987) e da experiência previa das operárias (Saverscheket al. 2010). Se o recurso alimentar for adequado, as operárias regressam ao ninho (com ou sem carga), depositando uma trilha química, e interagindo com as companheiras na trilha e/ou no interior do ninho (Roces 1990; Roces, 1993; Jaffé & Howse, 1979). Porém, não se sabe como as operárias buscam os recursos alimentares no espaço, e quando encontram, como retornam ao ninho.

Nossos resultados demonstram que a operária percorrer uma grande distância até encontrar a fonte alimentar, porém, ao retornar, percorre uma menor distância (Figura 1). Esse comportamento das primeiras forrageiras corrobora ao observado por Bollazzi & Roces (2011), em que esse retorno mais rápido ao ninho está relacionado a informações sobre a o alimento para as operárias residentes no interior do ninho, assim, estimular

ativamente o forrageamento. Essa característica do forrageamento está apoiada na hipótese de transferência de informação (Núñez, 1982; Roces & Núñez, 1993; Roces & Bollazzi, 2009), uma vantagem adaptativa para as formigas cortadeiras, pois em uma fase inicial ocorre uma rápida monopolização do recurso (Roces & Hölldobler, 1994), o período para forragear é limitado por variáveis ambientais (Lewis et al. 1974) e competidores vizinhos pelo mesmo recurso alimentar (Whitehouse & Jaffé, 1996).

Interessantemente, o tempo da viagem de busca e regresso ao ninho pelas escoteiras foi similar, apesar da distância percorrida diferente. Isso se deve pois no momento do retorno as operárias depositam secreções da glândula de veneno para indicar o transporte dessas folhas rapidamente para o ninho, formando as trilhas químicas para que as demais encontrem o recurso alimentar (Vilela & Della Lucia, 1987). A velocidade média para a busca de substrato e transporte da folha ao ninho foi similar, sendo de 0,585 m/min e de 0,606 m/min, respectivamente. Esses valores corroboram ao encontrado por Schlindwein, 1996, com a velocidade máxima de 1,57 m/min e a mínima de 0,571 m/min, via de regra, 68.8% das operárias caminham entre velocidades que variam de 0,5 a 1,0 m/min (Gomides, 1997). Em *A. cephalotes*, os velocidades são maiores, sendo 1m/min para indivíduos carregados e 2m/min para os descarregados (Lewis et al 1974). Porem, essa velocidade é afetada diretamente por características do ambiente, como distância entre o ninho e a fonte alimento; inclinação da trilha de forrageamento e a rugosidade do substrato pelo qual as operárias transitam (Ribeiro, 2013).

Em síntese, a distância de busca do alimento é maior do que o retorno com ou sem carga, porém verificamos que o tempo e a velocidade média são similares na busca e retorno ao ninho para a formiga cortadeira, *Atta sexdens rubropilosa*. Esses resultados apóiam-se na hipótese de transferência de informação (Núñez, 1982; Roces &Núñez, 1993; Roces & Bollazzi, 2009), em que a operária no inicio do forrageamento deverá retornar ao ninho para transmitir à informação as demais (Bollazzi & Roces, 2011).Assim, concluiu-se que as operárias percorrem grandes distancias até encontrar seu alimento, de forma aleatória, mas eficaz ao retorno do ninho, dada a menor distância percorrida.

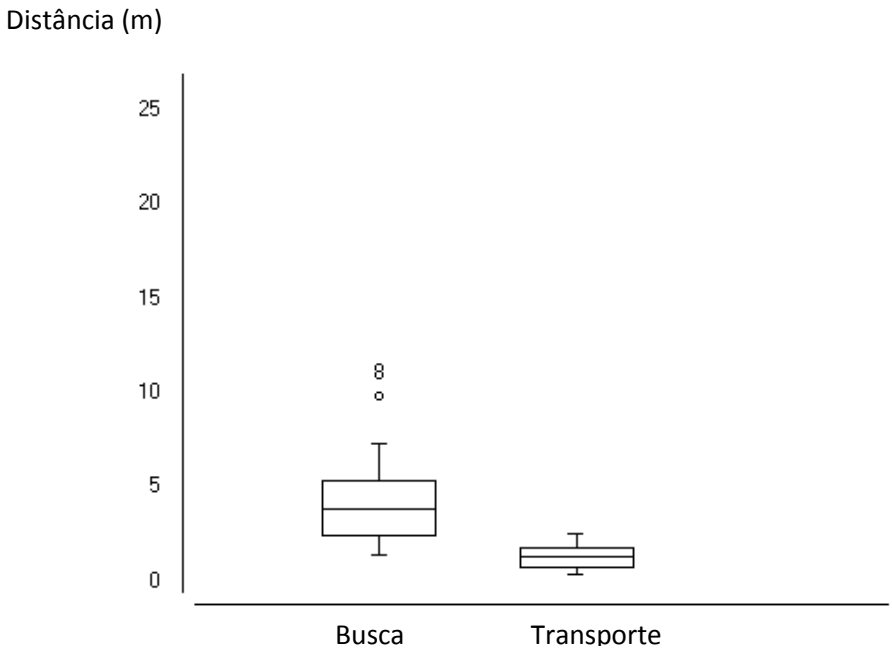


Figura 1.Distância média pelas operárias de *Atta sexdens rubropilosa,* durante a busca do alimento, e no transporte da folha.

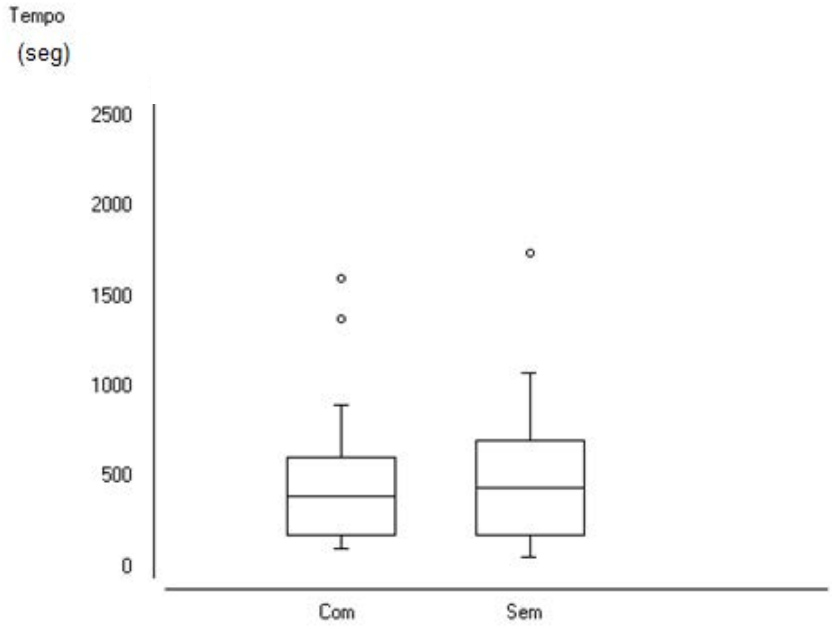


Figura 2.Tempo médio das operárias de *Atta sexdens rubropilosa,* durante a busca do alimento, com e sem substrato.

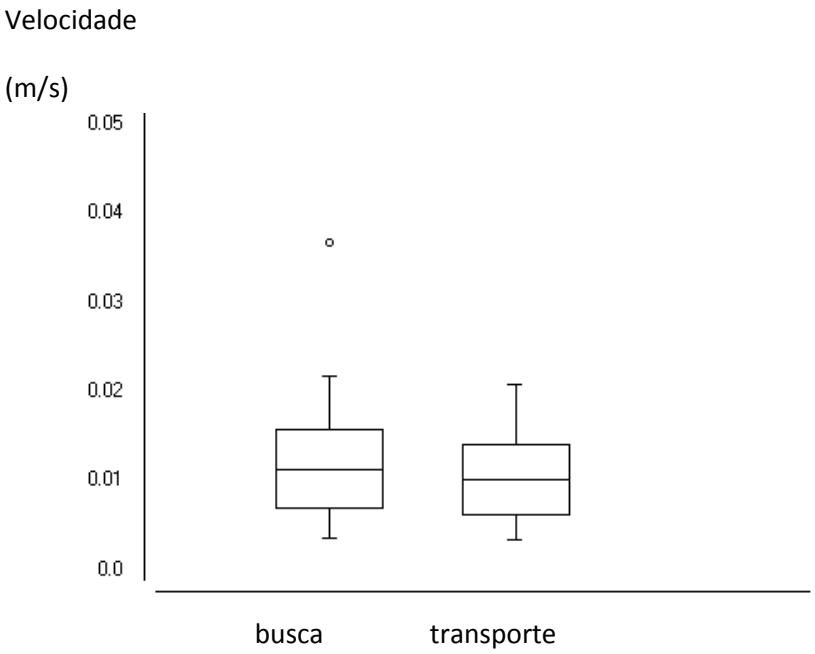


Figura 3. Velocidade média das operárias em metros/segundos de *Atta sexdens rubropilosa*, no trajeto de busca (ida) e no transporte do substrato (retorno).

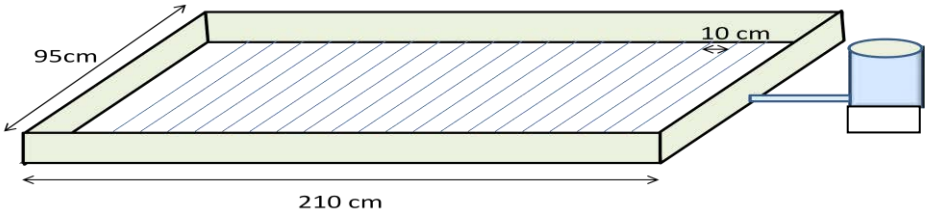


Figura 4. Caixa de vidro conectada a colônia para testes de forrageamento no Laboratório de Insetos Sociais Praga-LISP.

5 REFERÊNCIAS

Bollazzi M, Roces F (2011) Information needs at the beginning of foraging: grass-cutting ants trade off load size for a faster return to the nest. *PLoS ONE* 6(3): e17667.

Camargo, R. ; Forti, L. C.; Matos, C. A. O. ; Lopes, J. F. ; Andrade, A. P. P. ; Ramos, V. M. (2003) Post-selection and return of foraged material by *Acromyrmex subterraneus brunneus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology,* v. 42, n.1, p. 93-102,

Cherrett, J. M., (1972) Some factors involved in the selection of vegetable substrate by *Atta cephalotes* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in tropical rain forest. *J. Anim. Ecol.* 41, 647–660.

Cherrett, J. M.; Seaforth, C. E., (1970) Phytochemical arrestants for the leaf-cutting ants, *Atta cephalotes* (L.)and *Acromyrmex octospinosus* (Reich), with some notes on the ants response. *Bull. Ent*. Res. 59, 615–625.

De Biseu, J.-C.; Pasteels, J. M. (2000) Response thresholds to recruitment signsl and the regulation of foraging intensity in the ant Myrmicasabuleti (Hymenoptera, Formicidae). *Behavioural Processes*, 48: 137-148.

Fowler, H. G., Forti, L. C., Brandão, C. R. F., Delabie, J. H. C., Vasconcelos, H. L. Ecologia Nutricional De Formigas. In: Panizzi, A. R., Parra, J. R. P. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. FOWLER, H. G. Habitat affect in fungal

substrate selection by a leaf-cutting ants. (1982.) *New York Entomological Society*, New York, v. 90, n. 2, p. 64-69.

Gomides, C.H.F., Della Lucia, T.M.C., Araújo, F.S., Moreira, D.D.O. (1997). Velocidad de forrajeo y área foliar transportada por lahormiga*Acromyrmexsubterraneus* (Hymenoptera: Formicidae). *Revista de Biologia Tropical*, 45: 1663-1667.

Hölldobler B, Wilson E.O. (1990) *The ants*. Harvard University Press,Cambridge.

Howard J. J.; Henneman, M. L; Cronin, G.; Fox, J. A.; Hormiga, G. (1996) Conditioning of scouts and recruits during foraging by a leaf-cutting ant, *Atta colombica.*Animal Behaviour, London, v. 52, p. 299-306,.

Howard J.J. (1987) Leafcutting ant diet selection: the role of nutrients, water, and secondary chemistry. Ecology 68: 503–515.

Jaff´E, K., Deneubourg, J.L., (1992) On foraging, recruitment systems and optimum number of scouts in eusocial colonies. Ins. Soc. 39, 201–213.

Jaffé, K, Howse PE (1979) The mass recruitment system of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes*(L.). AnimBehav 27: 930–939.

Lewis, T. Pollard, G.V, Dibley, G.C. (1974) Rhythmic foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.) (Formicidae: Attini). J AnimEcol 43: 129–141.

Lopes, J. F. ; Forti, L. C. ; Camargo, R. S. (2004) The influence of the scout upon the decision making process of recruited worker in three *Acromyrmex* species (Formicidae: Attini). *Behavioural Processes*, v. 67, p. 471-476.

Nichols-Orians, C. M.; Schultz, J. C., (1990) Interactions among leaf toughness, chemistry, and harvesting byattine ants. *Ecol. Entomol*. 15, 311–320.

Núñez J.A. (1982) Honeybee foraging strategies at a food source in relation to its distance from the hive and the rate of sugar flow.J Apic Res 21: 139–150.

Ribeiro,L.F. (2013) Modulação e organização do forrageamento em *Acromyrmex subterraneus mollestans* Santschi 1925,Universidade Federal de Juiz de Fora, Pós, Graduação em Ciências Biológicas, Mestrado em Comportamento e Biologia Animal

Roces, F. (1990) Olfactory conditioning during the recruitment process in a leafcutting ant. *Oecologia* 83: 261–262.

Roces, F. (1993) Both evaluation of resource quality and speed of recruited leafcutting ants (*Acromyrmexlundi*) depend on their motivational state. *BehavEcolSociobiol* 33: 83–189.

Roces F, Bollazzi, M. (2009) Information transfer and the organization of foraging in grass- and leaf-cutting ants. In: Jarau S, Hrncir M, eds. Food Exploitation by Social Insects: Ecological, Behavioral, and Theoretical Approaches. CRC Press: Contemporary Topics in Entomology Series. pp 261–275.

Roces, F. Holldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in the ant *Atta cephalotes*. *Oecologia* 97: 1–8.

Roces F, Núñez J.A. (1993) Information about food quality influences load-size selection in recruited leaf-cutting ants. *AnimBehav* 45: 135–143.

Roces, F. (2002) Individual complexity and self-organization in foraging by leaf-cutting ants. *Biological Bulletin*, Woods Hole, v. 202, p. 306-313.

Roces, F., Hölldobler, B. (1994) Leaf density and a trade-off between load-size selection and recruitment behavior in *Atta cephalotes*. O*ecologia,* v. 97, p. 1-8.

Rockwood, L. L., (1975) The effects of seasonality on foraging in two species of leaf-cutting ants (Atta) in Guanacaste Province Costa Rica. *Biotropica* 7, 176–193.

Rockwood, L. L., (1976) Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (Atta). *Ecology* 57, 48–61.

Saverschek, M.N.; Herz, H.; Wagner, M.; Roces, F. (2010) Avoiding plants unsuitable for the symbiotic fungus: learning and long-term memory in leaf-cutting ants. *AnimBehav* 79: 689–698.

Schlindwein, M.N. 1996. *Avaliação das estratégias de forrageamento de Atta sexdensrubropilosaForel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) com o uso de manipulação espaço –temporal de recursos vegetais***.** Rio Claro: UNESP.(Tese de Doutorado em CiênciasBiológicas). 100p.

Tautz, J.; Roces, F.; Ho¨Lldobler, B., (1995) Use of a soundbasedvibratome by leaf-cutting ants. *Science.* 267, 84–87.

Therrien, P., (1988) Individual food choices by foragers from the species *Acromyrmexoctospinosus* (Reich), the leafcutting ant. *Mem.Entomol*. Soc. Can. 146, 123–130.

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

Vilela, E.F. & Della Lucia, T.M.C. (1987) Feromônios de Insetos-Biologia, Quimica e Emprego no Manejo de Pragas. Viçosa, Imprensa Universitária da Univ. Federal de Viçosa. 156p.

Vilela, E.F.; Howse, P.E. Territoriality in Leaf-Cutting Ants, *Atta* Spp. In.: Lofgren, C.S.; Vander Meer, R.K. Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management, (1986) Westview: B*oulder*, p. 159-171.

Waller, D. A., (1982) Leaf-cutting ants and avoided plants: Defences against *Atta texana* attack. O*ecologia* 52, 400– 403.

Whitehouse M., Jaffe´ K (1996) Ant wars: combat strategies, territory and nest defence in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *AnimBehav* 51: 1207–1217.

CAPITULO II – DINAMICA DE EXPLORAÇÃO DE NOVAS ÁREAS EM FORMIGAS CORTADEIRAS DO GENERO *Atta*

Sociobiology

RESUMO

Formigas cortadeiras do gênero *Atta*são consideradas herbívoros dominantes nas regiões neotropicais. Estes insetos sociais apresentam divisão de trabalho, sendo a tarefa de procurar novas fontes de alimento função das operarias escoteiras. O objetivo de nosso experimento foi investigar o movimento das operarias escoteiras no momento da exploração dum novo terreno. Utilizou-se colônias da espécie *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, mantidas em laboratório por um ano, com volume de fungo simbionte *Leucoagaricus gonglyophorus*de aproximadamente 1litro. Em laboratório,as colônias foram conectadas a uma mesa de vidro retangular (2,15 x 0,95 x 0,15 m) através de mangueiras transparentes. A superfície da mesa continha marca a cada 10 centímetros. O dispositivo era iluminado por cima com oito lâmpadas frias (Philips 32 W). Para auxiliar a orientação das operárias posicionou-se uma cartolina escura de 0,5m² atrás do orifício da saída do ninho. A dinâmica de exploração das formigas era medida anotando o tempo da primeira formiga que chegou a cada marca, iniciando com a marca mais próxima da entrada do ninho e terminando com a marca mais afastada dela. Utilizou-se 9 colônias e o experimento foi repetido 5 vezes para cada colônia, obtendo-se dados de 45 repetições.Para eliminar dicas químicas eventuais a área era higienizada entre cada repetição com acetona e papel toalha. Um intervalo mínimo de 30 minutos era respeitado entre repetições para certificar-se que o ambiente estava isento de odores. Os resultados mostram um maior tempo de exploração na primeira exploração, onde a área era desconhecida das operarias escoteiras, sendo que nas demais repetições do experimento há o movimento de exploração em menor tempo, sugerindo familiarização com o ambiente visual circundando o dispositivo. A exploração da área é duas vezes mais rápida na segunda repetição e não varia significativamente nas repetições seguintes.

Palavra chave: Comportamento, exploração, escoteira.

CHAPTER II - DYNAMICS OF EXPLORATION OF NEW AREAS IN LEAF-CUTTING ANTS OF THE GENUS *Atta*

ABSTRACT

Ants of the genus Atta are considered dominant herbivores in Neotropical environments. These social insects exhibit division of labor, in which the task of searching new food sources is achieved by a specialized group of workers called scouts. The purpose of our experiment was to investigate the movement of the scouts when exploring a new terrain. We used colonies of the species *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, kept in the laboratory for one year, inside recipients containing a volume of symbiotic fungus *Leucoagaricus gonglyophorus* of approximately one liter. During the experiments these recipients were connected to a rectangular glass box (2.15 x 0.95 x 0.15m) through transparent plastic tubes. Lines were drawn on the floor of the box, across its width, every 10 cm. The box was illuminated from above by eight 32-Watt fluorescent lamps which provided the unique source of light. The visual environment was formed by the objects and furniture placed in the experimental room in which the experiment took place. In addition, a black 0.5m² cardboard was placed behind the nest to provide an additional visual landmark for the ants. The dynamics of exploration of the ants was measured by noting the time the first ant crossed each mark after the opening of the nest, starting with the mark closest to the nest entrance and ending with the mark further away from it. Nine colonies were used and the experiment was repeated five times for each colony, yielding a total of 45 replicates of the experiment. To eliminate the chemical cues left by the ants during exploration, the area was cleaned with acetone between each replicate of the experiment. A minimum interval of 30 minutes was respected between repetitions to make sure that the environment was free of odors. The results show that the movement of scout ants across the length of the area was significantly slower during the first replicate of the experiment, when the area was unknown to the scouts. The exploration was twice as fast in the second repetition of the experiment and did not vary significantly in the following repetitions, suggesting an effect of familiarity with the visual environment surrounding the area.

Keyword: Behavior, exploration, Scout.

1 INTRODUÇÃO

As formigas do gênero Atta são consideradas herbívoros dominantes em ambientes neotropicais (Hölldobler & Wilson, 1990). Estes insetos sociais exibem divisão de trabalho de (Wilson, 1980), sendo que a tarefa de buscar novas fontes de alimentos é realizada por um grupo especializado de trabalhadores chamados escoteiros (Silva, 2011). Estes escoteiros desempenham um papel essencial no início do processo de recrutamento.

Em muitas espécies de formigas, incluindo formigas cortadeiras, eles colocam um feromônio de trilha no caminho de volta para o ninho ou para trilha tronco ativa, mais próxima (Farji-Brener & Serra, 1998) e esta dica é então usado pelos trabalhadores recrutados para atingir o recurso descoberto. O transporte de gera um alto tráfego de trabalhadores logo da trilha, tornando possível visualizar a geometria da trilha, que é dependente do caminho marcado pelas escoteiras durante a primeira ida e volta para o ninho.

Formigas escoteiras são capazes de modular o seu comportamento de marcação de trilha em função das características do recurso descoberto, de modo que o número de formigas recrutadas atingindo o recurso pode ser ajustado de acordo com a qualidade e / ou quantidade deste recurso (Detrainet al., 2008). Finalmente, em formigas cortadeiras, formigas escoteiras são capazes de transmitir a informação sobre o tipo ou a qualidade do substrato que descobriram. Por exemplo, trabalhadores de *Acromyrmex* por condicionamento ao odor dos fragmentos de folhas transportados pelas escoteiras, podem usá-lo como um sinal para fazer a sua escolha entre diferentes tipos de substrato quando chegam ao final da trilha (Roces, 1990; Lopes et al., 2004).

Em formigas cortadeiras a competição por recursos é forte (Whitehouse & Jaffé, 1996) e a aptidão de uma colônia, assim, depende, em parte, da eficiência do comportamento de busca de suas escoteiras. Os modelos teóricos mostram que a forma mais eficiente de procurar um alvo desconhecido é evitar, tanto quanto possível visitar várias vezes a mesma área. Idealmente, isto é alcançado se seguir uma linha reta (Bénichouet et al., 2005). Portanto, quanto mais rápido a formiga escoteirase afastar de seu ninho, maior sua chance de descobrir novos recursos. Uma vez que um recurso, foi descoberto no entanto, é essencial que elas voltem o mais rápido possível para o seu ninho, a fim de iniciar o recrutamento e evitar a apropriação do recurso por outra colônia.

Ambas as apresentações são possíveis somente se as escoteiras são capazes de orientar-se no ambiente. O propósito do experimento foi investigar o movimento dos escoteiros ao explorar um novo terreno e o tipo de orientação que poderia influenciar seu movimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Usando nove colônias da espécie *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908. Estas colônias foram mantidas em laboratório durante um ano, dentro recipientes contendo um volume de fungo simbionte *Leucoagaricus gonglyophorus* de aproximadamente um litro (Forti et al., 1994). Durante os experimentos os recipientes contendo os ninhos foram conectados a uma caixa de vidro retangular (2,15 x 0,95 x 0,15 m) por meio de um tubo de plástico transparente. Não havia vegetação na caixa durante os experimentos. Linhas desenhadas sobre o lado inferior da superfície de vidro, através do seu comprimento, cada 10 cm. A única fonte de luz era fornecida por oito lâmpadas fluorescentes de 32 watts penduradas no teto da sala experimental. O ambiente visual foi formado pelos objetos e móveis ao redor da caixa de vidro. Uma cartolina preta de 0.5m² foi colocada atrás do ninho para fornecer uma referência visual adicional para as formigas.

A dinâmica de exploração foi avaliada observando o tempo decorrido entre o início, em que a primeira formiga cruzava cada linha desenhada no chão caixa, começando com a linha mais próxima da entrada do ninho e terminando com a linha mais afastada do mesmo. No final do experimento todas as formigas restantes na área de forrageamento foram capturadas e devolvidas para a colônia.

O experimento foi repetido cinco vezes para cada colônia, obtendo-se um total de 45 repetições. Para eliminar os sinais químicos deixados por formigas durante a exploração, a área foi limpa com acetona entre cada repetição. Um intervalo mínimo de 30 minutos (intervalo: 30min - 23h, mediana: 1h) foi respeitado entre as repetições para certificar-se de que o ambiente estava livre de odores. Para comparar a performance das formigas durante as sucessivas explorações foi realizada uma análise de variância com medidas repetidas (ANOVAR) com o software R3.0.1 (R Core Team 2013). Desde que o projeto foi totalmente equilibrado usamos o AOV function () do pacote Stats. A resposta variável foi o tempo (em segundos) em que as formigas cruzaram cada linha no chão caixa. As duas variáveis independentes foram repetidas, distância a partir da entrada do formigueiro (10-210 cm) e o número de repetição (1 a 5). A variável colônia, foi utilizado como termo de erro a ter em conta a dependência entre os dados recolhidos com os mesmos colônias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclinação da curva que descreve a relação entre o tempo e a distância para o ninho para cada repetição da experiência (Figura 1a) corresponde ao tempo exigido para uma formiga percorrer uma distância de 1 cm em toda a área de forrageamento. Ele pode ser usado para avaliar a velocidade a que a formigas atravessa a área (figura 1-B.): quanto maior for o valor da inclinação, mais lenta é a velocidade. O resultado da ANOVAR mostra que a interação entre distância e repetição foi altamente significativa ($F_{80,640} = 3,295$, $p < 0,001$), ou seja, houve uma diferença significativa entre a inclinações das linhas de regressão linear de cada repetição do experimento. Dois grupos de repetições significativamente diferentes uns dos outros: 1 repetição e repetição 2, 3, 4, 5 (Figura. 1b) podem ser identificados.

O movimento de formigas escoteiros em todo o comprimento da área foi significativamente mais lento durante a primeira repetição do experimento, quando a área era desconhecida para os batedores. A exploração era duas vezes mais rápido na segunda repetição e não variou significativamente em seguida. Uma vez que a área foi limpa entre as repetições isso sugere um efeito de familiaridade das formigas com o meio ambiente visual ao redor da área. Além disso, não houve relação significativa entre a diferença nas velocidades com que as formigas exploraram a área entre repetições e o tempo decorrido entre essas repetições ($F_{1,34} = 1,938$, $p = 0,173$). (Figura 1a) dinâmica de exploração: a

relação entre o tempo (em média, de nove colônias) e a distância da entrada do ninho para cada repetição da experiência. (Figura 1b) A velocidade de ± SE em que formigas cruzaram a área em cada significa repetição de cada experiência. As barras de rolamento a mesma letra não são significativamente diferentes (ANOVAR, p> 0,05).

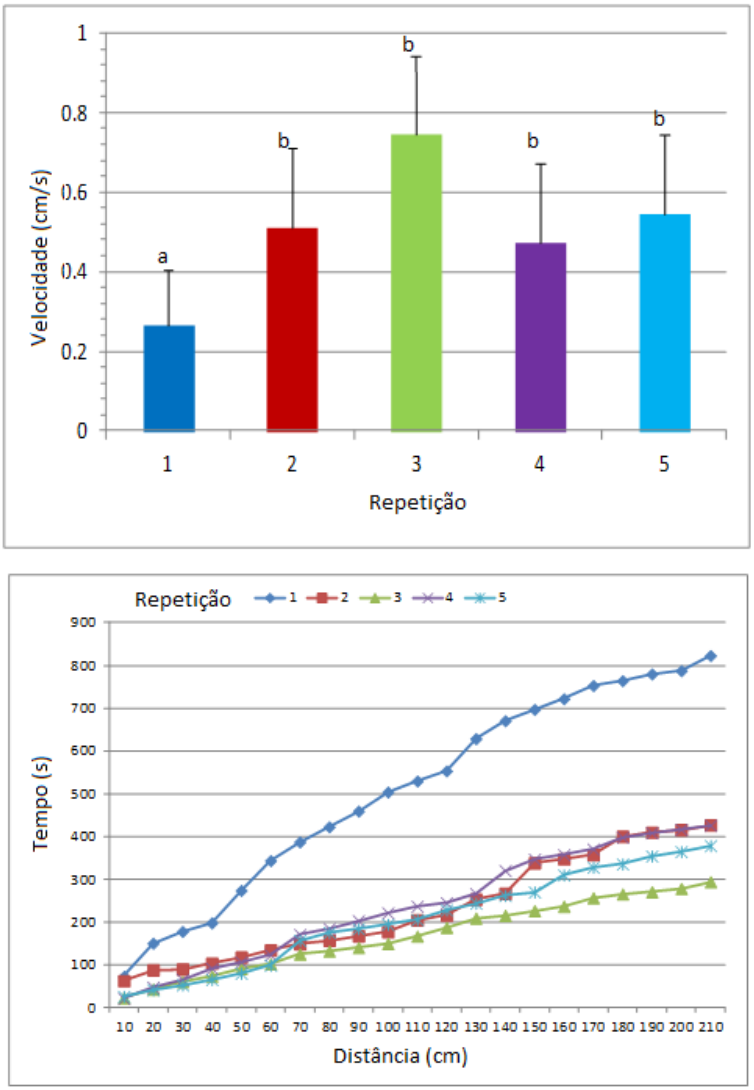


Figura 1: a) Exploração dinâmica: relação entre o tempo (média, nove colônias) e a distância a partir da entrada do ninho, para cada repetição do experimento. b) A velocidade média ± SE em que formigas cruzaram. A área em cada repetição de cada experimento. As barras mesma letra não são significativamente diferentes (ANOVAR, p> 0,05).

Formigas podem sentir com os seus tarsos a natureza do substrato sobre o qual se movem (vidro) e estar mais confiante para caminhar sobre ela em sua segunda visita. Alternativamente, poderiam manter na memória as características visuais do ambiente ao redor da área (intensidade de iluminação, zonas de maior contraste, referências locais) e

reconhecer esses sinais em uma segunda visita. Como efeito, as formigas do género *Atta* demonstraram ser capazes de utilizar vários tipos de sinais para orientar-se no ambiente, por exemplo, gravitacional, químico ou visual (Vilela et al.,1987; Ribeiro et al., 2009).

4 CONCLUSÃO

Nossos resultados sugerem que em cada colônia, provavelmente o mesmo grupo de formigas escoteiras, exploraram a área em repetições sucessivas do experimento. Estas formigas familiarizarem-se muito rapidamente com a área de forrageamento, pois a velocidade com que elas cruzaram a área foi duplicada depois de apenas uma única exploração. Uma vez que todos os sinais químicos que poderiam ter sido depositados durante cada exploração foram removidos entre as repetições, o processo de familiarização deve basear-se em outro tipo de sinais, por exemplo, tátil ou visual, evidenciando possível memória de navegação.

5 REFERÊNCIAS

Bénichou, O., Coppey, M., Moreau, M., Suet, P. H. & Voituriez, R. (2005). Optimal search strategies for hidden targets. *Physical Review Letters*, 94: 198101-198101, 198101-198104.

Detrain, C., Deneubourg, J.-L. & Simpson, S. J. (2008). Collective decision-making and foraging patterns in ants and honeybees. *Advances in Insect Physiology*, 35: 123-173.

Farji-Brener, A. G. & Sierra, C. 1998. The role of trunk trails in the scouting activity of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes. Ecoscience*, 5: 271-274.

Forti, L.C.; Pretto, D.R. & Garcia, I.P. (1994) Aprimoramento de metodologias experimentais para controle de formigas cortadeiras. *Anais do III Curso de Atualização no Controle de Formigas Cortadeiras*, PCMIP/IPEF: 14-23.

Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (1990) *The ants*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Lopes, J.F.S.; Forti, L.C. & Camargo, R.S. (2004) The influence of the scout upon the decision-making process of recruited workers in three *Acromyrmex* species (Formicidae: Attini). *Behavioural Processes*, 67: 471–476.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Ribeiro, P. L., Helene, A. F., Xavier, G., Navas, C. & Ribeiro, F. L. (2009). Ants can learn to forage on one-way trails. *PLoS One*, 4, e5024.

Roces, F. (1990) Olfactory conditioning during the recruitment process in a leaf cutting ant. *Oecologia*, 83: 261-262.

Silva, M. B. (2011) *Caracterização das trilhas de forrageamento em formigas cortadeiras de gramíneas (Formicidae, Attini): transferência de informações durante o recrutamento*

em Atta bisphaerica. p. 72. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Zoologia) – Instituto de Biociências de Botucatu.

Vilela, E. F., Jaffé, K. & Howse, P. E. (1987). Orientation in leaf-cutting ants (Formicidae: Attini). *Animal Behaviour*, 35: 1443-1453.

Whitehouse, M. E. A. & Jaffé, K. (1996). Ant wars: combat strategies, territory and nest defence in the leaf-cutting ant *Atta laevigata. Animal Behaviour,* 51: 1207-1217.

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

CAPITULO III - ATOS COMPORTAMENTAIS DURANTE FORRAGEAMENTO DE *Atta sexdens rubropilosa,* Forel, 1908.

Comunicação científica

RESUMO

Estudos comportamentais em formigas cortadeiras são muito difundidos, este trabalho agrega maiores observações no momento do forrageamento, procurou-se detalhar a cadeia de estímulo, que leva a operária forrageira a encontrar e transportar o substrato ofertado. Colônias de *Atta sexdens rubropilosa*, mantidas em laboratório foram utilizadas em um dispositivo artificial, uma arena de vidro, suspensa 1,51 m do chão, permitindo visualização de todos os ângulos, o objetivo deste trabalho foi relatar os atos comportamentais da formiga escoteira, para isso, algumas operárias foram marcadas e posteriormente seguidas numa tentativa de quantificar os atos comportamentais desta. Nota-se que do total de operárias que saem para explorar, 24% está diretamente relacionada a seleção, corte, transporte do alimento.

Palavra chave: Observação, substrato, cadeia de estímulos

CHAPTER III - ACTS DURING BEHAVIORAL FORAGING *Atta sexdens rubropilosa,* Forel, 1908.

ABSTRACT

Behavioral studies on cutting ants are very widespread, this work adds further observation at the time of foraging, we sought to detail the chain of stimulus, which leads to forage working to find and transport the substrate offered. Colonies of Atta leaf cutter, kept in the laboratory were used in an artificial device, an arena glass, suspended 1.51 m above the ground, allowing viewing from all angles, the aim of this study was to report the behavioral acts of the scout ant to so some workers have tagged and subsequently followed in an attempt to quantify this behavioral acts. Note that the total number of workers to explore, 24% is directly related to the selection, cutting, transporting food.

Keyword: Note, substrate, chain stimuli

1 INTRODUÇÃO

O forrageamento de formigas é um processo complexo, que muitas vezes, para um bom entendimento do comportamento, pode ser estudado a partir do indivíduo, da colônia ou de interação de ambos (SCHLINDWEIN,1996).

Em colônias de formigas cortadeiras a busca por alimento é realizada pela operária denominada escoteira, após a descoberta do substrato, ocorre o recrutamento das operárias que exercem demais funções, entre elas o corte e o transporte do substrato. (LOPES, 2004). Insetos sociais abrigados no solo desenvolveram sistemas olfativos e táteis refinados, possibilitando comunicação através do uso de semioquimicos (HOWARD; BLOWQUIST, 1982).

No ato da seleção do material a ser forrageado também discernem odores e distinguem substancias químicas através de seus órgãos sensoriais (LITTLEDYKE; CHERRETT, 1978). Em geral assume-se que 10% das operárias de uma colônia estejam engajadas em atividades diretamente relacionadas ao forrageamento, enquanto os demais indivíduos podem estar desempenhando outras funções relacionadas ao ninho, ao cuidado com a prole, ou ainda podem estar inativos (DORNHAUS, 2008). Com intuito de estimar os atos comportamentais durante o forrageamento, realizou-se o experimento em laboratório observando qual a seqüência da cadeia de estímulos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Numa superfície de vidro suspensa a 1,51m do solo com área de (2,10 x 0,95m) e paredes de vidro, de quinze centímetros contendo fluon® nas bordas. Conectaram-se mangueiras transparentes a uma colônia de *Atta sexdens rubropilosa*, mantida em laboratório por um

ano, contendo o jardim de fungo com volume de aproximadamente um litro. No centro da arena de forrageamento foi ofertado uma folha de *Achalypha* sp. e um micro-porta-isca (MIPIS®), (figuras 2), contendo iscas de polpa cítrica, sem inseticida, confeccionados no Laboratório de Insetos sociais praga-LISP, no departamento de Produção vegetal, na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu, Fazenda Lageado. Por duas horas permitiu-se o contato das operárias com os substratos. Utilizaram-se três colônias, cinco repetições por colônia, em diferentes dias, iniciando sempre às 18h30min, totalizando quinze repetições. Foi anotado o número de indivíduos que participava de cada ato em intervalos de trinta minutos após os quinze iniciais. Pelo método de amostragem Instantânea, também conhecido como "snapshots", "instantaneous sampling" ou "fotografias", técnica usualmente aplicada na observação de uma colônia (DEL-CLARO,2004). A porcentagem de formigas realizando atividade de forrageamento foi contabilizada, sendo que diretamente ligadas aeste, estão as operárias relacionadas com corte, transporte do substrato e marcação de trilha (Tabela 1). Também foi observada a porcentagens dos atos denominados, abandono de folha, auto-limpeza e imobilidade. Um gráfico ilustrando essas ações foi desenhada (figura 1). Algumas operárias foram marcadas, com modificações de Forti, (1985), para melhor visualização da seqüência de atos (figura 2), ou seja, descrevemos a cadeia de estímulo através de um diagrama (figura 3).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Operarias chegam até a fonte de alimentoexplorando a área com as antenas abertas e em movimento de zigue-zague, tocando a superfície (SILVA,2012). Procuram selecionar o fragmento adequado, tocando-o com as antenas e peças bucais e, na maioria das vezes, retornam à câmara de fungo carregando algum fragmento de folha (BARROS, 2013). Segundo Jaffé e Howse (1979) e Jaffé (1980) nas espécies *A. texana* e *A. cephalotes*, existem pelo menos três diferentes categorias de operárias: carregadoras de folhas, exploradoras e outras operárias que caminham sobre a fonte de alimento, mas, sem desempenhar uma função específica. Entretanto em *A. s. rubropilosa* observou-se que as operárias efetuam várias funções durante sua atividade, não podendo ser enquadradas em categorias (figura 4).

A porcentagem de formigas (figura 1,) realizando os atos foi contabilizadas, sendo que apenas 24% estão relacionadas diretamente com atividades de corte, ou seja, mordendo

com as mandíbulas o substrato (10%), transporte do substrato, ou seja, com carga (6%) e marcação de trilha, ou seja, caminhando com o gáster curvado em contato com a superfície (8%). Também foi observado a porcentagens nos seguintes atos: Auto limpeza, ou seja, passando o pente na antena (6%) e Imobilidade, ou seja, formigas estáticas (0%). Em 100% das repetições ocorreu o encontro e a folha foi transportada. (Foto1), sendo que esta porcentagem de transporte cai para 46% no MIPIS®.

A flexibilidade de um individuo pode aumentar seu repertório de tarefas, porém cada atividade demanda energia, nas formigas, 2/3 de seu tempo aparentemente inativas, perambulando ou auxiliando as companheiras (HERBER, 1983). Ayre (1962) estudou a população de três espécies de formigas em condições de laboratório discutindo o índice de Lincoln, chegando a estimativas que 80% das operárias não participam do forrageamento propriamente dito. Assim sendo, apenas 6% da população se empenham na coleta do substrato para o cultivo do fungo (LEWIS et al.,1974). Forti(1985) verifica para *A. capiguara* que 50% das operarias forrageiras recortam e carregam o vegetal, 17% apenas carregam o que foi cortado ou fragmentos diminutos, 10% apenas cortam, 23% estão aparentemente inativas. Em trabalhos com diferentes fontes de estímulos para o forrageamento de *A. s.rubropilosa*, há variação do perfil etológico e alocação de tarefas desempenhadas pelos indivíduos presentes na colônia, (SUJIMOTO, 2013).

O estimulo olfatório é importante no momento da seleção do substrato, porém apenas ele não garante o recrutamento de outras operárias para a fonte. Na trilha de forrageamento operárias exibem movimentos antenais para baixo e para cima, durante a locomoção, em atividade exploratória. Contudo, quando estas operárias se deparam com a fonte de alimentação, onde o material provavelmente atrativo se encontra, exploram as iscas e, visto a impossibilidade de carregar, ou se alimentar de tal fonte, as operárias abandonam o local e buscam outro substrato para forragear (CARLOS, 2008, BARROS, 2013).

Mesmo em um ambiente totalmente artificial a atividade forrageira se enquadra nas descrições da literatura, porém os passos de uma escoteira o repertório de situações é muito variável, não podendo ser descrito um padrão de forrageamento, sequer definir qual operaria é a escoteira, uma vez que a forrageira pioneira nem sempre é a primeira a encontrar a fonte de alimento, diferindo do que foi observado por Jaffé e Howse (1979). Diferença de padrões de corte são atribuídos aos substratos vegetais em *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (KNAPP et al., 1990),porém, mesmo com uma única situação (*Achalypha* + MIPIS®) visualizou-se todas os comportamentos, entre eles:substrato que

nunca são cortadas e testadas para o corte, aquelas que sofrem apenas a inspeção para o corte, situações onde ocorre o corte porém não o transporte e finalmente onde tem-se o corte e transporte. Fatores ambientais, assim como o senso comum da colônia, vão influenciar na tomada das atividades (GORDON, 2002).

Tabela 1. Atos, médias e porcentagem de operárias de *A. s. rubropilosa* observadas forrageando os substratos (MIPIS® e *Achalypha*) ofertados por duas horas no centro da arena.

Atos	Médias	Porcentagens
Operárias forrageiras ativas	40	69%
Marcar	4,52	8%
Cortar	5,96	10%
Transportar	3,5	6%
Imobilidade	0,2	0%
Abandonar	0,36	1%
Auto limpeza	3,5	6%
Total de operarias na arena	59,2	100%

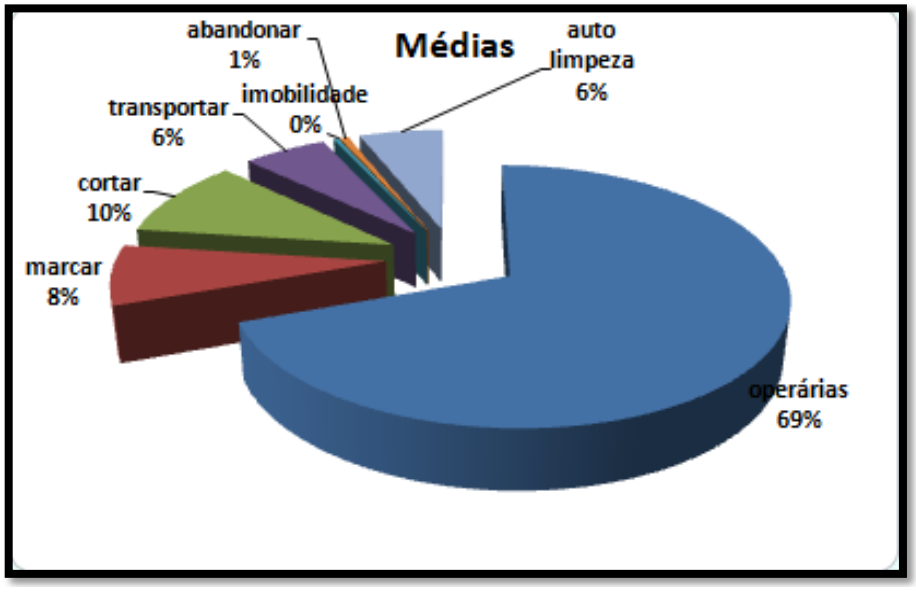


Figura 1, Porcentagem das médias em relação a cada ato comportamental realizado por operarias forrageiras de *A. s. rubropilosa* durante a observação no Laboratório de Insetos Sociais Praga.

Figura 2. Exploração dos substratos ofertados (MIPIS® e folha de *Achalypha*) por *A. s. rubropilosa*no centro da arena.

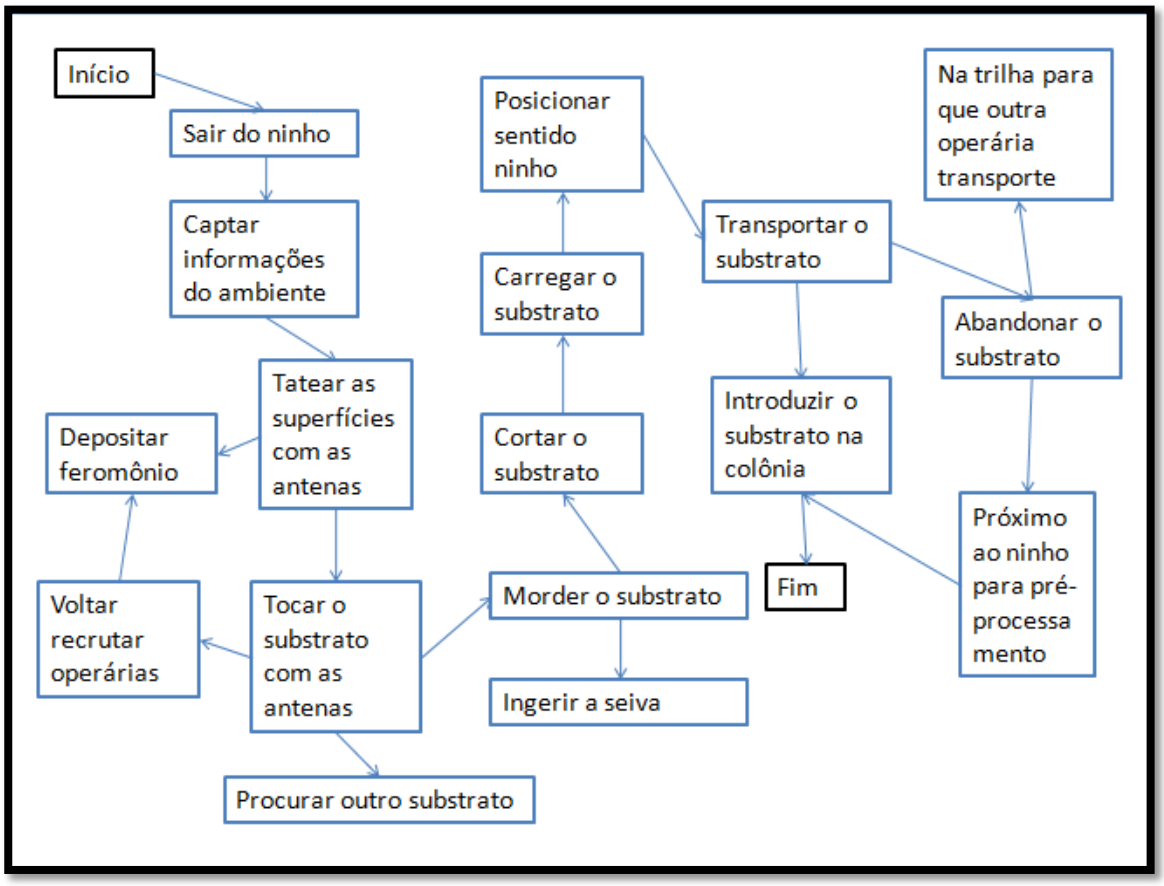


Figura 3. Cadeia de estímulos:Atos comportamentais de *A. s. rubropilosa*, durante o forrageamento na forma de diagrama.

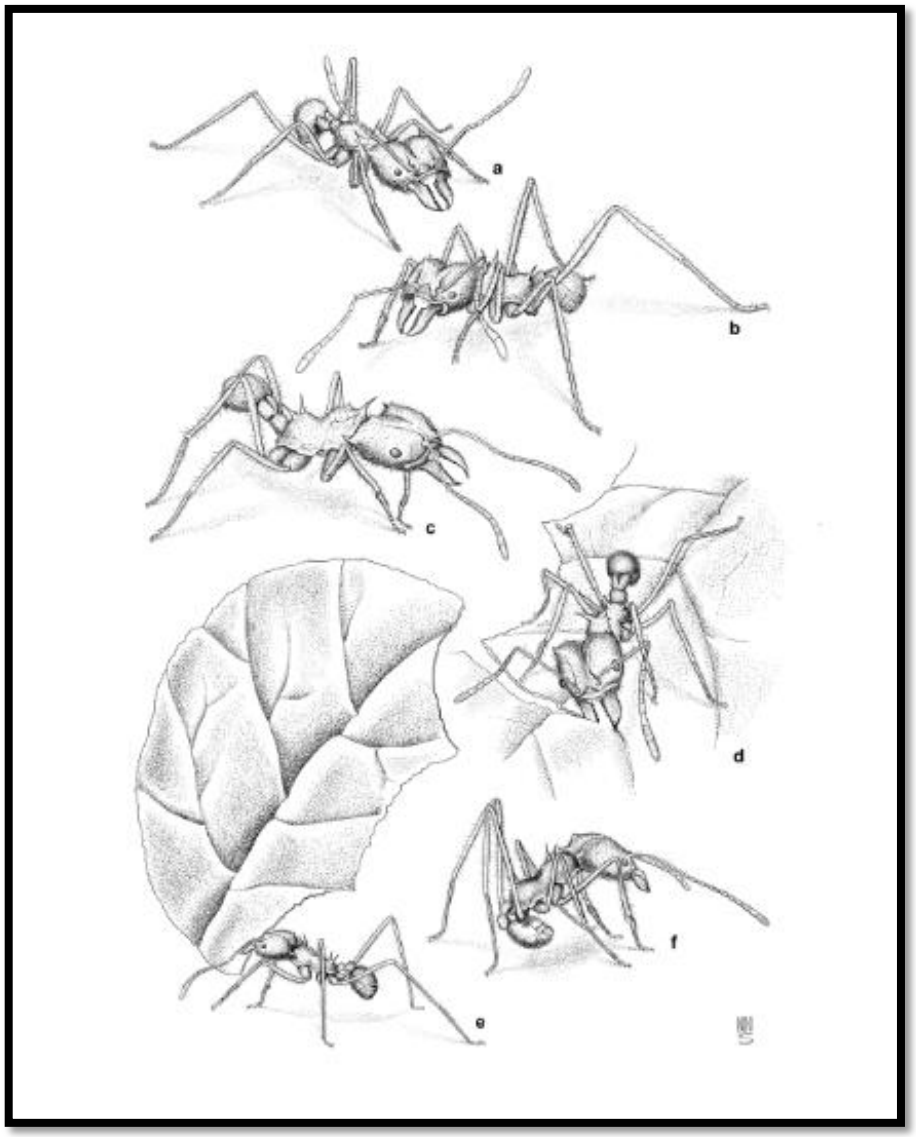


Figura 4. Atos observados durante o forrageamento de *A. s. rubropilosa*, representando a cadeia de estímulos simplificada: a) Saindo do ninho e captando informações do ambiente, b) Limpando antenas, c) Caminhando tateando a superfície até tocar o substrato, d) Efetuando o corte, e) Transportando o fragmento vegetal e f) Aguardando o próximo estímulo. Ilustração: Natanael Nascimento.

4 CONCLUSÃO

- 24% das operárias de *A. s. rubropilosa*estão diretamente envolvidas no corte transporte de substrato e marcação de trilha;
- As iscas contidas no MIPS foram pouco carregadas;
- A embalagem do MIPS dificulta o carregamento no início da exploração;
- Não há uma seqüencia no forrageamento, ou seja, este é variável dependendo de estímulos do meio.

5 REFERÊNCIAS

AYRE, G.L. 1962. Problems in using the Lincoln Index for estimating the size of ant colonies (Hymenoptera: Fonnicidae] .**Journal of New York Entomological Society** 60: 159- 167

BARROS, TierlaGianiSchussler**. Respostas comportamentais de operárias de Atta sexdensrubropilosaforel, 1908 (hymenoptera, formicidae) a substâncias voláteis**. 2013. ix, 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" , Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2013.

CARLOS, A. A. **Influência da polpa cítrica, do óleo e de fungos filamentosos na atratividade de iscas tóxicas à *Atta sexdensrubropilosa*(Hymenoptera, Formicidae)**. 2008. 90 f. Tese (Doutoradoem proteção de plantas) Universidade Estadual Paulista "Júlio deMesquita Filho" UNESP - Botucatu - SP.

DEL-CLARO, K. 2004. **Comportamento Animal. Uma introdução à ecologia comportamental**. Distribuidora / Editora – LivrariaConceito, Jundiaí, SP, 132p.

DORNHAUS A (2008) Specialization does not predict individual efficiency in an ant. **PLoS Biology** 6(11): e285. doi:10.1371/journal.pbio.0060285

FORTI, L. C. 1985. **Ecologia da saúva *Atta capiguara* Gonçalves, 1944 (Hymenoptera, Formicidae) em pastagem**. Piracicaba. 234p. Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

HERBER, J.M. (1983), "Social organization in Leptothorax ants". Psyche 90: 361-386.
Howard RW, Blomquist GJ, 1982. Chemical ecology and biochemistry of insect hydrocarbons.Annu**. Rev. Entomol**., 27, 149-172.

HOWARD R. W.; BLOMQUIST G. J. 1982.Chemical ecology and biochemistry of insect hydrocarbons.Annu.**Rev. Entomol**., 27, 149-172.

JAFFÉ, K. & HOWSE, P.E. 1979.The mass recruitment system of the leaf cutting ant, Atta cephalotes (L.).**Animal Behaviour**, 27: 930-939.

JAFFE, K. Theoretical analysis of the communication system for chemical mass recruitment in ants.**Journal of Theoretical Biology**, London, v.84, n. 4, p. 589-609 Jun. 1980.

GORDON, D.M. 2002.The regulation of foraging activity in red harvester ant colonies.**AmericanNaturalist,** 159 (2002), pp. 509–518

KNAPP, J.J.; P.E. HOWSE & A. KERMARREC. 1990. Factors controlling foraging patterns in the leaf-cutting ant*Acromyrmexoctospinosus* (Reich), p. 382-409. *In*: R. K. VANDER MEER; K. JAFFÉ & A. CEDEÑO (Eds). **Applied myrmecology – a world perspective.** Boulder, Westview Press, 741p.

LEWIS, T., POLLARD, G.V., DIBLEY, G.C. 1974 Micro-environmental factors affecting diel patterns of foraging in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*(L.) (Formicidae: Attini). J. **Anim. Ecol**., v. 43, p. 143-53.

LITTLEDYKE, M. CHERRETT, J.M. 1978. Olfactory responses of the leaf-cutting ants A. cephalotes L) and Acromyrmexoctospinosus (Reich.) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory**. Bull. Entomol**. Res., 68, 273-282.

LOPES, J.F.S.; FORTI, L.C.; CAMARGO, R.S.; 2004.The influence of the scout upon the decision-making process of recruited workers in threeeAcromyrmex species.**Behav. Processes**, 67, 471-476.

SCHLINDWEIN, M.N. 1996. **Avaliação das estratégias de forrageamento de *Atta sexdensrubropilosa*Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) com o uso de manipulação espaço –temporal de recursos vegetais.** Rio Claro: UNESP.(Tese de Doutorado em CiênciasBiológicas). 100p.

SILVA, Shênia Santos. **Comportamento de territorialidade em *Acromyrmexsubterraneussubterraneus*Forel, 1893 (Hymenoptera: Formicidae).** 2012. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrárias, Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Norte FluminenseDarcy Ribeiro, Campo dos Guaitacazes, RJ.

SUJIMOTO; Fernando Ribeiro. **Recrutamento e marcação química de trilha em *Atta sexdensrubropilosa* (Hymenoptera:Formicidae) sob diferentes fontes de estímulos.** 2013 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) Departamento de Entomologia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, SP.

CAPITULO IV – FORRAGEAMENTO A CAMPO DE ISCAS ARTIFICIAIS OFERTADAS PARA *Atta sexdens rubropilosa* F. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

Semina – Ciências Agrárias

RESUMO

Em formigas cortadeiras o forrageamento consiste num conjunto de atos comportamentais que levam as operárias a encontrar fontes de alimentos para garantir a sobrevivência da colonia. Um dos pontos a serem revistos no controle químico de formigas cortadeiras com isca granulada é a distribuição destas a campo. Objetivou-se acompanhar o início do forrageamento de cinco colonias e recomendar a melhor estratégia de manejo, a fim de garantir o transporte da isca. O experimento realizou-se no inicio do outono de 2014, o solo coberto com aciculas de pinus, formava um muching natural, limpou-se a area num quadrado de 25 m², alocando no centro uma colonia mantida por um ano em laboratório, com aproximadamente 1 L de jardim de fungo, em potes de acrílico, conectado a uma extenção de mangueira de um metro, representando um tunel e o orificio de saida na extremidade, ao redor ofertou-se em 80 pontos equidistantes entre si 0,5 m vinte canudos empanados (isca artificial) em cada ponto, formando uma malha ao redor da colônia. Utilizando canudo plastico picotado, polpa citrica desidratada e moida empregnadas com melaço de cana, esta isca foi confeccionada no LISP- Laboratório de insetos sociais praga, na fazenda lageado em Botucatu. Observou-se na primeira hora os 20 primeiros pontos visitados, estes eram anotados e ranqueados numa planilha, após 15 repetições conclui-se que as formigas forrageiam adiante do orificio, ou seja, no final da trilha. Os primeiros pontos a serem esgotados, foram sempre os primeiros a serem encontrados, sendo estes os mais próximos da entrada do olheiro.

Palavra chave: Colônias, exploração, polpa cítrica.

CHAPTER IV - FORAGING IN THE FIELD OF ARTIFICIAL BAITS OFFERED TO *Atta sexdens rubropilosa* F. (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

ABSTRACT

In cutting ant foraging consists of several behavioral acts that lead workers to find sources of food to ensure survival of the colony. One of the points to be revised in the chemical control of leaf-cutting ants with granular bait is the distribution of these in the field. This study aimed to monitor the beginning of foraging in five colonies and recommend the best management strategy, to ensure the transport of the bait. The experiment was held in the early fall of 2014, covered with pine needles, forming a natural mulching soil, cleared to a square area of 25 m², allocating in the center a colony maintained in the laboratory for a year, with approximately 1 L of fungus garden, in acrylic pots, connected to an extension tube of a meter representing a tunnel and the exit orifice at the end, around it was offered in 80 equally-spaced points of 0.5 m between then twenty breaded straws (artificial bait) at each point, forming a mesh around the colony. Using cut plastic straw, dried citrus pulp and groundwood imbued with sugar-cane molasses, this bait was made in LISP- Laboratory of Social Insects-Pests in Farm Lageado, Botucatu. We observed during the first hour in the first 20 visited points, these were recorded and ranked in a spreadsheet, after 15 repetitions was concluded that the ants foraged hereinafter, ie, at the end of the trail. The first points of being depleted, were always the first to be found, which are the closest to the entrance of the scout.

Keyword: Colonies, exploration, citrus pulp.

1 INTRODUÇÃO

Insetos sociais possuem uma gama variada de sistemas de forrageamento que refletem a enorme faixa de condições ecológicas em que eles são encontrados (SCHAFER,et al., 2006). As formigas cortadeiras utilizam uma ampla área de forrageamento, cortando uma grande diversidade de espécies vegetais (CHERRETT, 1980). Quanto ao corte de vegetais preferem partes macias e jovens, como flores e folhas novas, dependendo da espécie, podem preferir cortar monocotiledônea ou dicotiledônea (WILSON,1971).

As operárias encontram os recursos por meio de busca intensa caminhando na superfície do solo, explorando sempre novas fontes e partindo de trilhas físicas já estabelecidas ou saindo dos olheiros da rede de túneis subterrâneos construindo, assim, nova trilha ou não, em função da quantidade e qualidade desse recurso (DOSSIÊ TÉCNICO, 2011).

Estímulos do meio, restringidas por condições climáticas, a exemplo da pressão atmosférica, reflete o numero de olheiros ativos (TUBELIS; NASCIMENTO,1984). O odor do material pouco influencia o encontro do substrato nesse processo, sendo somente percebido pela operária a curta distância (LITTLEDYKE; CHERRETT, 1978).

Sabe-se que ao final da trilha, as formigas operárias espalham-se em busca de novos substratos, a direção dessa exploração é quase sempre centrífuga (GARCIAet al.2003), após encontrar o recurso partindo da trilha já definida, opta por prolongar a trilha ou não, dependendo da qualidade e quantidade do substrato (SILVA, 2010). Em curto prazo os recursos explorados são somente aqueles que estão à frente da direção de crescimento da trilha. É muito frequente encontrar micro-porta-iscas não visitados, e esse fato ocorre

porque os mesmos podem estar localizados em lugares não explorados pelas formigas. Buscou-se determinar o padrão de forrageamento identificando a área mais ativa durante a coleta das iscasartificiais a campo, por colônias jovens mantidas em laboratório por um ano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Uma colônia mantida por um ano em laboratório em potes de acrílico (figura 1), com aproximadamente 1L de volume de fungo, foi alocando no centro de uma área delimitada a campo sob a sombra de uma *Gmelina arbórea*,arvore formada com copa ampla, que sombreava o local, zelando pela integridade do jardim de fungo, numa tentativa de diminuir amplitude térmica evitando que o fungo recebesse radiação solar direta, preservando a faixa de umidade deste.

O experimento realizou-se no inicio do outono, no departamento de proteção vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA-UNESP-Botucatu), entre o pomar de citros e o muro que delimitava o terreno. Limpou-se uma área,com auxilio de rastelo e vassoura, num quadrado de 5x5metros, ou seja, 25m², no solo, que estava coberto com acículas de *pínus*, formando um mulching natural. Após a área encontrar-se limpa, posicionou-se a colônia conectada a uma extensão de mangueira de um metro,representando um túnel e o orifício de saída na extremidade denominado olheiro, exatamente no centro do quadrado, ao redor ofertou-se em 80 pontos equidistantes entre si 0,5m, cada ponto continha 20 fragmentos de canudo empanado (isca artificial) formando uma malha ao redor da colônia (Figura 2 e 3).

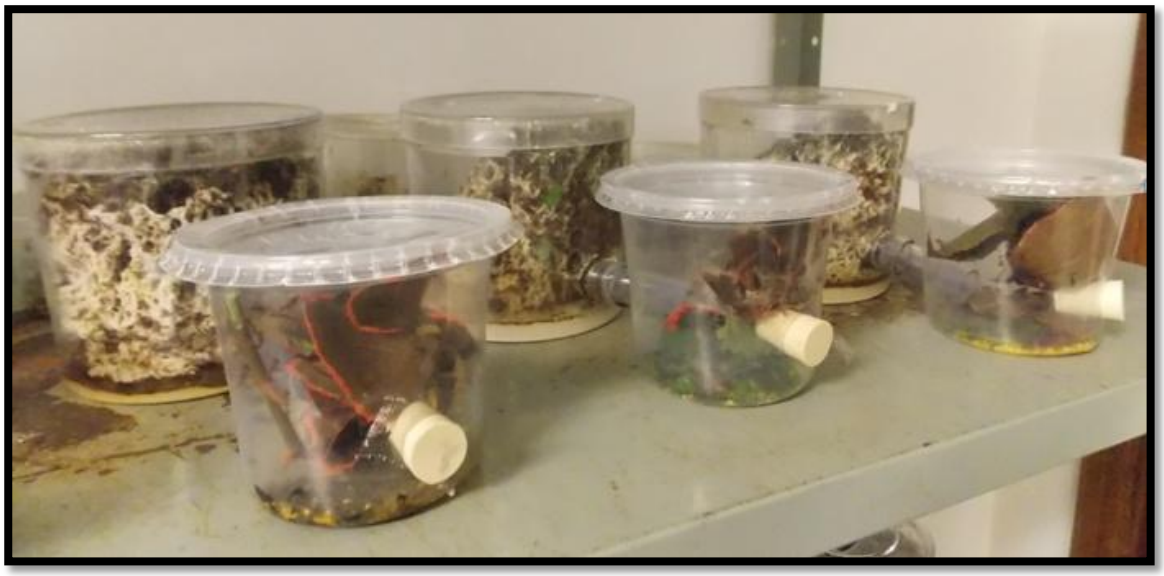
Confeccionados no Laboratório de Insetos Sociais Praga, LISP-FCA-UNESP-Botucatu, Fazenda Lageado, os canudinhos plásticos de refrigerante, foram picotados com tesouraem pedaços de 3 a 4 milímetros e empanados com pó de polpa de citros (albedo desidratado), impregnados com melaço de cana - de - açúcar, seco em estufa ventilada para uso em campo (figura 4). Iscas sem substância tóxica e comprovadamente atrativas para as formigas, com algumas modificações (RAMOS, 2002, FERNANDES et al., 2007).

Observou-se na primeira hora os principais pontos visitados, estes eram anotados e ranqueados numa planilha, após 15 repetições, anotados e posteriormente ranqueados num croqui (Figura 6).

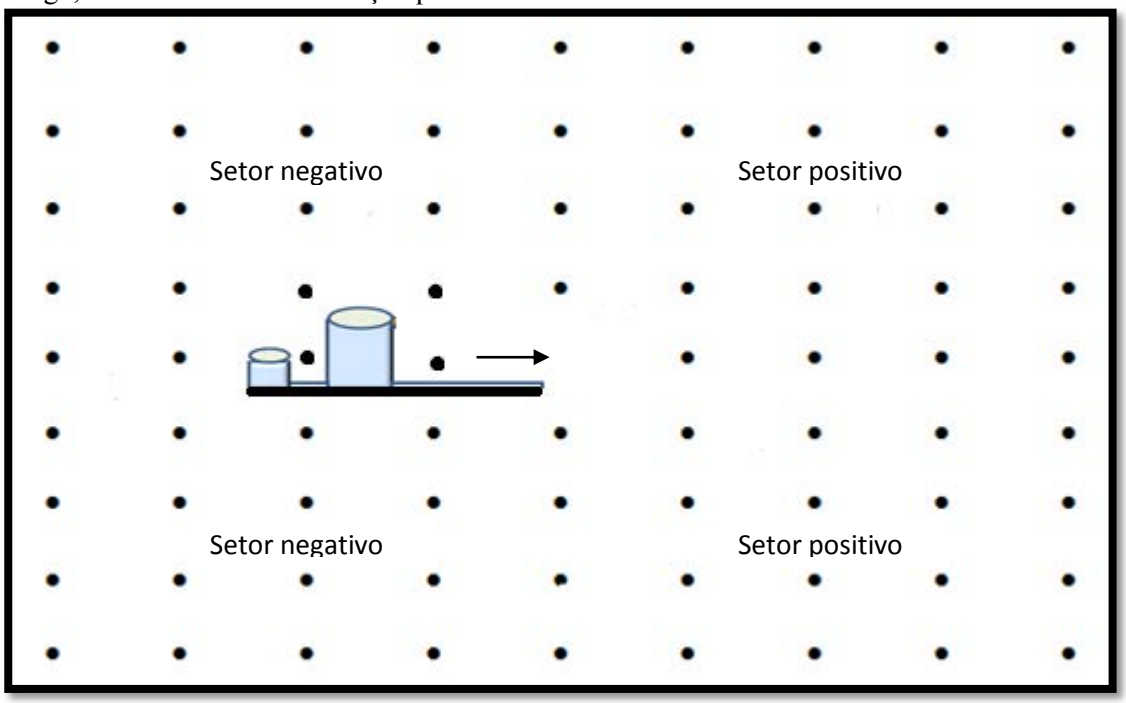
Após três horas as primeiras fontes visitadas tinham seus fragmentos de canudos recolhidos para o ninho, observando a área de forrageamento efetivo, após 24 horas do inicio do experimento, contaram-se as iscas artificiais não coletados, gerando assimtabela

para análises do setoronde ocorreu maior atividade forrageira (Tabela 1), dividindo a área em setor positivo (adiante do olheiro) e negativo (atrás do olheiro).Foi realizado um teste Qui quadrado ($\chi 2$), considerando todas as colônias juntas (Tabela de Contingência =15 x 2).

Os ninhos eram recolhidos e respeitava-se as ordens de repetições até que voltassem a campo, utilizou-se cinco colônias três vezes cada.



(Figura 1) Colônias de *A. s. rubropilosa*, mantidas sob temperatura e umidade controlada, no Laboratório de Insetos Sociais Praga, por um ano, contendo aproximadamente um litro de jardim de fungo, lixo e arena de alimentação para testes.



(Figura 2) Posição da colônia conectada a meio metro de mangueiracom80 pontos de distribuição dos 20 fragmentos de iscas, equidistantes 0,5m.Adiante da colônia (seta) encontra-se o setor positivo, no lado oposto o negativo.

(Figura 3) Área delimitada no experimento, com 20 fragmentos de canudinhos distribuídos em 80 pontos eqüidistantes 0,5m em uma área de 25m² (5 x 5 m.) para observação do forrageamento de operárias de *A. s. rubropilosa* na primeira hora (visitação dos pontos) e após 24 horas (área forrageada com transporte de iscas).

(Figura 4) Olheiro com as iscas devolvidas após 24h,mangueira de um metro simulando túnel e olheiro de saída e iscas confeccionadas e embaladas para transporte no Laboratório de Insetos Sociais-Praga.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Apesar do curto tempo das colônias no campo (24 horas), é possível observar que ao entrar em contato com o novo ambiente as formigas operarias que participam do forrageamento, após primeiro contato com a superfície do solo, coletavam informações com o toque de antena, familiarizam-se rapidamente com o ambiente, espalharam-se nas direções adiante do olheiro e encontravamas iscas, principalmente no setor positivo, as escoteiras que o fizeram retornaram para o olheiro com ou sem iscas, iniciando o recrutamento e a marcação da trilha química.

Os primeiros pontos esgotados (20 canudinhos) foram sempre os primeiros a serem encontrados, sendo estes os mais próximos da entrada do olheiro (SCHLINDWEIN, 2004), na maioria das vezes.Observa-se que 90% dos pontos mais visitados encontram-se a 1,5 m do orifício, respectivamente 100, 107, 64 e 30, para 0,5m, 1m, 1,5m e 2m (figura 7).

Houve diferença significativa entre o setor positivo e negativo, considerando o número de iscas que sobraram (Qui quadrado, g.l.=14, (p) < 0.0001), sobrando maior número no setor negativo, ou seja, o setor positivo foi mais explorado (figura 5).

Apesar da alta atratividade da isca plástica com polpa cítrica nas iscas artificiais, ocorre à rejeição na entrada do olheiro após um período (LOPES et al., 2003). Isto ocorreu após a manhã do dia seguinte, onde não havia mais alterações na coleta de iscas. Em todas primeiras repetições, observou-se o comportamento das operárias de recolher material doambiente para proteger o orifício de entrada com um pequeno murudum de fragmentos de *Pinus* e terra solta, na ultima repetição de cada colônia, as operárias engajavam esforços para formar câmaras e tuneis subterrâneos.

Das etapas que compõem o forrageamento das formigas cortadeiras, a seleção do substrato, atribuída as formigas escoteiras, tem promovido pesquisas, principalmente em virtude das possibilidades de aplicações dos conhecimentos no manejo das áreas cultivadas infestadas e nas estratégias de controle desses insetos (MOREIRA, 2007).

Tabela 1. Número de iscas restantes, que sobraram no ambiente após 24 horas de forrageamento de *A. sexdensrubropilosa*, no lado positivo (adiante do olheiro) e negativo (atrás do olheiro) e respectiva área explorada.

repetições	número de iscas restantes		área explorada
	negativo	positivo	m²
1	201	6	22,5
2	501	88	19,5
3	440	40	25,5
4	584	175	16,5
5	720	300	5,5
6	533	56	23
7	640	380	14
8	700	440	7,5
9	646	328	10,5
10	563	51	22,5
11	597	199	16
12	563	320	6,5
13	635	560	6,5
14	720	480	7
15	700	480	4
Média	597	300	14
Variância	17959,4095	34440,4571	56,13571429
desvio padrão	134,012721	185,581403	7,492377078
Coeficiente de variação	0,22447692	0,61860468	0,535169791

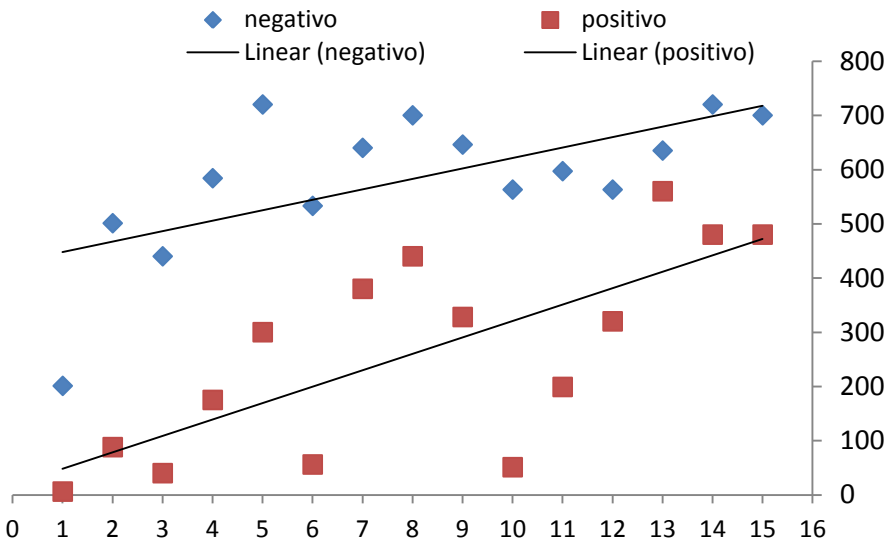


Figura 5, número de iscas que sobraram no setor positivo e negativo nas respectivas repetições.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1						1			
2				1	1		1		
3					3	4	6	4	2
4				7	12	14	14	10	4
5			4	12		15	15	13	6
6			2	11	14	15	14	9	4
7			3	6	11	13	12	7	5
8				1	2	6	6	3	
9				1		2	2	3	

Figura 6. Croqui do número de visitas totais, recebidas na primeira hora de cada repetição, em cada ponto de distribuição de isca, após as quinze repetições das cinco colonias de *A. s. rubropilosa* levadas a campo.

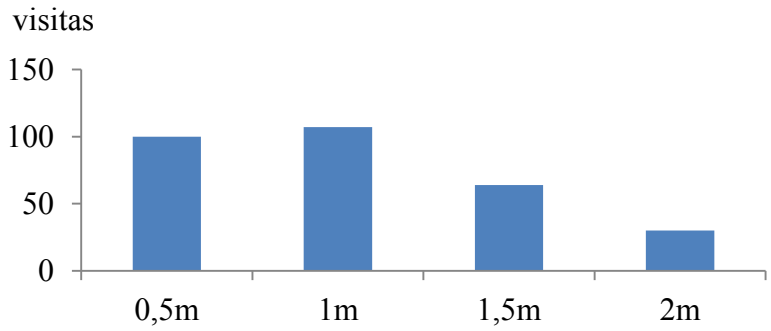


Figura 7. Número de visitas totais das operárias forrageiras de *A. s. rubropilosa*, recebidas na primeira hora de cada repetição, nas distancias de 0,5, 1, 1,5 e 2 metros, após quinze repetições, respectivamente 100, 107, 64 e 30.

4 CONCLUSÃO

- Quanto maior a distância entre a isca e o orifício de abastecimento, menor a chance de carregamento da isca.
- Os pontos mais visitados na primeira hora de observação estão concentrados a 0,5 e 1 metro do olheiro.
- O principal setor explorado esta localizado adiante do olheiro, sendo que a área (m²) de forrageamento decai com o aumento das repetições por colônia.
- Formigas forrageiam adiante do olheiro (setor positivo), esgotam as fontes de interesse e só cessam a atividade quando encontram outro substrato de maior interesse nutricional.

5 REFERÊNCIAS:

CHERRETT, J. M. Possible reason for the mutualism between leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) and their fungus. **Biologia Ecologie Mediterrané enne**, Paris, v. 7, p. 113-22, 1980.

DOSSIÊ TÉCNICO MIPIS EVOLUTION. **ATTA-KILL Departamento Comercial & Marketing**.Rio Claro/SP, agosto, 16p. 2011.

FERNANDES, M. A. C., BRUGGER, M. S., REIS, M. N., ESPÍRITO SANTO, N. B., EVANGELISTA, V. M., LOPES, J. F. S. (2007) Comparação da atratividade de iscas artificiais confeccionadas com *Azadirachta indica* (nim) e polpa cítrica em *Acromyrmex rugosus* (Hymenoptera, Formicidae). **Biológico**, 69: 395-396 pp.

GARCIA, I.P.; FORTI,L.C.; ENGEL,V.L.; ANDRADE,A.P.P; WILCKEN,C.F. 2003. Ecological Interation between *Atta sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) and the vegetation of a Mesophill semideciduous forest fragment in botucatu, SP, Brazil. **Sociobiology** 42(2):166-283.

LITTLEDYKE, M.; J.M.CHERRETT, 1978. Olfactory responses of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L.) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory. **Bull. Ent**. Res. 68: 273-282.

LOPES, J. F. S., FORTI, L. C., BOARETTO, M. A. C., CAMARGO, R. S., ANDRADE, A. P. P., RAMOS, V. M., NAGAMOTO, N. S. (2003) Devolution rates of grass by Atta capiguara (Hymenoptera, Formicidae) in field conditions. **PasturasTropicales**, 25: 42-45 pp.

MOREIRA, A.A.; FORTI, L.C.; BOARETTO, M.A.C.; ANDRADE, P.P.A. 2007. Arquitetura dos ninhos das formigas cortadeiras de gramíneas. **Biológico**. 69 (S). Mesa Redonda. p.83-86. São Paulo.

RAMOS, V.M.:2002**Determinação do território de forrageamento e avaliação do uso de micro porta-iscas para as saúvas *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata***

(Hymenoptera, Formicidae); 1; 88; Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

SCHAFER,R.J.; HOLMES, S.; GORDON, DM. 2006. Forager activation and food availability in harvester ants.**Animal Behavior**. 71:815-822.

SCHLINDWEIN, M.N. (2004)Dinâmica do ataque de *Atta sexdensrubropilosa*Forel, 1908 sobre a vegetação: Uso de manipulação de recursos e armadilha de solo para se estimar o comportamento de forrageamento. **Revista Uniara**,15: 153-166.

SILVA, M. B. 2010. **Caracterização das trilhas de forrageamento em formigas cortadeiras de gramíneas (Formicidae, Attini): transferência de informações durante o recrutamento em *Atta bisphaerica***. p. 72. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Zoologia) – Instituto de Biociências de Botucatu

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel. 1984. 374 p.

WILSON, E.O. 1971.**The insects societies**. Cambridge: BelKnap Press, 548p.

Dados em anexo :

Tabela, com os dados referentes a analises do programa R,capitulo II.

Dados anexos referentes aos tempos em segundos e distâncias em centímetros das nove colônias utilizadas para observação da exploração do território delimitado no capitulo II

Colônia 1			repetições		
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	41	60	20	15	5
20	55	95	31	81	11
30	74	120	45	145	22
40	91	144	59	170	32
50	96	160	71	183	43
60	117	176	88	217	58
70	125	191	111	268	63
80	150	205	120	291	72
90	154	211	131	306	91
100	160	216	146	333	97
110	164	222	156	357	105
120	171	244	165	377	128
130	175	254	188	401	135
140	180	264	195	418	201
150	190	284	205	425	207
160	193	309	217	434	212
170	196	320	226	441	216
180	201	340	235	502	220
190	207	351	244	691	225
200	211	355	251	709	234
210	219	378	258	716	240

Colônia 2			repetições		
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	10	27	25	20	16
20	39	153	46	117	54
30	43	230	63	140	128
40	49	288	118	168	180
50	136	336	140	218	225
60	150	391	171	240	236
70	155	450	180	281	245
80	166	513	240	354	360
90	476	912	255	378	448
100	520	1066	296	406	476
110	526	1092	306	435	483
120	530	1140	319	458	630
130	536	1290	335	478	658
140	540	1304	512	494	680
150	547	1314	516	520	688

160	2040	1329	520	536	695
170	2051	1337	596	554	705
180	2067	1980	600	588	760
190	2071	1992	609	606	764
200	2080	2000	632	620	776
210	2085	2015	639	668	780

Colônia 3			Repetições		
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	137	90	100	20	27
20	419	230	180	30	64
30	425	300	195	39	156
40	431	319	200	46	177
50	440	330	205	52	191
60	447	380	210	59	197
70	453	415	215	64	207
80	459	440	220	70	221
90	470	448	224	74	249
100	491	459	228	80	263
110	532	468	232	87	299
120	546	488	236	94	306
130	558	512	246	100	309
140	658	526	250	178	312
150	793	534	257	213	323
160	1089	549	590	218	331
170	1094	570	598	228	338
180	1114	579	603	235	344
190	1138	585	613	240	352
200	1143	600	619	247	375
210	1146	615	640	257	400

Colônia 4			repetições		
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	10	20	15	60	25
20	16	66	20	150	31
30	24	180	31	170	42
40	42	200	37	179	71
50	54	210	131	186	95
60	73	228	139	190	168
70	155	236	157	194	178
80	213	240	166	199	188
90	240	245	213	204	269
100	248	250	222	213	271
110	367	256	229	246	300
120	432	262	234	250	335
130	438	268	240	259	341
140	501	274	246	261	348
150	508	280	252	266	354

160	516	284	257	273	360
170	523	293	263	279	369
180	529	360	277	284	379
190	535	382	373	290	388
200	540	396	378	293	417
210	549	403	383	297	423

Colônia 5	Repetições				
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	15	11	27	6	31
20	177	36	70	12	66
30	244	45	80	27	401
40	299	168	89	36	406
50	397	176	94	42	410
60	456	189	101	51	414
70	474	271	147	60	420
80	490	284	152	71	440
90	522	294	169	76	444
100	1380	308	180	83	449
110	1430	501	193	86	452
120	1440	528	209	98	455
130	2040	550	767	102	458
140	2070	559	1032	110	466
150	2075	565	1047	117	472
160	2081	575	1054	125	476
170	2090	580	1063	230	486
180	2230	585	1080	236	522
190	2320	598	1088	243	536
200	2330	625	1095	247	540
210	2340	630	1102	251	548

Colônia 6	Repetições				
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	10	13	97	390	8
20	274	22	300	449	213
30	294	312	340	558	239
40	305	333	410	567	245
50	510	350	430	580	253
60	530	363	479	638	265
70	535	375	495	644	273
80	540	382	507	653	338
90	610	448	523	697	352
100	653	452	562	758	369
110	712	459	585	790	378
120	725	467	609	835	386
130	747	490	622	840	401
140	751	500	676	915	407
150	758	517	680	935	430

160	764	540	707	945	436
170	773	549	718	955	450
180	892	561	729	960	456
190	898	567	738	968	560
200	906	628	747	976	573
210	911	636	774	984	580

Colônia 7	Repetições				
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	52	75	20	99	115
20	100	140	60	132	268
30	127	154	100	137	320
40	315	168	142	179	333
50	320	186	205	200	350
60	328	330	215	213	424
70	337	387	340	230	441
80	349	410	366	234	457
90	556	520	413	247	465
100	600	525	420	267	480
110	615	539	440	297	495
120	658	594	447	305	545
130	780	600	474	314	590
140	793	605	534	322	596
150	808	694	540	333	608
160	820	700	556	355	616
170	825	710	570	385	627
180	840	715	584	514	639
190	854	720	597	530	646
200	867	726	613	538	673
210	881	732	622	545	685

Colônia 8	Repetições				
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	55	60	37	23	50
20	78	104	274	77	208
30	325	131	363	85	227
40	450	333	379	298	244
50	456	346	388	305	256
60	460	360	397	312	264
70	480	555	470	352	273
80	500	586	484	403	280
90	510	598	491	407	288
100	780	620	510	460	300
110	786	633	583	465	360
120	802	646	595	470	389
130	816	869	602	475	395
140	822	942	627	480	410
150	827	950	641	504	414

160	832	956	652	630	418
170	840	960	660	674	429
180	850	965	669	683	442
190	860	969	679	693	452
200	874	976	864	699	479
210	878	981	869	704	522

Colônia 9	Repetições				
Distância	**1ª**	2ª	3ª	4ª	5ª
10	10	180	18	38	24
20	15	250	36	44	169
30	148	646	69	49	215
40	168	669	83	70	250
50	175	684	128	240	272
60	188	702	143	247	300
70	220	829	149	255	307
80	224	844	158	262	313
90	340	859	168	271	330
100	344	876	175	287	338
110	502	930	184	298	344
120	512	941	193	311	354
130	519	1051	298	320	360
140	526	1149	306	435	363
150	537	1164	312	446	369
160	551	1172	319	674	374
170	559	1195	327	688	381
180	570	1213	336	1327	388
190	576	1220	345	1352	398
200	584	1228	353	1362	405
210	588	1240	373	1370	420