

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Pós-Graduação em Ciências Biológicas  
Mestrado em Comportamento e Biologia Animal

Viviane Zeringóta Rodrigues

**HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E RESPOSTA DE *Solenopsis saevissima* (SMITH)  
(Formicidae, Myrmicinae) À PERTURBAÇÃO EM AMBIENTE URBANO**

Juiz de Fora

2013

VIVIANE ZERINGÓTA RODRIGUES

**HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E RESPOSTA DE *Solenopsis saevissima* (SMITH)  
(Formicidae, Myrmicinae) À PERTURBAÇÃO EM AMBIENTE URBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração: Comportamento e Biologia Animal, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Prezoto

Juiz de Fora

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rodrigues, Viviane Zeringóta .  
HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E RESPOSTA DE *Solenopsis saevissima*  
(SMITH) (Formicidae, Myrmicinae) À PERTURBAÇÃO EM AMBIENTE  
URBANO / Viviane Zeringóta Rodrigues. -- 2013.  
39 p. : il.

Orientador: Fabio Prezoto  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento Animal, 2013.

1. Ambiente urbano. 2. Comportamento agressivo. 3. Formiga  
lava-pés. 4. Ninhos. I. Prezoto, Fabio, orient. II. Título.

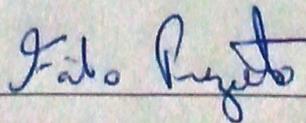
VIVIANE ZERINGÓTA RODRIGUES

**HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E RESPOSTA DE *Solenopsis saevissima* (SMITH)  
(Formicidae, Myrmicinae) À PERTURBAÇÃO EM AMBIENTE URBANO**

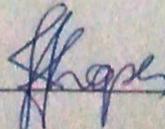
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração: Comportamento e Biologia Animal, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2013.

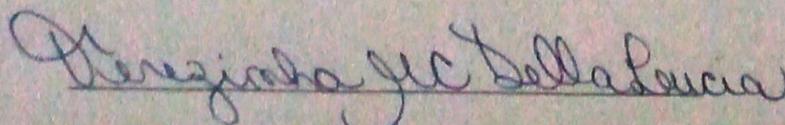
BANCA EXAMINADORA



Dr. Fabio Prezoto (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora



Dra. Juliane Floriano Lopes Santos  
Universidade Federal de Juiz de Fora



Dra. Terezinha Maria Castro Della Lucia  
Universidade Federal de Viçosa

*A meus pais Solange e Jairo, e meu irmão  
Bruno, por sempre estarem ao meu lado.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por colocar anjos em minha vida.

Ao meu orientador Dr. Fabio Prezoto pela oportunidade, paciência e atenção desde quando apresentei monografia na faculdade.

Ao Dr. Jacques Hubert Charles Delabie (CEPEC/CEPLAC- Bahia) pela atenção e identificação das formigas.

À Dr<sup>a</sup> Stephane D'avila pelas considerações que foram de grande ajuda na qualificação.

Ao doutorando André Rodrigues pelas contribuições na qualificação e pelo incentivo no início do mestrado.

À Dr<sup>a</sup> Cássia de Castro Martins Ferreira e ao Higor Tadeu Bonsanto Olivato (LabCaa-UFJF) pela atenção e pelos dados tão importantes para o desenrolar do projeto.

Aos professores e colegas do mestrado pela caminhada juntos.

À Mariana Monteiro de Castro pela companhia sempre agradável, pelos ensinamentos, por tantas risadas no Labec e por nossa aventura à Curitiba.

À Tatiane Senra, pela amizade mais que especial. Agradeço por sempre me dar força nos momentos de desânimo, pelo incentivo e parceria que são motivos de muita felicidade em minha vida.

À equipe LAP, em especial à Tatiane Senra, Fernanda Calmon, Caio Monteiro, Ralph Maturano e Dr. Erik Daemon. Pelas oportunidades de crescimento, pelos puxões de orelha, pelos momentos felizes e momentos de muito trabalho durante o mestrado.

À Bruna Ribeiro e Roberta Pinheiro pelo incentivo e sorrisos. À Mateus Detoni e Maria Mattos por terem ido comigo na primeira 'simulação' de coleta e à Elisa Fernandes por me acompanhar nesses últimos meses.

À Rita, nossa 'ultra mega power' secretária da Pós, que sempre está pronta a nos ajudar no que for preciso.

À Rosângela pelo carinho que se reflete nos almoços deliciosos e descontraídos.

Aos meus amigos 'Nozes' por estarem sempre por perto.

Ao grande amigo Rafael Gioia (*in memoriam*) que foi quem me incentivou a iniciar os passos na pesquisa.

À minha Dindinha Salete Rodrigues pelo carinho, sempre! Pela ajuda e compreensão por tantos momentos ausentes nessa trajetória.

Ao meu príncipe Eugênio Cotta, por compreender minha ausência em tantos momentos, pelo incentivo, força e por seu sorriso sempre presente.

À família Cotta pelo carinho, sempre.

À minha mãe Solange, meu pai Jairo, e meu irmão Bruno, por fazerem parte de toda a batalha que foi entrar no mestrado e agora sair dele... Obrigada família pelo apoio incondicional. Amo vocês!

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pela bolsa concedida.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Fotografia 1.** Mensuração de dados morfométricos das colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- maior comprimento, B- maior largura, C- maior altura..... 19
- Gráfico 1.** Novas colônias de *Solenopsis saevissima* encontradas nas coletas quinzenais (de Maio de 2011 a Maio de 2012) no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais e a temperatura e precipitação respectivas..... 21
- Gráfico 2.** Gráficos de dispersão. Número de colônias novas de *Solenopsis saevissima* (eixo y) nas estações seca e chuvosa (de Maio de 2011 a Maio de 2012) no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), município de Juiz de Fora, Minas Gerais correlacionados com temperatura, umidade e precipitação respectiva da coleta (eixo x)..... 22
- Fotografia 2.** Locais de nidificação utilizados por *Solenopsis saevissima* no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais. A- Vegetação rasteira, B- Substrato misto, C- somente natural e D- somente artificial..... 23
- Gráfico 3.** Substratos utilizados como base para nidificação de *S. saevissima* na área do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais..... 24
- Gráfico 4.** Área (cm<sup>2</sup>) e volume (L) das colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas de Maio de 2011 a Maio de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais..... 25
- Fotografia 3.** Resultado da perturbação em colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais..... 30
- Fotografia 4.** Locais de nidificação de colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- calçamento; B-vegetação..... 31
- Gráfico 5.** Deslocamento (cm) durante os 180 segundos de observação para as 30 colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- Distância horizontal. B- Distância vertical..... 32
- Gráfico 6.** Média de deslocamento (cm) a cada 20 segundos, durante três minutos de observação para as colônias amostradas de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais..... 33

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Comprimento, largura e altura (cm) das colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) encontradas na estação seca e na estação chuvosa de Maio de 2011 a Maio de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais..... 24
- Tabela 2.** Deslocamento horizontal e vertical (cm) dividido por minuto de observação da resposta à perturbação de colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais..... 32

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. DISTRIBUIÇÃO E TAXONOMIA.....	13
2.2. BIOLOGIA.....	13
2.3. ECOLOGIA COMPORTAMENTAL.....	14
2.4. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	15
3. CAPÍTULO I	
HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E DURAÇÃO DE COLÔNIAS DE <i>SOLENOPSIS</i> <i>SAEVISSIMA</i> (SMITH) EM AMBIENTE URBANO.....	17
3.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1.1. LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO.....	18
3.1.2. DADOS DAS COLÔNIAS.....	18
3.1.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	19
3.2. RESULTADOS.....	20
3.3. DISCUSSÃO.....	25
4. CAPÍTULO II	
RESPOSTA DE <i>SOLENOPSIS SAEVISSIMA</i> (SMITH) (FORMICIDAE, MYRMICINAE) À PERTURBAÇÃO.....	28
4.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1.1. LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO.....	29
4.1.2. DADOS DAS COLÔNIAS.....	29
4.1.3. PERTURBAÇÃO DAS COLÔNIAS.....	30
4.1.4. OBSERVAÇÃO COMPORTAMENTAL.....	30
4.1.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
4.2. RESULTADOS.....	31
4.3. DISCUSSÃO.....	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## RESUMO

As formigas do gênero *Solenopsis* são comumente relatadas em ambiente urbano devido à capacidade de exploração de recursos e facilidade de encontro de locais de nidificação, o que favorece sua proliferação, vindo a acarretar acidentes. Os objetivos do presente estudo foram caracterizar os hábitos de nidificação de colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith), assim como analisar sua resposta comportamental frente à perturbação das colônias em área urbana no município de Juiz de Fora, Minas Gerais. Para o estudo dos hábitos de nidificação foram realizadas observações quinzenais compreendidas entre 8 e 16h, de maio de 2011 a abril de 2012. Para cada colônia ativa foi registrado o tipo de substrato e as dimensões do ninho. A resposta comportamental foi estudada com auxílio de uma ferramenta (pá de metal) para a perturbação de 30 colônias, e o deslocamento foi verificado com uma régua de madeira (150cm) posicionada verticalmente sob a colônia perturbada e duas trenas perpendiculares entre si na horizontal (5m). Dados sobre temperatura e umidade relativa do ar foram registrados ao longo das coletas. A dispersão agressiva foi observada nas posições horizontal e vertical (em centímetros) durante três minutos, com coleta de dados a cada 20 segundos. Os resultados demonstraram que essas formigas estão presentes durante todo o ano nesse ambiente, permanecem ativas mesmo nos meses mais frios, e o substrato mais utilizado como base para construção dos ninhos foi a vegetação rasteira. O período seco (de abril a agosto) pode ser considerado o mais adequado para o controle destes insetos por apresentar o menor número de colônias ativas (28%). Com relação ao comportamento de deslocamento, os resultados demonstraram que a velocidade na vertical é significativamente maior que na horizontal ( $p=0,0007$ ), e o deslocamento dessas formigas não tem relação com fatores abióticos e independe do tamanho externo da colônia. Os resultados deste estudo são importantes contribuições para o estudo da biologia e do comportamento agressivo de *S. saevissima* em ambiente urbano, podendo subsidiar estudos de controle a fim de minimizar os acidentes que essas formigas causam.

**Palavras-chave:** Ambiente urbano. Comportamento agressivo. Formiga lava-pés. Ninhos.

## ABSTRACT

Ants of the genus *Solenopsis* are common in urban environments due to their capacity to explore resources and facility to establish nesting sites, which helps their proliferation and increases the occurrence of accidents with intruders. The aims of the present study were to characterize the nesting habits of *Solenopsis saevissima* (Smith), as well as to analyze behavioral responses to disturbances in colonies located in urban areas of Juiz de Fora, Minas Gerais. To study the nesting habits, observations were performed every two weeks from May 2011 to April de 2012, between 8:00 a.m. and 4:00 p.m. For each active colony the substrate and the dimensions of the nest were registered. To analyze the behavioral response, a shovel was used to disturb 30 colonies, and the displacement was verified with the aid of a wooden ruler (150cm long) positioned vertically over the disturbed colony and two (5m) measuring tapes perpendicular horizontally placed at the ground. Temperature and relative air humidity were registered during the observation period. The aggressive dispersion was observed in both directions, horizontal and vertical during three minutes, and the data were collected every 20 seconds. The results demonstrate that these ants are present throughout the year in this environment; that they remain active even in the coldest months and the substrate more utilized to build the nests was the undergrowth. The dry season (from April to August) can be considered more appropriate to controlling these insects due to the low number of active colonies. Regarding dislocation behavior, results show that the speed was significantly higher in the vertical than in the horizontal direction ( $p=0.0007$ ), and it was not related to abiotic factors nor was dependent on the external size of the colony. These results add information on the biology and aggressive behavior of *S. saevissima* in urban environment.

**Key words:** Urban environment. Aggressive behavior. Fire ant. Nest.

## 1. INTRODUÇÃO

Formigas pertencem à ordem Hymenoptera, família Formicidae e são consideradas eusociais por apresentarem sobreposição de gerações, cuidado com a prole e divisão em castas, com diferentes funções na colônia (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). A divisão de trabalho nas formigas é muitas vezes acompanhada por diferenças morfológicas e comportamentais, o que permite maior especialização de tarefas e uma divisão mais eficiente do trabalho, pois um determinado tamanho de operária é mais adequado para a realização de determinada tarefa do que outro (HAIGHT, 2010).

A família Formicidae é um dos grupos de invertebrados mais abundantes em grande parte dos ecossistemas terrestres. Esta abundância é demonstrada por várias características como: alta diversidade, predominância numérica e de biomassa em quase todos os habitats do mundo, importantes funções nos ecossistemas, incluindo interações com organismos de todos os níveis tróficos (ALONSO; AGOSTI, 2000).

Existem em torno de 25.000 espécies de formigas no mundo, sendo que mais de 12.500 já foram formalmente descritas (LACH *et al.* 2010). No Brasil ocorrem, aproximadamente, 2.000 espécies das quais cerca de 50<sup>9</sup> conhecidas como pragas urbanas, causando prejuízos no campo, nas cidades e danos à saúde pública (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002).

Em 2008, pela primeira vez, foi registrado mais da metade da população mundial morando em áreas urbanas e estima-se que por volta de 2025 dois terços das pessoas estejam vivendo em cidades (BOTKIN; KELLER, 2011). Com o aumento do número de pessoas residindo em cidades, há um conseqüente aumento das pragas urbanas, que hoje constituem um dos problemas de saúde pública (CAMPOS-FARINHA *et al.*, 2002). Elas apresentam características que as tornam aptas a se instalarem em diferentes ambientes devido à sua associação com o homem, onde encontram água, alimento e abrigo, são unicoloniais, poligínicas, apresentam agressividade intraespecífica, reprodução por fragmentação da colônia e tamanho reduzido das operárias (OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; PINTO *et al.*, 2007).

Entre as espécies de formigas urbanas incluem-se representantes do gênero *Solenopsis* Westwood (Formicidae: Myrmicinae) que é cosmopolita (THOMPSON, 1989). As principais espécies deste gênero consideradas pragas no Brasil são *Solenopsis saevissima* (Smith) e *Solenopsis invicta* (Buren); e constam na lista da FUNASA de animais peçonhentos de importância econômica e médica (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; FUNASA, 2001).

Formam grandes colônias e são altamente agressivas tanto na defesa do ninho quanto no forrageamento, sendo conhecidas como ‘fire ants’, ‘formigas de fogo’ ou ‘lava-pés’ devido à ferroadas desferida pelas operárias que causa sensação de queimadura provocada por seu veneno (ALLEN *et al.*, 2001; PITTS *et al.*, 2005).

A presença de espécies do gênero *Solenopsis* está, em sua maioria, associada a ambientes modificados pelo homem tornando os acidentes com ferroadas de operárias, frente à perturbação de seus ninhos, especialmente comuns em praças, escolas, universidades, residências e hospitais (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999). A espécie *S. saevissima* é responsável por diversos desses acidentes (FOX *et al.*, 2012).

Para subsidiar o desenvolvimento de novas alternativas de manejos eficientes, seja para minimizar seus efeitos sobre os danos econômicos ou médico-sanitários, torna-se fundamental o conhecimento da biologia de nidificação de *S. saevissima*, assim como o entendimento de sua resposta pós-perturbação e seu comportamento agressivo para que a estratégia a ser implementada seja direcionada e com maiores possibilidades de sucesso.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Distribuição e Taxonomia

*Solenopsis* tem origem na América do Sul onde o clima é ideal para suas colônias e são encontradas em pastos, terrenos de cultivo, ao longo de estradas, parques e gramados (LOFGREN *et al.*, 1975). Pitts *et al.*, (2005) propuseram modificações para a classificação das formigas de fogo feita por Trager (1991), dividindo-as em quatro grupos de espécies: *S. virulens*, *S. tridens*, *S. geminata* e *S. saevissima*.

O grupo de espécies *S. saevissima* abriga 13 espécies descritas: *S. interrupta*, *S. invicta*, *S. macdonaghi*, *S. mergergates*, *S. pythia*, *S. quinquecuspis*, *S. richteri*, *S. saevissima*, *S. weyrauchi*, *S. electra*, *S. pusillignis*, *S. daguerrei* e *S. hostilis*. *Solenopsis saevissima*, objeto do presente estudo, ocupa no Brasil uma faixa ao longo da costa do Oceano Atlântico que adentra o continente por centenas de quilômetros atingindo desde o Estado do Rio Grande do Sul até o Estado do Amazonas (ROSS *et al.*, 2010).

A utilização da biologia molecular no estudo da sistemática de grupos de difícil identificação morfológica tem se mostrado ferramenta importante em estudos filogenéticos trazendo informações adicionais para a diferenciação eficaz das espécies. Na América do Sul, a sistemática do grupo de espécies *S. saevissima* tem sido marcada por dificuldades no reconhecimento das espécies e suas relações com base nos caracteres morfológicos, devido ao reduzido número de caracteres diagnósticos confiáveis (PITTS *et al.*, 2005; SHOEMAKER *et al.*, 2006). Análises filogenéticas realizadas para o grupo de espécies *S. saevissima*, baseadas em sequências do DNA mitocondrial de amostras provenientes de alguns locais da América do Sul (parte do Brasil e Argentina), já permitiram inferências que o grupo seja monofilético (SHOEMAKER *et al.*, 2006).

### 2.2. Biologia

O gênero *Solenopsis* possui hábito alimentar onívoro, se alimentam de diversas substâncias oleosas, secreções produzidas por afídeos, secreções de nectários florais e de invertebrados (BUENO; CAMPO-FARINHA, 1999). Segundo Cassil *et al.*, (2002), colônias de *S. invicta* podem conter meio milhão de operárias e a organização de uma colônia com esta quantidade de indivíduos requer um ninho com boa arquitetura, além desta estrutura otimizar as habilidades de termorregulação da colônia (PENICK; TSCHINKEL, 2008). A função

primária dos montes é a regulação do microclima e esta especialização é importante para a criação e produção sexual da prole (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Cassil *et al.*, (2002) demonstraram que a complexidade do ninho pode modular a resposta da colônia a sinais de comunicação promovendo uma resposta aos sinais químicos, podendo assim evitar, por exemplo, engarrafamentos.

Substâncias químicas ou perturbações mecânicas podem provocar a divisão da colônia em até cinco colônias menores, contribuindo com a reprodução, dispersão e dificultando o controle destes insetos (PINTO *et al.*, 2007). O veneno das formigas lava-pés é produzido em uma glândula conectada ao ferrão e cerca de 90% deste é constituído de alcalóides oleosos e menos de 10% tem constituição protéica que é capaz de provocar reações alérgicas em determinados indivíduos (ALLEN *et al.*, 2001). Há diferença de composição do veneno entre as castas de *Solenopsis*, mais especificamente nas proporções relativas de alcalóides (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

### 2.3. Ecologia Comportamental

As formigas do gênero *Solenopsis* constroem ninhos em áreas abertas formando montículos de terra solta na superfície do solo denominados ‘murunduns’, que se constituem de um sistema de passagens e cavidades que se comunicam umas com as outras e com o exterior. Esses ‘murunduns’ são formados por um labirinto de galerias e diversas câmaras que são utilizadas para armazenamento de alimento, depósito de lixo ou criadouro de larvas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; PENICK; TSCHINKEL, 2008).

As operárias realizam trabalho de manutenção da prole dentro da colônia de acordo com a temperatura. A termorregulação e a produção da prole são indissociáveis e influenciam diretamente na aptidão e sustentabilidade da colônia (PENICK; TSCHINKEL, 2008). Segundo Pranschke; Hooper-Bùi (2003), a temperatura é a variável que mais influencia a presença de prole na parte acima do solo, pois ela afeta o metabolismo, o desenvolvimento e a atividade comportamental.

O homem considera como praga aqueles animais que trazem danos econômicos, portanto *Solenopsis* é considerada praga devido aos danos causados à pecuária bovina, agricultura e saúde pública; apesar de ecologicamente todo inseto ter seu papel definido no ecossistema e na escala evolutiva (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999). *Solenopsis* podem ser encontradas perto das margens de riachos, e ocasionalmente suas colônias podem exibir o

comportamento de ‘rafting’, onde suas colônias enfrentam inundações formando uma massa de formigas que flutuam pela superfície da água até se restabelecerem em outro local mais elevado ou até que a inundação recue (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; ANDERSON *et al.*, 2002; HAIGHT, 2006).

Apresentam agressividade característica na defesa das colônias (LUNZ, 2009); quando têm sua colônia perturbada saem em grande número e podem atacar tudo de estranho que estiver em suas proximidades (DESHAZO *et al.*, 1999). Um indivíduo é capaz de ferroar de 10 a 12 vezes, fixando suas mandíbulas na pele e ferroando repetidamente em torno desse eixo, o que leva a uma pequena lesão dupla no centro de várias lesões pustulosas (FUNASA, 2001).

O controle biológico, assim como outros métodos utilizados para o controle das formigas de fogo, é foco de diversos estudos, principalmente nos Estados Unidos onde tem um histórico de prejuízos causados (PORTER *et al.*, 2003), porém mostra-se insuficiente para bloquear a propagação dessas espécies (WILLIAMS; DESHAZO, 2004). A utilização de inimigos naturais, como os parasitoides do gênero *Pseudacteon* Coquillett (Diptera: Phoridae), teve ênfase nos estudos a partir da década de 90 (ALMEIDA; QUEIROZ, 2009). Porém para sua utilização deve-se considerar também os fatores bióticos e abióticos que exercem influência sobre os inimigos naturais de *Solenopsis* (ALMEIDA; QUEIROZ, 2009).

Um dos motivos da dificuldade de erradicação destas formigas, que vem emergindo como praga global (SHOEMAKER *et al.*, 2006), é a habilidade que uma única colônia possui de disseminar rainhas férteis em várias direções através de longas distâncias (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

#### **2.4. Importância Econômica e de Saúde Pública**

Dentre as formigas de interesse médico estão as do gênero *Solenopsis* que com sua ferroadada podem desencadear processos alérgicos em diferentes graus sendo inclusive causa de óbito. A ferroadada pode provocar complicações tais como anafilaxia, necrose e infecção secundária das lesões, devido ao rompimento da pústula pelo ato de coçar, quando são portadoras de agulhão abdominal ligado a glândulas de veneno. Acidentes múltiplos são comuns em crianças, alcoólatras e pessoas incapacitadas (FUNASA, 2001).

No Brasil há registros de ataques em massa de *S. saevissima*; em 1993 o Município de Envira, localizado no Estado do Amazonas, decretou estado de calamidade pública devido ao ataque da formiga de fogo *S. saevissima*. Além de atacar a população do município causou

destruição de produção agrícola destruindo a vegetação por meio de roletamento das plântulas, com reflexos negativos para a economia local (BRASIL, 1993). Já em 2005, o município de Eirunepé (1245 km de Manaus) foi invadido, também por *S. saevissima*, a qual chegou a 20 vezes o tamanho de sua população normal (GUSMÃO, 2010), onde os moradores afirmaram serem as crianças as principais vítimas (LBA, 2005). Em ambos os casos foram utilizados inseticidas para controle das formigas.

*S. invicta*, embora nativa da América do Sul, causa prejuízos no sul dos Estados Unidos onde foi introduzida acidentalmente e é considerada praga causando danos que chegam a milhões de dólares por ano, pois afetam comunidades locais de insetos promovendo desequilíbrio ecológico e favorecendo o desenvolvimento de organismos nocivos à agricultura e pecuária (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999, DELLA-LUCIA, 2003).

Algumas espécies de *Solenopsis* podem causar grande impacto na fauna local, pois a espécie introduzida pode competir por recursos explorados por espécies nativas, afetando negativamente o crescimento destas ou desalojando-as e, conseqüentemente, reduzindo a biodiversidade (PINTO *et al.*; 2007, WILDER *et al.*, 2012). O desmatamento, a presença de restos alimentares e a utilização de inseticidas em demasia são fatores que favorecem o aumento populacional dessas formigas nas cidades (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999). Entretanto, na América do Norte esse impacto econômico causado é muito maior se comparado ao impacto na América do Sul devido à riqueza de espécies de formigas e outros insetos nativos já regularem a população de *Solenopsis* (PORTER; SAVIGNANO, 1990).

O conhecimento de fatores comportamentais das formigas urbanas permite o desenvolvimento de novos sistemas de manejo desses insetos, que podem levar à redução dessas infestações sem provocar riscos à saúde humana e também reduzir os efeitos ambientais adversos, como o uso indiscriminado de inseticidas, principalmente no interior de residências e áreas institucionais como hospitais e universidades. Assim, o estudo do comportamento de nidificação e a resposta à perturbação desta espécie pode subsidiar e otimizar futuros estudos com enfoque de controle a fim de diminuir os acidentes e os gastos com produtos químicos para combater esses insetos.

### 3. CAPÍTULO I

#### HÁBITOS DE NIDIFICAÇÃO E DURAÇÃO DE COLÔNIAS DE *Solenopsis saevissima* (SMITH) EM AMBIENTE URBANO

As formigas são insetos pertencentes à ordem Hymenoptera, família Formicidae, constituída de 21 subfamílias e 283 gêneros, possuindo em torno de 12.500 espécies descritas (LACH *et al.*, 2010). São encontradas desde o deserto até as florestas tropicais, e assim como qualquer ambiente natural, os ambientes artificiais também podem ser colonizados por algumas espécies (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999).

O gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 é relatado em ambiente urbano (ULLOACHACON, 2003; PACHECO; VASCONCELOS, 2007) e considerado praga devido à capacidade de exploração de recursos e facilidade de encontro de locais de nidificação, o que favorece sua proliferação. As formigas deste gênero são atraídas por substâncias oleosas e são onívoras; recrutam grande número de operárias ao encontrar alimento e constroem seus ninhos normalmente em áreas abertas, apresentando um murundum de terra solta (LOFGREN *et al.*, 1975; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999).

Operárias de *Solenopsis invicta* (Buren) vivem de 10 a 70 semanas chegando a um máximo de 97 semanas em laboratório, sendo que a longevidade aumenta com seu tamanho e diminui com o aumento da temperatura; sua rainha vive de 5,8 a 6,8 anos e o período imaturo dura de 20 a 45 dias (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Assim como *S. invicta*, *Solenopsis saevissima* (Smith) tem destaque com relação à saúde pública, pois ambas podem ser agentes causadores de acidentes ao ferir pessoas e inocular seu veneno, provocando desde um ardor localizado até reações alérgicas profundas. Suas ferroadas podem provocar feridas e indiretamente se tornar alvos de entrada para microrganismos causadores de infecções secundárias. Em hospitais, podem atuar como vetores mecânicos de microrganismos patogênicos (FUNASA, 2001; PINTO *et al.*, 2007).

Segundo Fox *et al.*, (2012) *S. saevissima* é potencialmente responsável por mais de 35% dos acidentes registrados com insetos, os quais são ainda mais comuns em áreas urbanas devido à maior probabilidade de contato com humanos. Os gastos anuais nos Estados Unidos com combate à *Solenopsis* superam US\$2,5 bilhões e cerca de 50% das pessoas que moram em regiões infestadas são picadas pelo menos uma vez por ano (DELLA-LUCIA, 2003). No Brasil, há relatos de acidentes com recém-nascidos no Estado do Rio Grande do Sul, ataque à produção agrícola e à pessoas no Estado do Amazonas e acidentes com crianças no Estado do

Paraná (CHADEE; MAITRE, 1990; OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; LBA, 2005; BRASIL, 2010).

Para realização do controle das formigas é necessário conhecer a situação da infestação de formigas por meio de monitoramento a fim de reduzir o uso indevido de inseticidas que tem contribuído para o aumento e dispersão das populações de formigas consideradas praga. A estação seca é a fase de baixa densidade de alguns insetos (LIMA *et al.*, 2000), portanto o momento mais propício para o controle destes. Assim a fim de verificar se o mesmo ocorre com essas formigas urbanas, este trabalho teve como objetivos estimar o número de colônias, seu tempo de permanência em determinado local e caracterizar os locais de nidificação de *S. saevissima* em ambiente urbano relacionando estes dados com fatores abióticos.

### **3.1. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1.1. Local e período de estudo**

O estudo foi realizado no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (21°41'20" Sul e 43°20'40" Norte, 800 m de altitude) na Zona da Mata de Minas Gerais, sudeste do Brasil, com clima tropical de altitude do tipo Cwa segundo a Classificação de Köppen (1970), onde do mês de abril ao mês de agosto é caracterizado como estação seca e de setembro a março é caracterizado como estação chuvosa. Durante o período de um ano, entre os meses de Maio de 2011 e Maio de 2012, foram realizadas 24 amostragens compreendidas entre 8 e 16h. As coletas de dados foram realizadas quinzenalmente no *campus* através de busca das colônias nas alamedas, jardins e áreas adjacentes aos prédios.

#### **3.1.2. Dados das colônias**

Os parâmetros físicos utilizados para caracterizar as colônias de formigas *S. saevissima* foram os dados morfométricos de seu monte externo (maior comprimento, largura e altura), bem como seus locais de nidificação (Fotografia 1).



**Fotografia 1.** Mensuração de dados morfométricos das colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- maior comprimento, B- maior largura, C- maior altura.

Para fins de identificação foram coletados espécimes representativos de cada colônia e acondicionados em *ependorfs* devidamente etiquetados contendo álcool 70° GL. O material foi identificado ao nível de gênero de acordo com a chave taxonômica de Fernández (2003) e ao nível de espécie pelo Dr. Jacques Hubert Charles Delabie (Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus – UESC). O material foi depositado na coleção do Laboratório de Ecologia Comportamental (LABEC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e amostras foram tombadas na coleção da UESC (n° #5700).

Dados diários sobre temperatura, umidade relativa e precipitação foram fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCaa), Departamento de Geociências do Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, através Estação Meteorológica Automática – EMA/INMET. A partir desses dados diários foi realizada a média quinzenal que antecedeu a coleta de dados sobre nidificação de acordo com sua data.

### 3.1.3. Análise estatística

Para comparar o número de colônias registradas pela primeira vez, consideradas como colônias novas, na estação seca e na estação chuvosa foi utilizado o teste U de Mann-Whitney, assim como para o total de colônias encontradas durante o ano de coleta de dados.

Para verificar possível relação de fatores abióticos (temperatura média, umidade relativa e precipitação) na quantidade de colônias registradas pela primeira vez foi utilizado o teste de Correlação de Spearman, assim como para verificar possível diferença entre a estação seca e chuvosa. O mesmo foi realizado para o total de colônias amostradas.

Os locais de nidificação foram comparados entre as estações seca e chuvosa através do teste Qui-quadrado. O teste U de Mann-Whitney foi também utilizado para verificar diferença

no tamanho das colônias novas entre as estações e o tamanho de todas colônias amostradas entre as estações.

Os dados morfométricos (comprimento, largura e altura) das colônias foram comparados entre as estações através do teste U de Mann Whitney, tanto para colônias novas quanto para o total de colônias amostradas. A área e o volume das colônias novas e do total de colônias amostradas foram calculados pela fórmula do elipsóide (TSCHINKEL, 1993, MACOM; PORTER, 1996; ALMEIDA *et al.*, 2007) e os resultados foram comparados entre as estações através do teste U de Mann-Whitney.

$$A = \pi \times \frac{\text{comprimento}}{2} \times \frac{\text{largura}}{2} \quad V = \frac{2}{3} \pi \times \frac{\text{comprimento}}{2} \times \frac{\text{largura}}{2} \times \text{altura}$$

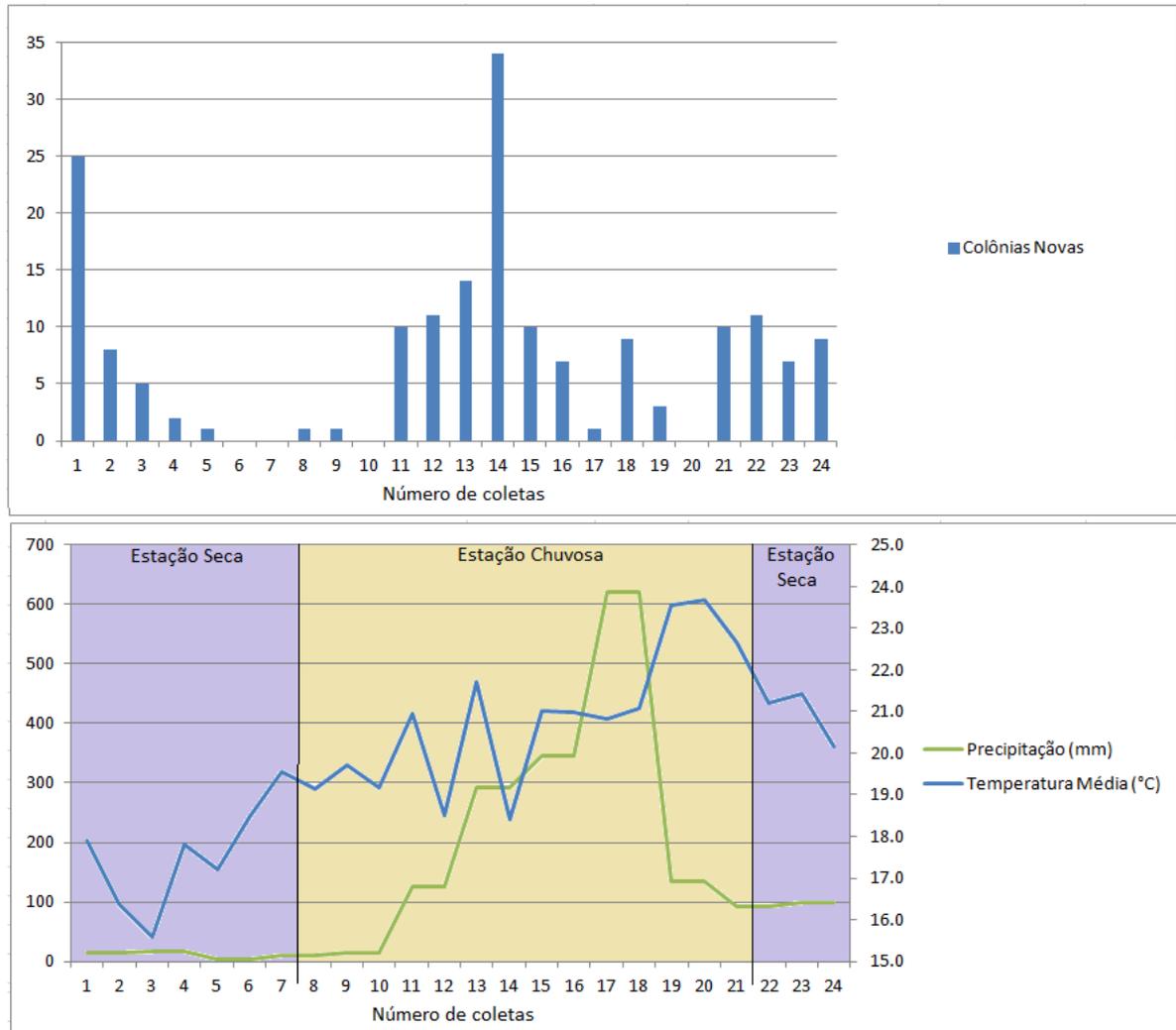
Os testes foram realizados através do Programa Estatístico *freeware* Bioestat 5.0, ao nível de 5% de significância.

### 3.2. RESULTADOS

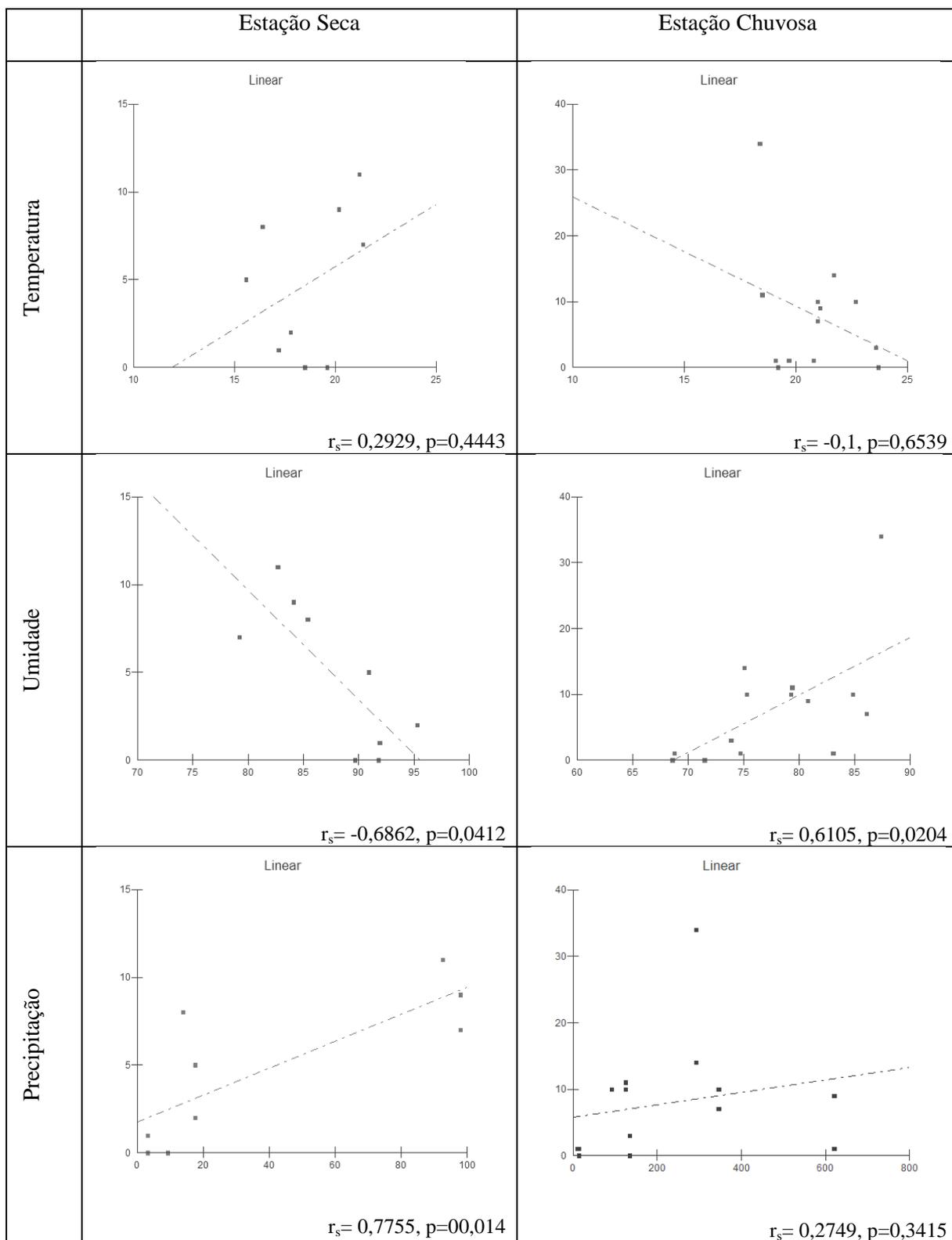
Foram registradas colônias novas em quase todos os meses com exceção do mês de agosto, uma coleta do mês de outubro e uma do mês de março. Dados preliminares foram coletados na primeira coleta, considerada como conhecimento de campo, na qual foram encontradas 25 colônias. Da segunda à 24ª coleta foram encontradas 154 colônias novas, sendo que o maior número de colônias novas amostradas foi no mês de dezembro e o menor número foi registrado no mês de agosto; o total de colônias amostradas durante o ano experimental considerando as reavaliações das colônias foi de 585 colônias.

Não houve diferença significativa entre a quantidade de colônias novas encontradas na estação seca e a quantidade de colônias novas encontradas na estação chuvosa ( $U=0,8819$ ,  $p=0,1889$ ), assim como não houve diferença entre as estações considerando o total de colônias amostradas ( $U=1,3467$ ,  $p=0,089$ ) (Gráfico 1).

O número de colônias novas por coleta teve correlação significativa com a precipitação ( $r= 0,5207$ ,  $p=0,0108$ ). Ao analisar o número de colônias novas por coleta de acordo com a estação foi encontrada correlação entre estação seca e precipitação ( $r=0,7755$ ,  $p=0,014$ ) e correlação negativa com relação à umidade ( $r=-0,6862$ ,  $p=0,0412$ ). Na estação chuvosa houve correlação apenas com a umidade ( $r=0,6105$ ,  $p=0,0204$ ) (Gráfico 2).



**Gráfico 1.** Novas colônias de *Solenopsis saevissima* encontradas nas coletas quinzenais (de Maio de 2011 a Maio de 2012) no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais e a temperatura e precipitação respectiva.

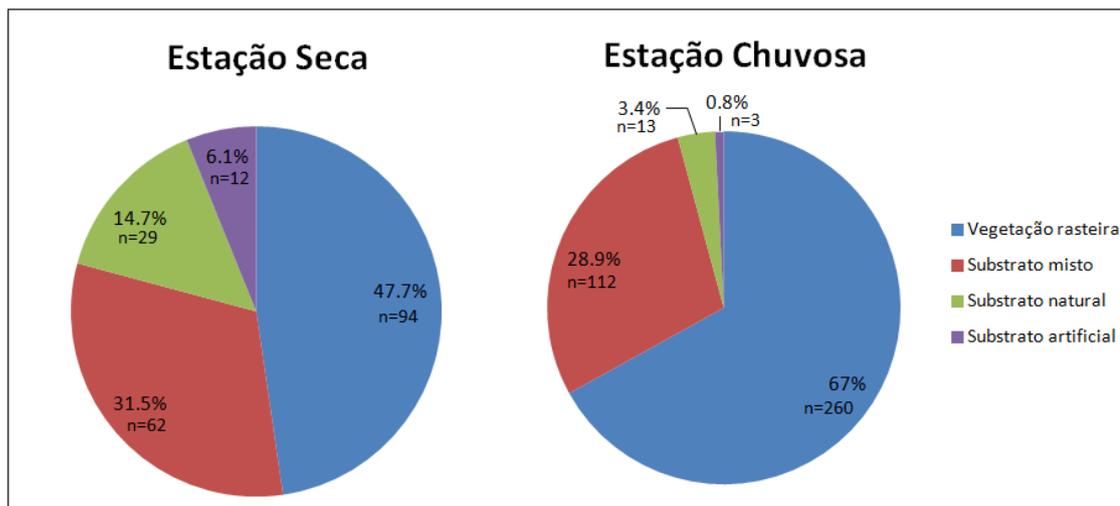


**Gráfico 2.** Gráficos de dispersão. Número de colônias novas de *Solenopsis saevissima* (eixo y) nas estações seca e chuvosa (de Maio de 2011 a Maio de 2012) no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), município de Juiz de Fora, Minas Gerais correlacionados com temperatura, umidade e precipitação respectiva da coleta (eixo x).

Os locais de nidificação foram classificados em quatro categorias: vegetação rasteira (grama), substrato misto (meio fio em contato com grama, placas de pedra com grama), substrato natural (próximo a tronco de árvores como coqueiros e palmeiras, toco de árvores cortadas) e substrato artificial (meio fio, calçada, cimento) (Fotografia 2). Ao ser considerado o local de nidificação utilizado durante todo o ano experimental, o que se destacou como base para construção dos ninhos foi vegetação rasteira (61%), seguido de substrato misto (30%), substrato somente natural (7%) e somente artificial (3%). Considerando as estações seca e chuvosa para escolha do local de nidificação verificou-se diferença significativa entre as estações nas categorias: vegetação rasteira ( $X^2=20,357$ ,  $p<0,0001$ ), substrato natural ( $X^2=25,348$ ,  $p<0,0001$ ) e substrato artificial ( $X^2=0,0004$ ,  $p=0,0004$ ), somente quanto a preferência do substrato misto não houve diferença significativa entre as estações ( $X^2=0,425$ ,  $p=0,5782$ ) (Gráfico 3).



**Fotografia 2.** Locais de nidificação utilizados por *Solenopsis saevissima* no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais. A- Vegetação rasteira, B- Substrato misto, C- somente natural e D- somente artificial.



**Gráfico 3.** Substratos utilizados como base para nidificação de *S. saevissima* durante as estações seca e chuvosa na área do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais.

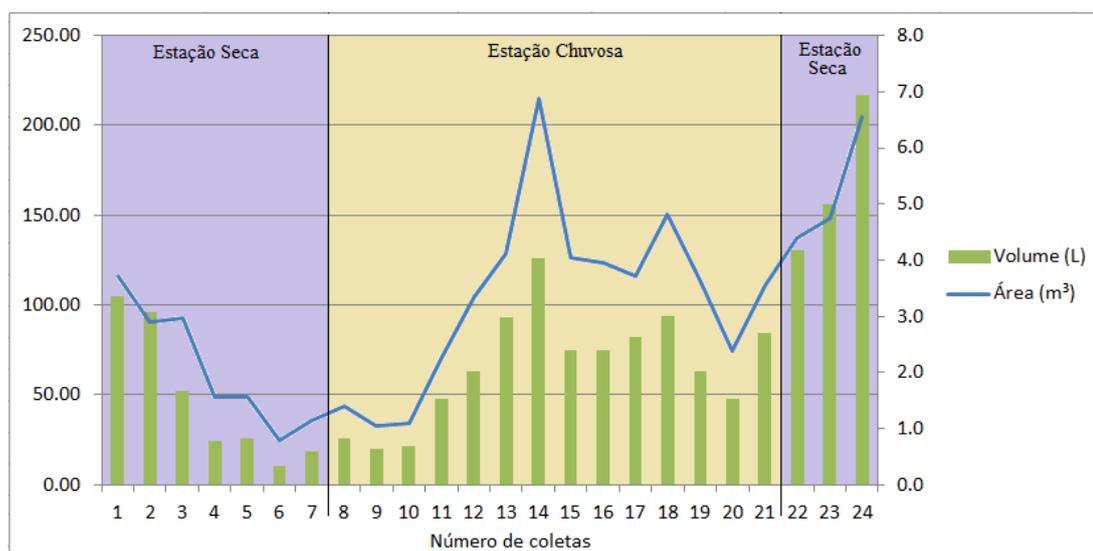
Com relação à morfometria externa dos ninhos, a média do comprimento destes na estação seca foi de  $64,8 \pm 65,2$  (21,5-219) e  $65,4 \pm 40,3$  (12,6-238) cm ao considerar somente as colônias novas e o total de colônias amostradas, respectivamente. Já na estação chuvosa a média do comprimento das colônias novas foi de  $51,3 \pm 23,7$  (12-147) e do total de colônias foi de  $50,6 \pm 23,6$  (12-170) cm; neste caso houve diferença significativa entre as estações tanto ao ser considerado somente as colônias novas ( $p=0,0399$ ), quanto ao ser considerado o total de colônias encontradas ( $p<0,0001$ ) (Tabela 1). Os ninhos monitorados tiveram média de permanência de  $48,8 \pm 47,3$  (15-315) dias.

**Tabela 1.** Comprimento, largura e altura (cm) dos ninhos de *Solenopsis saevissima* (Smith) (média, desvio padrão e amplitude) encontradas na estação seca e na estação chuvosa de Maio de 2011 a Maio de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. Média, desvio padrão e amplitude.

Dimensões	Ninhos novos		Total de ninhos amostrados	
	Estação Seca (n=43)	Estação Chuvosa (n=111)	Estação Seca (n=197)	Estação Chuvosa (n=388)
Comprimento	$64,8 \pm 65,2^a$ (21,5-219)	$51,3 \pm 23,7^b$ (12-147)	$65,4 \pm 40,3^A$ (12,6-238)	$50,6 \pm 23,6^B$ (12-170)
Largura	$26,6 \pm 40,5^a$ (5,4-56,5)	$26,9 \pm 11,9^a$ (7-65)	$29,5 \pm 14,6^A$ (3,8-80,4)	$28,4 \pm 11,6^A$ (7-65)
Altura	$7,6 \pm 13,3^a$ (1-19)	$8 \pm 9,8^a$ (2-83)	$8,8 \pm 7,2^A$ (1-52)	$8 \pm 6,3^A$ (0,5-83)

A área média dos ninhos amostrados pela primeira vez foi de  $0,12 \pm 0,09$  (0,01-0,53) m<sup>2</sup> e o volume médio foi de  $6,9 \pm 10,1$  (0,1-90,3) L. Não houve diferença significativa entre a área ocupada na estação seca e a área ocupada na estação chuvosa, assim como para o volume; tanto ao considerar os ninhos novos (área:  $U=0,107$ ,  $p=0,107$ ; volume:  $U=1,2051$ ,  $p=0,1141$ ),

quanto ao considerar o total de ninhos amostrados (área:  $U=0,3513$ ,  $p=0,3627$ ; volume:  $U=0,2928$ ,  $p=0,3848$ ) (Gráfico 4).



**Gráfico 4.** Área (cm<sup>2</sup>) e volume (L) dos ninhos de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostrados de Maio de 2011 a Maio de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.

### 3.3. DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que *S. saevissima* estão presentes ao longo de todo o ano em ambiente urbano, que parece favorável à nidificação, sendo encontradas colônias ativas mesmo nos meses mais frios. O número de colônias amostradas na estação chuvosa foi maior que na estação seca, portanto existe o período mais adequado para aplicar os métodos de controle.

A temperatura é o fator central na vida das colônias e tem efeitos importantes tanto nas atividades desta quanto em seu metabolismo, embora as formigas não estejam sujeitas diretamente à sua oscilação devido à sua efetiva termorregulação (PORTER; TSCHINKEL, 1993). Asano; Cassil (2012) demonstraram que a temperatura afeta o tamanho da colônia de *S. invicta*, alterando a sobrevivência da prole e a longevidade das operárias. No presente estudo a temperatura não teve influência direta no hábito de nidificação, entretanto umidade e precipitação se mostraram importantes em alguns momentos, por exemplo, a precipitação na estação seca e a umidade em ambas as estações.

O solo é dito como fator determinante para a estabilidade e tamanho dos túneis das colônias de *Solenopsis* (ESPINOZA; SANTAMARINA, 2010), assim como a água (GRAVISH *et al.*, 2012). Estudo do comportamento do período chuvoso de Juiz de Fora foi realizado com dados de 37 anos, onde os meses de abril e setembro se comportam como um

período de transição entre as estações seca e chuvosa (FERREIRA, 2012). Esse período de transição é observado no presente estudo, apesar de não ter sido verificada diferença significativa entre o número de colônias entre as estações. É possível definir que a precipitação possui um limiar para favorecer o crescimento da colônia; quando umidade e precipitação estão baixas as fundações diminuem, na ausência ou com pouca chuva há influência negativa para a nidificação, entretanto a alta precipitação também é desfavorável para as colônias. O ótimo de precipitação para a estabilidade das colônias durante o ano experimental esteve entre 120 e 350 mm, que correspondem aos meses entre outubro e janeiro. O maior número de colônias novas registradas foi na primeira coleta de dezembro e este número foi devido à temperatura e precipitação favoráveis (18,4°C e 292,7mm, respectivamente).

Ainda de acordo com Ferreira (2012) é possível caracterizar dois regimes distintos na cidade de Juiz de Fora onde o primeiro (Janeiro, Fevereiro, Março / Outubro, Novembro, Dezembro) respondem por 84% do total anual de precipitação enquanto o segundo (Abril, Maio, Junho / Julho, Agosto, Setembro) respondem por apenas 16%; e o ano do experimento não foi diferente com 89% no primeiro momento e 11% no segundo.

Um exemplo de como os fatores climáticos podem interferir nas colônias é o impacto econômico causado por *S. saevissima* à árvore *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke 1949, descrito por Lunz *et al.*, (2009); no período seco (junho a novembro) as injúrias são mais superficiais enquanto no período chuvoso (dezembro a maio) passam a ser frequentes, devido à emissão de novas brotações e ao crescimento da planta que podem proporcionar condições favoráveis à ocorrência de *S. saevissima*. De acordo com estudos de flutuação populacional em área urbana, as vespas também apresentam um padrão de abundância durante a estação chuvosa, que é seguido de uma grande redução na estação seca fria e seca (LIMA *et al.*, 2000).

Na estação chuvosa, o decréscimo na escolha por substrato artificial e substrato natural e o aumento da preferência por vegetação rasteira reflete o menor esforço a ser empregado pelas fêmeas para a escavação do ninho.

A área média dos ninhos encontrada no presente estudo foi semelhante à encontrada por Macom; Porter (1996) para colônias poligínicas de *S. invicta*  $0,11 \pm 0,01 \text{m}^2$  e menores que a área de colônias monogínicas de *S. invicta*  $0,17 \pm 0,02 \text{m}^2$  em estudo realizado na Flórida em campos de pastagem; foi semelhante à área dos ninhos de *S. invicta* encontrada por Almeida *et al.*, (2007),  $0,12 \pm 0,01 (0,0063-0,5105) \text{m}^2$ , no estado do Rio de Janeiro em local de diferentes cultivos, sendo este também propício para o desenvolvimento das colônias, com

disponibilidade de recursos assim como o ambiente urbano. Porém o volume encontrado por Macom; Porter (1996) foi menor do que o do presente estudo (colônias monogínicas  $14,7 \pm 1,5L$  e poligínicas  $7,6 \pm 1,4L$ ).

Os dados do presente estudo demonstram que existe modificação com relação à escolha do local de nidificação entre as estações e que, apesar disso, estão presentes em ambiente urbano durante todo o ano. O período seco pode ser considerado o mais adequado para implementação de estratégias de controle destes insetos por apresentar o menor número de colônias ativas, o que demanda menores gastos com produtos e mão-de-obra, do que se comparado ao tratamento realizado na estação chuvosa. Além disso, o tratamento realizado na estação seca tende a contaminar menos o solo devido ao percolamento dos produtos inseticidas ser menor.

## 4. CAPÍTULO II

### RESPOSTA DE *Solenopsis saevissima* (SMITH) (FORMICIDAE, MYRMICINAE) À PERTURBAÇÃO

Formigas são insetos da ordem Hymenoptera, família Formicidae, considerada um dos grupos de invertebrados mais abundantes em grande parte dos ecossistemas terrestres (ROSUMEK *et al.*, 2008). Myrmicinae é a maior das subfamílias de Formicidae, com mais de 6.700 espécies descritas (LACH *et al.*, 2010). A abundância desses insetos se deve à alta capacidade adaptativa e é evidenciada por várias características como: alta diversidade, predominância numérica e de biomassa em quase todos os habitats do mundo e importantes funções nos ecossistemas (ALONSO; AGOSTI, 2000).

Animais sinantrópicos tornam-se pragas devido aos danos causados ao homem, como prejuízos aos bens materiais e ao seu bem-estar, por exemplo, devido à transmissão de doenças (PINTO *et al.*, 2007). À medida que a urbanização se intensifica, as condições para sobrevivência dos insetos aumentam e conseqüentemente os relatos de ocorrência de formigas nesses ambientes também (SILVA; LOECK, 1999). De acordo com Botkin; Keller (2011) moradores de áreas rurais, vem mudando para regiões urbanas e estima-se que por volta de 2025 dois terços da população mundial esteja vivendo em cidades.

Espécies invasoras podem dominar diferentes habitats por sofrerem menor pressão de inimigos naturais, tanto em áreas urbanas como agrícolas (MARTINS *et al.*, 2012). As formigas urbanas têm grande capacidade de explorar recursos alimentares (FUNASA, 2001) e as condições das habitações humanas são fatores que podem beneficiar seu crescimento populacional e sua dispersão (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999).

O gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 compreende cerca de 185 espécies (PITTS *et al.*, 2005) e é considerado cosmopolita (THOMPSON, 1989), onívoro e oportunista (LOFGREN *et al.*, 1975). Essas formigas constroem ninhos em áreas abertas, constituídos por um sistema de passagens e cavidades que se comunicam umas com as outras e com o exterior. São formados por um labirinto de galerias e diversas câmaras que são utilizadas para o armazenamento de alimento, depósito de lixo ou criadouro de larvas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; PENICK; TSCHINKEL, 2008). Geralmente são bem visíveis com monte aéreo característico onde a rainha e sua prole podem ser encontradas sob temperatura em torno de 32°C (PORTER; TSCHINKEL, 1993; PENICK; TSCHINKEL, 2008).

As formigas deste gênero são conhecidas popularmente como ‘formigas de fogo’ ou ‘lava-pés’ pela dolorosa sensação de queimadura que são capazes de provocar devido ao seu veneno que é constituído por cerca de 90% de alcalóides (ALLEN *et al.*, 2001; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Dentre as espécies de *Solenopsis* destaca-se *Solenopsis saevissima* (Smith) que potencialmente pode ser responsável por mais de 35% dos acidentes registrados com insetos (FOX *et al.*, 2012). Acidentes são frequentes com pessoas de todas as idades, especialmente em locais públicos (CARO *et al.*, 1957; DESHAZO *et al.*, 1999); e as ferroadas podem vir a se tornar feridas susceptíveis à entrada de microrganismos causadores de infecções (FUNASA, 2001).

Dada a importância médica/econômica das formigas de fogo (FUNASA, 2001), faz-se necessário o estabelecimento de uma estratégia bem-sucedida de controle que em um primeiro momento deve envolver o conhecimento de informações básicas sobre biologia, comportamento e ecologia das espécies pragas. Visando preencher essa lacuna do conhecimento, este trabalho teve como objetivo conhecer a resposta comportamental de *S. saevissima* frente à perturbação de suas colônias.

## 4.1. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1.1. Local e período de estudo

O estudo foi conduzido em área urbana da cidade de Juiz de Fora (21°41'20" Sul e 43°20'40" Norte, 800 m de altitude) na Zona da Mata de Minas Gerais, sudeste do Brasil, entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012. A região apresenta clima tropical de altitude do tipo Cwa segundo a Classificação de Köppen (1970).

### 4.1.2. Dados das colônias

Foram amostradas 30 colônias de *S. saevissima*. Os parâmetros físicos utilizados para caracterizar as colônias foram os dados morfométricos do monte externo do ninho (assim como no Capítulo I), bem como seus locais de nidificação.

Para fins de identificação foram coletados espécimes representativos de cada colônia e acondicionados em *ependorfs* devidamente etiquetados contendo álcool 70° GL. O material foi identificado ao nível de gênero de acordo com a chave taxonômica de Fernández (2003) e ao nível de espécie pelo Dr. Jacques Hubert Charles Delabie (UESC). O material foi

depositado na coleção do Laboratório de Ecologia Comportamental (LABEC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Dados sobre temperatura e umidade relativa do ar foram aferidos com termohigrômetro digital no local do experimento.

#### 4.1.3. Perturbação das colônias

A definição do tipo de perturbação e tempo de observação foi feita com base em experimentos pilotos, conduzidos no mês de outubro de 2011. A perturbação foi realizada sempre pelo mesmo experimentador. Com um enxadão no centro do monte foi desferido um golpe e imediatamente foi posicionada sob o ninho uma haste de madeira (150 cm) verticalmente e duas trenas (5 m) perpendiculares entre si na horizontal que foram utilizadas para observação do deslocamento das formigas (Fotografia 3). O deslocamento (cm) vertical e o deslocamento horizontal foram observados a cada 20 segundos durante três minutos (sobre a haste de madeira e no solo, respectivamente).

Os dados de tempo(s) e deslocamento(cm) foram utilizados para calcular a velocidade das formigas no momento de seu maior deslocamento, tanto na horizontal como na vertical.  $\text{Velocidade} = \text{distância percorrida(cm)} / \text{tempo gasto para este deslocamento(s)}$ .



**Fotografia 3.** Perturbação em colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.

#### 4.1.4. Observação comportamental

Foi realizada filmagem para observação qualitativa do repertório comportamental pós-perturbação em cinco colônias de *S. saevissima*, durante sessões de 3 a 5 minutos, totalizando 20 minutos, utilizando uma câmera Fujifilm FinePix S3300.

#### 4.1.5. Análise estatística

Para verificar a existência de relação entre deslocamento médio horizontal e deslocamento médio vertical (variáveis dependentes Y) entre o comprimento, largura e altura

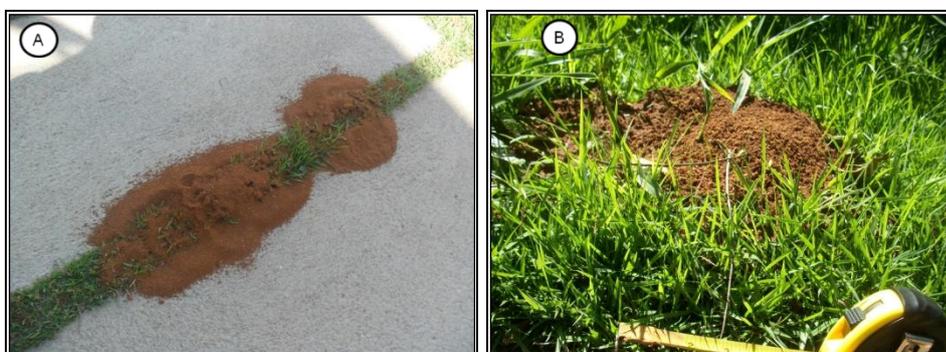
do ninho (como variáveis independentes  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  respectivamente) foi utilizado o teste de Regressão Linear Múltipla. Já para se verificar correlação entre temperatura e umidade x deslocamento horizontal e deslocamento vertical foi utilizado o teste de Correlação Linear de Spearman. As médias de deslocamento horizontal e vertical, bem como as respectivas velocidades de deslocamento horizontal e vertical foram analisados através do teste de Mann-Whitney. A fim de comparar as médias de deslocamento horizontal e vertical por minuto foi utilizado o teste Anova seguida pelo teste de Tukey.

Os testes foram realizados através do Programa Estatístico *freeware* Bioestat 5.0, ao nível de 5% de significância.

## 4.2. RESULTADOS

O comprimento, largura e altura média das colônias encontradas foram de  $55,9 \pm 23,60(22,5-116)$ ,  $31,7 \pm 23,14(6,5-94)$  e  $9,0 \pm 7,98(1-33)$  centímetros, respectivamente. Os locais de nidificação utilizados como base para construção dos ninhos foram artificiais e naturais (53,3%,  $n=16$ ) e somente naturais (46,7%,  $n=14$ ) (Fotografia 4).

Durante experimento piloto foi observado que após a perturbação as formigas se dispersaram em torno de 2 a 3 minutos e em seguida retornam para a colônia para reconstrução do ninho e retiram a prole de locais expostos à dessecação e predação. O deslocamento médio na horizontal e na vertical não foram dependentes do tamanho externo da colônia ( $F=0,5693$ ,  $p=0,644$ ;  $F=0,3807$ ,  $p=0,7705$  respectivamente). O modelo linear que apresenta a relação entre os fatores abióticos e o deslocamento médio na horizontal é:  $Y = 37,293 + (-0,0153X_1) + 0,2882X_2 + (-1,0739X_3)$ ; e entre os fatores abióticos e o deslocamento médio vertical é:  $Y = 40,3116 + 0,4668X_1 + (-0,288X_2) + (-0,2882X_3)$ .



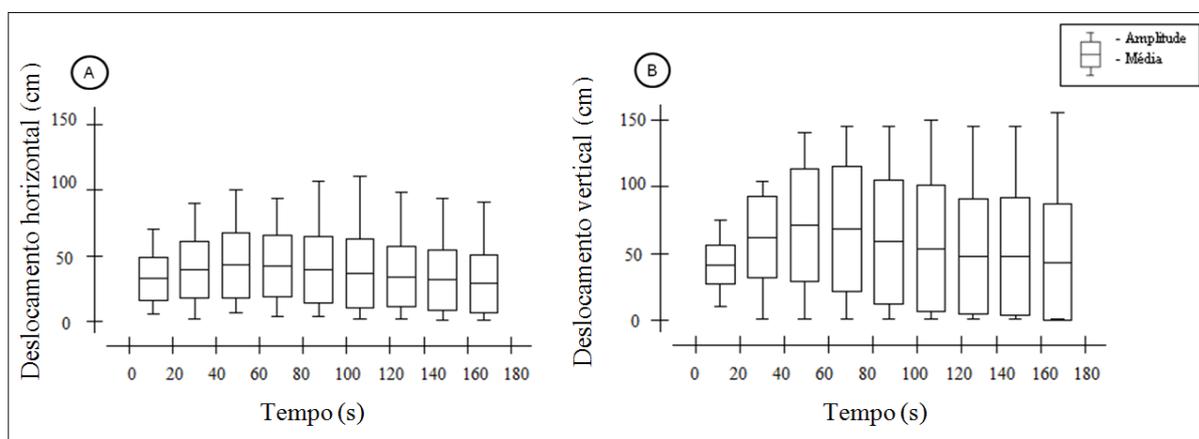
**Fotografia 4.** Locais de nidificação de colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- calçamento; B-vegetação.

Não houve correlação entre: temperatura e deslocamento horizontal ( $p=0,6888$ ,  $r=-0,0763$ ), umidade e deslocamento horizontal ( $p=0,1258$ ,  $r=0,2857$ ), temperatura e deslocamento vertical ( $p=0,9129$ ,  $r=0,0208$ ), e umidade e deslocamento vertical ( $p=0,3643$ ,  $r=0,1717$ ). Contudo, houve diferença significativa entre o deslocamento horizontal médio  $35,96\pm 4,93(0-110)$  cm e o deslocamento vertical médio  $54,69\pm 10,89(0-155)$  cm ( $U=1,9737$ ,  $p=0,0242$ ) (Tabela 2), comprovando que o deslocamento vertical foi superior ao horizontal.

**Tabela 2.** Deslocamento horizontal e vertical (cm) dividido por minuto de observação da resposta à perturbação de colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.

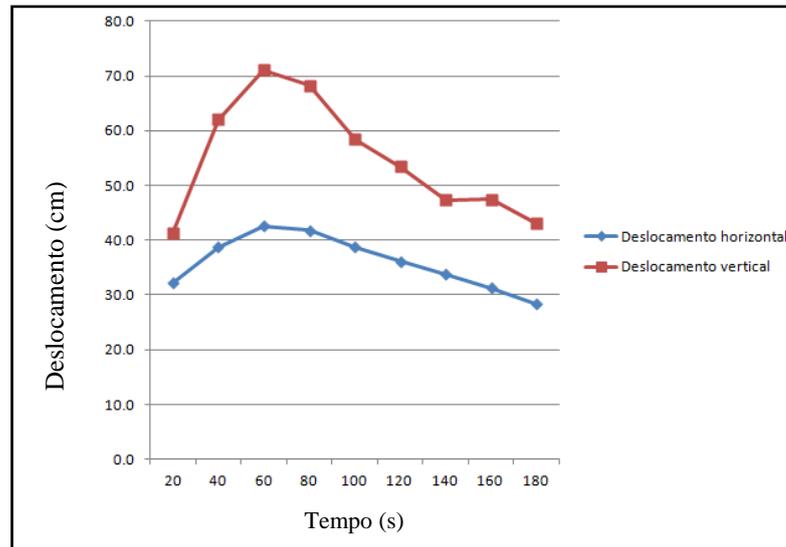
Minuto	Deslocamento horizontal (cm)	Deslocamento vertical (cm)
1°	$37,86\pm 21,5(2-100)$	$58,12\pm 33,08(0-140)$
2°	$38,92\pm 24,86(2-110)$	$60,02\pm 46,53(0-150)$
3°	$31,11\pm 22,71(0-98)$	$45,91\pm 43,15(0-155)$

A maior média de deslocamento horizontal e vertical foi atingida no segundo minuto após a perturbação; houve diferença significativa entre as médias, sendo que a maior média de deslocamento foi encontrada na vertical ( $p=0,0216$ ,  $F=13,7287$ ) (Gráfico 5). No experimento piloto foi observado que após a perturbação da colônia as formigas exibem comportamentos de deslocamento nas proximidades do ninho e o *display* agressivo diminui de frequência com o passar do tempo, praticamente cessando com o início das atividades de reconstrução do ninho, por volta do segundo/terceiro minuto após a perturbação, definindo assim o final da observação.



**Gráfico 5.** Deslocamento (cm) durante os 180 segundos de observação para as 30 colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith) amostradas entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. A- Distância horizontal. B- Distância vertical.

Houve diferença significativa entre a velocidade na horizontal que foi de  $0,9 \pm 0,5(0,1-2,3)$  cm/s e a velocidade na vertical que foi de  $1,5 \pm 0,7(0,5-2,7)$  cm/s ( $U=3,2156$ ,  $p=0,0007$ ), e assim como o deslocamento vertical, a velocidade durante o deslocamento na vertical foi superior à velocidade na horizontal (Gráfico 6).



**Gráfico 6.** Média de deslocamento (cm) a cada 20 segundos, durante três minutos de observação para as colônias amostradas de *Solenopsis saevissima* (Smith) entre os meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012 em área urbana do município de Juiz de Fora, Minas Gerais.

Os comportamentos observados pós-perturbação foram classificados como agressivos: deslocamento desordenado à procura do agente perturbador, abdômen levantado durante o deslocamento em sinal de alarme, fixação de mandíbula e giro do abdômen para ferroar.

#### 4.3. DISCUSSÃO

O deslocamento e velocidade observados na vertical foram maiores que na horizontal. Isso pode ser explicado pelas possibilidades de caminhos a serem seguidos, pois uma única alternativa foi oferecida para as formigas se moverem na vertical, e na horizontal tiveram possibilidade de seguir diversos caminhos.

O tamanho das colônias de *S. saevissima* é limitado pelo local escolhido para nidificação, por exemplo, em frestas de calçadas o cimento foi o fator limitante para o crescimento do monte, mesmo assim, os dados morfométricos desses ninhos foram avaliados. Se comparar o resultado morfométrico dos ninhos encontrados por Sacramento (2007) em área urbana de Juiz de Fora com o presente estudo, é possível observar que apenas a altura é semelhante, sendo que comprimento e largura tiveram um declínio de aproximadamente 10

cm; porém a amostra do presente estudo contém a morfometria de ninhos em locais de nidificação limitados, o que leva a média dessas medidas diminuir e também devido ao constante aumento de áreas antropizadas.

A agressividade é abordada em trabalhos que envolvem confrontos entre indivíduos de mesma espécie e diferentes colônias (ROULSTON *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2003) e são ferramentas utilizadas para classificar os mecanismos que regem o reconhecimento de coespecíficos. Os feromônios desempenham importante papel na organização social das formigas (WILSON, 1962; WILSON, 1965; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Quando as formigas iniciavam o processo de reconstrução da colônia após a perturbação foi encerrada a liberação de feromônio de alarme.

Invertebrados (insetos e outros artrópodes) e vertebrados (serpentes, tatus, aves) podem perturbar, causar danos ou expor o conteúdo do ninho de *Solenopsis*; no presente estudo a perturbação realizada causou danos na estrutura do ninho expondo inclusive larvas e pupas das colônias. Haight (2010) avaliou a diferença de resposta de colônias de *S. invicta* entre dois estímulos (simulando invertebrado e vertebrado) e verificou que a maior perturbação tem como consequência a exposição de maior proporção de operárias de tamanho maior e com maior quantidade de veneno.

Assim que a colônia foi perturbada grande número de operárias saiu em defesa da colônia em grande velocidade e agitação, à procura do intruso. Porém quando nada foi colocado no local de perturbação, como aparato para que as formigas pudessem subir, elas permaneceram somente com esse movimento desordenado e agitado. Quando o aparato vertical foi utilizado foram verificados encontros esporádicos entre as operárias com antenação e comportamentos agressivos contra esse aparato, como fixação da mandíbula e ataque com o ferrão girando o abdômen contra a superfície e o ato de levantar abdômen durante o deslocamento em sinal de alarme. É necessário ressaltar a importância de investigações adicionais e quantitativas dos comportamentos exibidos.

Os resultados do presente estudo ampliam o conhecimento sobre comportamento agressivo pós-perturbação de *S. saevissima* e, com base neles, é possível afirmar que o tempo de deslocamento é rápido o suficiente para causar sérios acidentes, pois se uma pessoa pisar em um ninho sem perceber em torno de 1 minuto sua perna poderá estar tomada por esses insetos. Além disso, pode subsidiar futuros trabalhos com controle, pois sabe-se que ao perturbar a colônia diversas operárias ficarão expostas em torno de 3 minutos ao ataque de forídeos no caso de controle biológico.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo ampliam o conhecimento sobre o comportamento de nidificação e pós-perturbação de colônias de *S. saevissima*. O número de colônias em área urbana é maior no período chuvoso e tem relação com umidade e precipitação; e com relação à morfometria as colônias também tem maior comprimento na estação chuvosa. Assim sendo, o período seco pode ser considerado o mais adequado para implementação de estratégias de controle dessas formigas, devido ao menor gasto com inseticidas e mão-de-obra, do que se comparado ao tratamento na estação chuvosa e devido à menor chance de contaminar o solo.

Além disso, o deslocamento das formigas após a perturbação de suas colônias é rápido, o que pode agravar os acidentes nos quais elas estão envolvidas. O campus da UFJF é também uma área de lazer, recebe grande número de pessoas principalmente nos finais de semana, que circulam inclusive em áreas gramadas onde fazem atividades físicas, piquenique e levam seus animais domésticos para passear. Essas pessoas podem vir a sofrer acidentes com *S. saevissima*. Há colônias ativas durante todo o ano e esses acidentes podem vir a ser graves dependendo do tempo de permanência da pessoa sobre a colônia e da resposta imune do indivíduo. Estudos sobre os fatores comportamentais desses insetos e suas relações com o ambiente são importantes para o futuro desenvolvimento de técnicas de manejo e também de sua aplicabilidade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, C. R.; FORYS, E. A.; RICE, K. G.; WOJCIK, D.P. Effects of fire ant (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtles nesting beaches in Florida. **Florida Entomologist**, v.84, n.2, p.250-254. 2001.
- ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. **Floresta e Ambiente**, v.14, n.1, p.33-43. 2007.
- ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M. Efeito da estrutura de habitat sobre a abundância de parasitoides *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) em ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.53, n.3, p.461-465. 2009.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. p.1-8. In AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington D. C., USA. 304p. 2000.
- ANDERSON, C.; THERAULAZ, G.; DENEUBOURG, J.-L. Self-assemblages in insect societies. **Insectes Sociaux**, v.49, p.99-110. 2002.
- ASANO, E.; CASSIL, D. L. Modeling temperature-mediated fluctuation in colony size in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Journal of Theoretical Biology**, v.305, p.70-77. 2012.
- BOTKIN, D. B.; KELLER, E. A. **Ciência Ambiental: Terra, um planeta vivo**. Rio de Janeiro, LTC, 681p. 2011
- BRASIL. **Imprensa Nacional. Diário Oficial da União**. Seção 1. 156 ed. p.57 Disponível em:<<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=57&data=17/08/1993>>. Acesso em: 10 de junho 2010. 1993.
- BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas, p.135-180. In MARICONI, F. A. M. (eds) **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba, FEALQ, 460p. 1999
- CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; BUENO, O. C.; CAMPOS, M. C. G.; KATO, L. M. As formigas urbanas no Brasil: Retrospecto. **Biológico**, v.64, n.2, p.129-133. 2002.
- CARO, M. R.; DERBES, V. J.; JUNG, R. Skin responses to the sting of the imported fire ant (*Solenopsis saevissima*). **Archives of Dermatology**, v.75, n.4, p.475-488. 1957.
- CASSILL, D.; TSCHINKEL, W. R.; VINSON, S. B. Nest complexity, group size and brood rearing in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, v.49, p.158-163. 2002.
- CHADEE, D. D.; MAITRE, A. Ants: potential mechanical vectors of hospital infections in Trinidad. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v.84, n.2, p.297. 1990.
- DELLA-LUCIA, T.M.C. Hormigas de importancia econômica en la región Neotropical. In: FERNÁNDEZ, F. (Eds). **Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, p.337-349. 2003.

- DESHAZO, R. D.; WILLIAMNS, D. F.; MOAK, E. S. Fire ant attacks on residents in health care facilities: a report of two cases. **Annals of Internal Medicine**, v.131, n.6, p.424-429. 1999.
- ESPINOZA, D. N.; SANTAMARINA, J. C. Ant tunneling - a granular media perspective. **Granular Matter**, v.12, p 607–616. 2010.
- FERNÁNDEZ, F. Subfamília Myrmicinae, p.307-330. In: FERNÁNDEZ, F. (ed) **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt XXVI, 424 p. 2003.
- FERREIRA, C. C. M. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz de Fora – MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p. 953-963. 2012.
- FOX, E. G. P.; PIANARO, A.; SOLIS, D. R.; DELABIE, J. H. C.; VAIRO, B. C.; MACHADO, E. A.; BUENO, O. C. Intraspecific and intracolony variation in the profile of venom alkaloids and cuticular hydrocarbons of the fire ant *Solenopsis saevissima* Smith (Hymenoptera: Formicidae). **Psyche**, doi:10.1155/2012/398061. 2012.
- FUNASA. **Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2ª Edição, Brasília, 112p. 2001.
- GRAVISH, N.; GARCIA, M.; MAZOUCHOVA, N.; LEVY, L.; UMBANHOWAR, P. B.; GOODISMAN, A. D.; GOLDMAN, D. I. Effects of worker size on the dynamics of fire ant tunnel construction. **Journal of the Royal Society Interface**, v.9, p. 3312-3322 doi:10.1098/rsif.2012.0423. 2012.
- GUSMÃO, F. A. **Bioecologia de formigas Lava-pés do grupo de espécies *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera:Formicidae)**. Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. São Paulo. 2010.
- HAIGHT, K. L. Defensiveness of the fire ant, *Solenopsis invicta*, is increased during colony rafting. **Insectes Sociaux**, v.53, p.32-36. 2006.
- HAIGHT, K. L. Worker size and nest defense in *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.103, n.4, p.678-682. 2010.
- HÖLLDOLBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge, Harvard University Press, 732p. 1990.
- KÖPPEN, W. Roteiro para classificação climática. **Mimeo**. 6p. 1970.
- LACH, L.; PARR, C. L.; ABBOTT, K. L. **Ant Ecology**. Oxford University Press Inc, New York, 429p. 2010.
- LBA. **Programa de Grande Escola da Biosfera-Atmosfera na Amazônia**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://lba.cptec.inpe.br/lba/site/?p=noticia&t=0&op=216>>. Acesso em 10 de junho de 2010. 2005.
- LIMA, M. A. P.; LIMA, J. R.; PREZOTO, F. Levantamento dos gêneros, flutuação das colônias e hábitos de nidificação de vespas sociais (HYMENOPTERA, VESPIDAE) no

Campus da UFJF, Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.2, n.1, p.69-80. 2000.

LOFGREN, C. S.; BANKS, W. A.; GLANCEY, B. M. Biology and control of imported fire ants. **Annual Review of Entomology**, v.20, p.1-30. 1975.

LUNZ, A. M.; HARADA, A. Y.; AGUIAR, T. S.; CARDOSO, A. S. Danos de *Solenopsis saevissima* F Smith (Hymenoptera: Formicidae) em Paricá, *Schizolobium amazonicum*. **Neotropical Entomology**, v.38, n.2, p.285-288. 2009.

MACOM, T. E.; PORTER, S. D. Comparison of polygyne and monogyne red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) population densities. **Ecology and Population Biology**, v.89, n.4, p.535-543. 1996.

MARTINS, C.; SOUZA, F. S.; BUENO, O. C. Presence and distribution of the endosymbiont *Wolbachia* among *Solenopsis* spp. (Hymenoptera: Formicidae) from Brazil and its evolutionary history. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.109, p.287-296. 2012.

OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas urbanas do Município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.72, n.1, p.33-39. 2005.

PACHECO, R.; VASCONCELOS, H. L. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. **Landscape and Urban Planning**, v.81, p.193-199. 2007.

PENICK, C. A.; TSCHINKEL, W. R. Thermoregulatory brood transport in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, v.55, n.2, p.176-182. 2008.

PINTO, A. S.; ROSSI, M. M.; SALMERON, E. **Manejo de Pragas Urbanas**. Editora CP 2, Piracicaba, 208p. 2007.

PITTS, J. P.; MCHUGH, J. V.; ROSS, K. G. Cladistic analysis of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group (Hymenoptera: Formicidae). **Zoologica Scripta**, v.34, n.5, p.493-505. 2005.

PORTER, S. D.; SAVIGNANO, D. A. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. **Ecology**, v. 71. n. 6. p. 2095-2106. 1990.

PORTER, S. D.; TSCHINKEL, W. R. Fire ant thermal preferences: behavioral control of growth and metabolism. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.32, p.321-329. 1993.

PORTER, S. D.; SÁ, L. A. N.; MORRISON, L. W. Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* in North Florida. **Biological Control**, v.29, p.179-188. 2003.

PRANSCHKE, A. M.; HOOPER-BÛI, L. M. Influence of abiotic factors on red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mound population ratings in Louisiana. **Environmental Entomology**, v.32, n.1, p.204-207. 2003.

ROSS, K. G.; GOTZEK, D.; ASCUNCE, M. S.; SHOEMAKER, D. D. Species delimitation: a case study in a problematic ant taxon. **Systematic Biology**, v.59, n.2, p.162-184. 2010.

- ROSUMEK, F. B.; ULYSSÉA, M. A.; LOPES, B. C.; STEINER, J.; ZILLIKENS, A. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: Levantamento de espécies e novos registros. **Biotemas**, v.21, n.4, p.81-89. 2008.
- ROULSTON, T. H.; BUCZKOWSKI, G.; SILVERMAN, J. Nestmate discrimination in ants: effect of bioassay on aggressive behavior. **Insectes Sociaux**, v.50, p.151-159. 2003.
- SACRAMENTO, F. **Arquitetura externa nos ninhos e caracterização dos substratos utilizados por formigas do gênero *Solenopsis* em uma área semi-urbana**. Monografia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Juiz de Fora. 28p. 2007.
- SHOEMAKER, D. D.; AHRENS, M. E.; ROSS, K. G. Molecular phylogeny of the fire ants of the *Solenopsis saevissima* species-group based on mtDNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. v.38, p.200-215. 2006.
- SILVA, E. J. E.; LOECK, A. E. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera: Formicidae) em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.5, n.3, p.220-224. 1999.
- SOUZA, D. J.; DELLA-LUCIA, T. M. C.; ERRARD, C.; D'ETTORE, P.; MERCIER, J. L. Reconhecimento da prole por operárias companheiras e não companheiras de ninho em *Acromyrmex laticeps nigrosetosus* Forel, 1908 (Hymenoptera, Formicidae). **Ciência Rural**, Santa Maria v.33, n.1, p.91-95. 2003.
- THOMPSON, C. R. The thief ants, *Solenopsis molesta* group, of Florida (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v.72, n.2, p. 268-291. 1989.
- TRAGER, J. C. A revision of the fire ants, *Solenopsis geminata* group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). **Journal of the New Entomological Society**, v.99, n.2, p.141-198. 1991.
- TSCHINKEL, W. R. Sociometry and sociogenesis of colonies of the fire ant *Solenopsis invicta* during one annual cycle. **Ecological Monographs**, v.63, n.4, p.425-457. 1993.
- ULLOA-CHACON, P. Hormigas Urbanas. In: FERNÁNDEZ, F. (Eds). **Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, p.351-359. 2003.
- WILDER, S. M.; BARNUM, T. R.; HOLWAY, D. A.; SUAREZ, A. V.; EUBANKS, M. D. Introduced fire ants can exclude native ants from critical mutualist-provided resources. **Oecologia** doi:10.1007/s00442-012-2477-7). 2012.
- WILLIAMS, D. F.; DESHAZO, R. D. Biological control of fire ants: an update on new techniques. **Annals of Allergy, Asthma & Immunology**, v.93, p.15-22. 2004.
- WILSON, E. O. Chemical communication among workers of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Fr. Smith). **Animal Behaviour**, v.10, p.140-147. 1962.
- WILSON, E. O. Chemical communication in the Social insects. **Science**, v.149, p.1064-1071. 1965.