

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA APLICADA AO MANEJO E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

Elisa Furtado Fernandes

Lava-pés (*Solenopsis* Westwood, 1840): Do controle à influência ecológica em ambiente urbano

**Juiz de Fora
2020**

Elisa Furtado Fernandes

Lava-pés (*Solenopsis* Westwood, 1840): Do controle a influência ecológica em ambiente urbano

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ecologia Aplicada à Conservação e ao Manejo de Recursos Naturais.

Orientador: Professor Doutor Fábio Prezoto

Juiz de Fora
2020

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

Furtado Fernandes, Elisa.

Lava-pés (Solenopsis Westwood, 1840): Do controle à influência ecológica em ambiente urbano. / Elisa Furtado Fernandes. -- 2020. 68 p. : il.

Orientador: Fábio Prezoto

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2020.

1. Lava-pés. 2. Ambiente urbano. 3. Controle de formigas. I. Prezoto, Fábio, orient. II. Título.

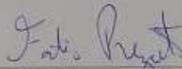
**"LAVA-PÉS (SOLENOPSIS WESTWOOD, 1840): DO CONTROLE À
INFLUÊNCIA ECOLÓGICA EM AMBIENTE URBANO"**

Elisa Furtado Fernandes

Orientador: Prof. Dr. Fábio Prezoto

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 19 de fevereiro de 2020.



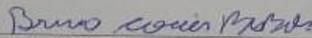
Prof. Dr. Fábio Prezoto
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF



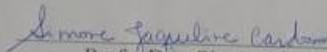
Profa. Dra. Mariana Monteiro de Castro
Faculdade - PITÁGORAS



Profa. Dra. Helba Helena Santos Prezoto
Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora - CES/JF



Prof. Dr. Bruno Correa Barbosa
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF



Profa. Dra. Simone Jaqueline Cardoso
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Aos meus pais Ana Maria e Vandemir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu orientador Prof. Dr. Fábio Prezoto pela oportunidade de realizar esse estudo e todos os projetos que realizamos juntos ao longo de 7 anos de convivência. Foi no laboratório, sob sua supervisão que aprendi o que é ser uma pesquisadora bióloga, com ética e amor a profissão. Obrigada pelos ensinamentos, confiança e apoio.

À amiga Mariana Monteiro de Castro pela amizade durante toda a minha passagem pelo Labec. Pelas viagens de congresso, paciência para ensinar, dedicação e companhia mais que agradável (Saudades!!)

Aos amigos do Laboratório: Raquel por me ajudar em todas as coletas ao longo de dois anos de pesquisa (foram muitas aventuras e histórias para contar); Bruno, pela companhia agradável no laboratório e sua imensa paciência para me ensinar. Helba, Tati, Samuel, Tayrine, Flavio, Mateus... e todos que de alguma forma ajudaram na minha formação como bióloga e tornaram os dias mais alegres e leves no Labec.

Agradeço ao condomínio Alphaville que cedeu a área para que eu pudesse realizar este trabalho, equipe de extrema competência e confiança que me acompanhou por dois anos seguidos.

Ao professor Junir Antonio Lutinsk que identificou todas as formigas capturadas nesse trabalho. Ao professor Odair Correa Bueno pela ajuda em muitos projetos realizados no laboratório, ensinamentos, congressos e participação em bancas.

À Universidade Federal de Juiz de Fora por todas as oportunidades, aos professores que ao longo de todos esses anos me ajudaram a crescer, me formaram e me ensinaram com extrema dedicação. Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia (PGECOL) pelo suporte para realização dessa pesquisa, pelos excelentes professores, infraestrutura e concessão de bolsa de estudo.

Aos professores e membros dessa banca que dedicaram seu tempo para ler o nosso estudo e contribuíram para que ele melhore: Mariana, Bruno, Helba e Simone.

Aos meus pais, Ana Maria e Vandemir, que são tudo na minha vida. Razão pela qual continuo buscando, estudando, insistindo..... e nunca desistindo de ser uma pessoa melhor e uma profissional excelente. Obrigada por entender tantas ausências....por todo apoio, amor, paciência e por nunca desistirem de mim. Amo vocês !!!

Aos meus amados amigos da Biologia – “Bendito encontro na vida”- Ítala, Fernanda, Lívia, Samantha, Ricardo (grilo), Paula e Cíntia...sem vocês a faculdade não faria sentido. Obrigada pela amizade, parceria, festinhas, puxões de orelha e momentos inesquecíveis!!

A toda a minha família, em especial a tia Cida, que sempre torceu por mim, meu exemplo de professora. Aos eternos amigos de Campanha e a todos que ao longo desses anos torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho. Obrigada !!!!

RESUMO

As formigas desempenham funções importantes nos ecossistemas, promovendo a fertilização dos solos e auxiliando na polinização. Devido a sua alta dominância e diversidade no ambiente, as formigas são utilizadas em estudos de biodiversidade e podem indicar o grau de degradação e/ou preservação de uma área. Algumas espécies de formigas são consideradas pragas no ambiente urbano, onde causam sérios prejuízos, e assim, o seu controle e manejo adequados se tornam de grande importância para inibir a proliferação desses animais.

O primeiro capítulo dessa tese teve como objetivo descrever uma metodologia de controle para as formigas lava-pés e testar sua eficácia em campo. Para realizar o controle foi utilizado um equipamento adaptado do pulverizador do tipo fumacê, confeccionado em tamanho menor e mais leve para facilitar o transporte na área estudada. Foi possível constatar uma diminuição no número de colônias ativas ao longo do experimento, bem como uma redução no comprimento e largura dos ninhos.

No segundo capítulo, testamos quatro técnicas de controle com eficiência conhecida para as formigas lava-pés e, através, do método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi possível escolher qual técnica apresentou o menor risco de contaminação para o ambiente, o menor custo por colônia e a melhor eficácia no controle. Os resultados indicaram que a água com detergente é o melhor método para controlar as formigas lava-pés, seguido da água quente, inseticida granular e inseticida líquido.

O terceiro capítulo teve como objetivo conhecer a mirmecofauna presente em uma área de condomínio residencial no município de Juiz de Fora, Zona da Mata mineira e avaliar os impactos causados pelo controle frequente das formigas lava-pés. As formigas foram coletadas através de armadilhas do tipo pitfall e armadilhas atrativas contendo mel. O estudo teve duração de dois anos (2016 a 2018). Foram capturados 9979 indivíduos e a riqueza observada foi de 23 espécies. O controle das lava-pés contribuiu para o aumento da abundância das formigas *Pheidole*, que competem diretamente por recursos com as lava-pés. A cada nova coleta foi possível observar uma mudança nos índices de diversidade e dominância em relação as espécies de formigas capturadas.

Este estudo representa um avanço importante para o conhecimento das espécies de formigas presentes em nossa região. Por se tratar de uma área que passa por fortes pressões antrópicas nos últimos anos, é importante compreender como as assembleias de formigas tem se modificado e influenciado nas interações ecológicas naquela região. Também é possível inferir que existem técnicas eficazes e menos poluentes para controlar as formigas lava-pés. É importante ressaltar que a escolha do método de controle deve levar em conta diversos

aspectos da área infestada como tamanho, movimentação de pessoas e/ou animais e o tipo de vegetação. O controle deve ser realizado continuamente e de forma segura, com a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI).

Palavras-chave: Água com detergente. Área urbana. Controle de formigas. Diversidade. Formiga de fogo. Formigas andarilhas.

ABSTRACT

Ants play important roles in ecosystems, promoting soil fertilization and assisting pollination. Due to their high dominance and diversity in the environment, ants are used in biodiversity studies and can indicate the degree of degradation and / or preservation of an area. Some species of ants are considered pests in the urban environment, where they cause serious damage, and thus, their adequate control and management become of great importance to inhibit the proliferation of these animals.

The first chapter of this thesis aimed to describe a control methodology for fire ants and to test their effectiveness in the field. To carry out the control, an equipment adapted from the “fumacê” type sprayer was used, made in a smaller and lighter size to facilitate transportation in the studied area. It was possible to verify a decrease in the number of active colonies throughout the experiment, as well as a reduction in the length and width of the nests.

In the second chapter, we tested four control techniques with known efficiency for fire ants and using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, it was possible to choose which technique presented the lowest risk of contamination for the environment, the lowest cost per colony and better control effectiveness. The results indicated that detergent water is the best method for controlling fire ants, followed by hot water, granular insecticide and liquid insecticide.

The third chapter aimed to get to know the myrmecofauna present in a residential condominium area in the municipality of Juiz de Fora, Zona da Mata, Minas Gerais, and to assess the impacts caused by the frequent control of fire ants. The Ants were collected using pitfall traps and attractive traps containing honey. The study lasted two years (2016 to 2018). 9979 individuals were captured and the observed richness was of 23 species. The control of the fire ants contributed to the increase in the abundance of Pheidole ants, which compete directly for resources with the fire ants. With each new collection it was possible to observe a change in the diversity and dominance indexes of the captured ant species. This study represents an important advance for the knowledge of the ant species present in our region. As it is an area that has undergone strong anthropic pressures in recent years, it is important to understand how the ant assemblies have changed and influenced the ecological interactions in that region. It is also possible to infer that there are other effective and less polluting ways to control fire ants. It is important to emphasize that the choice of the control method must take into account several aspects of the infested area such as size, movement of people and / or animals and the type of vegetation. The control must be carried out continuously and safely,

using personal protective equipment (PPE). The control must be carried out continuously and safely, using personal protective equipment (PPE).

Keywords: Control of ants. Diversity. Fire ant. Tramp ants. Urban area. Water with detergent.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Locais utilizados para a nidificação das formigas de fogo: A: Grama; B: Passeio; C: Meio fio e grama; D: Bueiro e Grama; E: Estrutura interna de um ninho de Lava-pés.	18
Figura 2: Condomínio Alphaville localizado no município de Juiz de Fora, Zona da Mata mineira, Brasil. Fonte: Arquivo pessoal.	28
Figura 3: A: Armadilhas do tipo Pitfall e B: Armadilhas atrativas de iscas contendo mel, utilizadas para capturar as formigas presentes em uma área urbana no município de Juiz de Fora, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	29
Figura 4: A: Riqueza das subfamílias; B: Riqueza dos gêneros de formigas registradas em uma área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	32
Figura 5: Índice de Diversidade de Shannon (H') e Dominância de Berger-Parker (d) ao longo das coletas de formigas em área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	33
Figura 6: Curvas de rarefação e estimadores de riqueza de espécies e curva de acúmulo de espécies registradas em uma área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	33
Figura 7: A: Equipamento utilizado no controle de Lava-pés; B: Ninho de lava-pés sendo controlado; C: Ninho de lava-pés sendo retirado após o controle, no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	43
Figura 8: Número de colônias ativas de formigas Lava-pés de acordo com as estações do ano, de agosto de 2016 a outubro de 2018, no município de Juiz de Fora, MG.	44
Figura 9: Comprimento e Largura das colônias de Lava-pés registradas na estação fria e seca, quente e úmida em um condomínio em Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	45
Figura 10: Posicionamento dos valores de Hierarquização dos Tratamentos (IHT) geral e por critério em colônias de formigas de fogo em Juiz de Foea, MG, 2015. (T1: Água quente, T2: Água com detergente, T3: Inseticida líquido e T4: Iseticida granular).	58
Figura 11: Número de colônias de Lava-pés controladas ao final do experimento e submetidas aos tratamentos de Água quente (T1); Água com detergente (T2); Inseticida líquido (T3) e Inseticida Granular (T4) em Juiz de Fora, MG, 2015. As barras com o símbolo * indicam que ocorreu diferença significativa entre as colônias ao final do experimento.	59
Figura 12: Número de colônias ativas de Lava-pés ao longo de 4 meses, em Juiz de Fora, MG, 2015. Observação: O "0" (zero) corresponde ao momento da aplicação dos tratamentos (T1, T2, T3 e T4).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do gênero <i>Solenopsis</i> Westwood, 1840 proposta por Pitts, 2005.	16
Tabela 2: Lista de espécies, métodos de coleta e constância de captura das formigas registradas em uma área urbano no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018. Legenda: AP = Armadilha do Tipo Pitfall; AA = Armadilha Atrativa; +++ = Constante ($C > 50\%$); ++ - Acessória ($25\% < C < 50\%$); + = Acidental ($C < 25\%$).	30
Tabela 3: Média, Desvio Padrão e Amplitude das colônias de Lava-pés registradas na estação fria e seca, quente e úmida em um condomínio em Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.	45
Tabela 4: Conjunto de critérios utilizados na avaliação comparativa entre os tratamentos empregados no controle de Lava-pés em área urbana, Juiz de Fora, 2015.	53
Tabela 5: Conjunto de cada um dos critérios considerados para o cálculo do IHT. T1: Água quente; T2: Água com detergente; T3: Inseticida líquido; T4: Isca atrativa tóxica.	55
Tabela 6: Quantidade de produto aplicado por tratamento (T1, T2, T3, T4) em relação ao tamanho (cm) e volume (v) dos murunduns de Lava-pés, em Juiz de Fora, MG, 2015.	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
REFERÊNCIAS	21
3 CAPÍTULO 1: DIVERSIDADE DE FORMIGAS EM UM FRAGMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA	25
RESUMO	25
3.1 INTRODUÇÃO.....	25
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.1 Área de estudo	27
3.2.2 Amostragem e coleta de dados	28
3.2.3 Análise dos dados	29
3.3 RESULTADOS	30
3.4 DISCUSSÃO	33
REFERÊNCIAS	36
4 CAPÍTULO 2: AVANÇOS NO CONTROLE DE FORMIGAS DE FOGO EM ÁREA URBANA	41
RESUMO	41
4.1 INTRODUÇÃO.....	41
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.2.1 Área e período de estudo	43
4.2.2 Coleta de dados.....	43
4.2.3 Análise dos dados	44
4.3 RESULTADOS	44
DISCUSSÃO	45
REFERÊNCIAS	48
5 CAPÍTULO 3: SELEÇÃO DO MÉTODO DE CONTROLE DE FORMIGAS LAVA PÉS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE MULTICRITÉRIO	51
RESUMO	51
5.1 INTRODUÇÃO.....	51
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
5.2.1 Análise Hierárquica de Multicritério (AHP)	53

5.2.2 Experimento em campo.....	56
5.2.3 Área e período de estudo	56
5.2.4 Coleta de dados.....	56
5.2.5 Análise dos dados	57
5.3 RESULTADOS	57
5.3.1 Análise Hierárquica de Multicritério	57
5.3.2 Aplicação no campo	58
5.4 DISCUSSÃO	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

As formigas de fogo, gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 (Hymenoptera: Formicidae), subfamília Myrmicinae, possuem 196 espécies descritas em todo mundo (ANTWEB, 2020). São formigas de hábitos variáveis, sendo encontradas forrageando por trilhas subterrâneas ou na superfície do solo (PORTER; TSCHINKEL, 1987; DAVIS; DEYRUP, 2006; DIECKMAN; DRESS, 2013). Seus ninhos variam de tamanho e são populosos, podendo exceder 250 mil indivíduos (CASSIL et al., 2002). Na natureza são predadoras de invertebrados, pequenos vertebrados e outras espécies de formigas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; DEYRUP; PRUSAK, 2008; ASANO; CASSIL, 2012, WANG et al., 2016; CHEN, et al., 2018).

O gênero *Solenopsis* é objeto de estudo de vários trabalhos de taxonomia. Muitos autores alegam que a escassez de caracteres diagnósticos confiáveis, a hibridação entre as espécies e o polimorfismo das rainhas tornam a identificação das espécies muito difícil, porém todos concordam que existe um grupo de formigas nativas da América do Norte e outro grupo nativo das regiões Neotropicais (TRAGER, 1991; MCINNES; TSCHINKEL, 1995; PITTS et al., 2005; AXEN et al., 2014).

Atualmente a classificação das formigas de fogo mais aceita é a proposta por Pitts et al. (2005) que reorganizou o gênero em quatro grupos de acordo com o nível de similaridade existente entre as espécies: (i): Grupo *Solenopsis virulens*, (ii): Grupo *Solenopsis tridens*, (iii): Grupo *Solenopsis geminata* e (iv): Grupo *Solenopsis saevissima* (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840 proposta por Pitts, 2005.

Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
<i>Solenopsis virulens</i>	<i>Solenopsis tridens</i>	<i>Solenopsis geminata</i>	<i>Solenopsis saevissima</i>
<i>S. virulens</i>	<i>S. substituta</i>	<i>S. geminata</i>	<i>S. interrupta</i>
	<i>S. tridens</i>	<i>S. amblychila</i>	<i>S. invicta</i>
		<i>S. aurea</i>	<i>S. macdonaghi</i>
		<i>So. xyloni</i>	<i>S. megergates</i>
		<i>S. bruesi</i>	<i>S. pythia</i>
		<i>S. gayi</i>	<i>S. quinquecuspis</i>
			<i>S. richteri</i>
			<i>S. saevissima</i>
			<i>S. weyrauchi</i>
			<i>S. electra</i>
			<i>S. pusillignis</i>
			<i>S. daguerrei</i>
			<i>S. hostilis</i>

As *Solenopsis* são popularmente conhecidas como formiga de fogo ou lava-pés devido a sua agressividade quando são importunadas. Essas formigas ferream a vítima inúmeras vezes, causando uma sensação de queimadura no local da ferroadada (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). O seu veneno contém proteínas que podem causar inchaço na pele, edemas, necrose, choque anafilático e até mesmo levar o indivíduo a morte (DESHAZO et al., 1984; DESHAZO; BANKS, 1994; XU et al., 2011). A toxicidade do veneno das formigas de fogo é devido as proteínas solenopsinas e piperidinas, que combinadas, conferem propriedades citotóxicas, inseticidas, antibióticas e antimicrobacterianas que se disseminam rapidamente para as células e tecidos do indivíduo atacado (STOREY et al., 1991; DESLIPE; GUO, 2000).

Na literatura, um dos primeiros acidentes registrados com formiga de fogo data de 1998, no Estado da Carolina do Sul, EUA, onde 3,3 milhões de pessoas receberam tratamento hospitalar devido as ferroadadas dessas formigas (COHEN, 1992). Hoje, podemos encontrar diversos relatos de acidentes com seres humanos (DESHAZO; BANKS, 1994; DESHAZO; WILLIAMS, 1995; RONG, 2005; XIAO, 2006; LU et al., 2007) sendo um dos mais recentes ocorrido no Japão, onde essas formigas chegaram através de navios da China (JAPANTIMES, 2017; NAKAJIMA, 2019). No ambiente natural as formigas de fogo também apresentam extrema agressividade com outras espécies animais, levando, em alguns casos, a extinção de várias espécies nativas e perda na biodiversidade local (WILLIAMS et al., 2001; ALLEN et al., 2004).

A reprodução da formiga *Solenopsis* ocorre durante o voo nupcial, em que machos e fêmeas, ambos alados, copulam no ar. Após a cópula, as rainhas procuram um local no solo para iniciar uma nova colônia. Tschinkel (1998) demonstrou que essas formigas preferem fundar a colônia em orifícios pré-formados para proteger a prole da dessecação e da predação. Esses voos são desencadeados após um período prolongado de seca, seguido de chuva intensa e ocorrem geralmente no final da manhã ou início da tarde (MARKIN et al., 1971; WILSON, 1990; TSCHINKEL, 2006; HÖLLDOBLER;).

As formigas de fogo constroem seus ninhos, ou murunduns, em ambientes perturbados e abertos, em associação com algum tipo de substrato (grama, calçadas, orifícios em concreto, bueiro) (Figura 1) o que garante maior estabilidade para as épocas chuvosas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; PENICK; TSCHINKEL, 2008; ZERINGOTA et al., 2014). Internamente, esses ninhos são ligados por galerias e túneis que permitem a movimentação das formigas, armazenamento de alimento e

depósito de lixo (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990) (Figura 1). Os murunduns atuam como coletores solares, regulando a temperatura no interior da colônia durante todo o dia, e assim otimizando o crescimento e desenvolvimento da prole (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; PENICK; TSCHINKEL, 2008; ASANO; CASSIL, 2012;).



Figura 1: Locais utilizados para a nidificação das formigas de fogo: A: Grama; B: Passeio; C: Meio fio e grama; D: Bueiro e Grama; E: Estrutura interna de um ninho de Lava-pés.

As formigas de fogo são generalistas oportunistas, com uma alimentação que varia entre líquidos açucarados, proteínas e exsudato de plantas. A dieta também pode variar com a estação climática, sendo que em épocas quentes as larvas demandam mais por proteínas e em épocas frias, as operárias preferem açúcar. Porém estudos já mostram que essas formigas não tem preferência por um alimento, capturando e transportando para suas colônias o que se encontra em maior quantidade na natureza. Esses alimentos são transportados por trilhas subterrâneas, o que diminui a chance de serem atacadas por outras formigas (STEIN et al., 1990; TSCHINKEL, 2006). As *Solenopsis* também podem ser encontradas associadas a carcaças de animais, atuando como necrófagas ou predadoras de necrófagos (MACIEL et al., 2015; MENDONÇA et al., 2019).

Atualmente, as formigas de fogo são consideradas uma das principais pragas de importância econômica no ambiente urbano, onde invadiram grandes áreas, atacando e ferindo animais e seres humanos e competindo com outras espécies animais por espaço e comida (LOFGREN et al., 1975; JOUVENAZ, 1990). Para se ter uma ideia, no Estado do Texas, Estados Unidos, existe um programa de monitoramento da formiga *Solenopsis invicta* Buren, 1972 desde 1958. Nesse país, a formiga de fogo foi introduzida na década de 1930,

vinda da América do Sul, e desde então se tornou uma praga, fazendo com que os EUA gastem anualmente milhões de dólares no controle e nos cuidados médicos com a população atingida (LARD et al., 2002; CUMBERLAND; KIRKMAN, 2012).

Já na América do Sul, a formiga *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) encontrada por todo litoral Brasileiro, desde a região Sul até o Suriname, é uma das principais pragas no ambiente urbano (PORTER; TSCHINKEL, 1987; TABER, 2000; ROSS et al., 2010;). Apesar de ser ainda pouco estudada, alguns trabalhos já relatam a sua presença e perturbação no ambiente antrópico (TABER, 2000; MARTIN et al., 2011; ZERINGÓTA et al., 2014. LENOIR et al., 2015).

Ainda não existe uma metodologia de controle definida para a formiga do fogo. A utilização de iscas granulares tem aumentado nos últimos anos, principalmente por ser um método menos poluente (VOGT et al., 2005; WYLIE et al., 2016; XIONG et al., 2019), assim como a utilização do controle biológico, principalmente pelas moscas parasitóides *Pseudacteon* (Diptera:Forídeo) (CHEN; FADAMIRO, 2018). Porém, os produtos químicos líquidos ainda continuam a ser empregados, mesmo sendo altamente tóxicos para o ambiente e para a população que o utiliza (Williams et al., 2001; MATTHEWS, 2008; DREES et al., 2013). Um estudo publicado por Pinto et al. (2019) apontou que métodos não convencionais de controle tem sido utilizados, como a água quente e água com detergente, e apresentado resultados satisfatórios no combate a formiga de fogo. Porém ainda é necessário mais estudos para se chegar a uma metodologia eficaz de controle.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as interações que ocorrem entre as formigas lava-pés e outras espécies de formigas em uma área urbana no município de Juiz de Fora, e propor uma metodologia de controle para as formigas lava-pés.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Descrever uma metodologia de controle para as formigas lava-pés e testar sua eficácia em campo.
- b) Testar quatro técnicas de controle com eficiência conhecida para as formigas lava-pés e, através, do método Analytic Hierarchy Process (AHP) escolher qual técnica apresenta o menor risco de contaminação para o ambiente, o menor custo por colônia e a melhor eficácia no controle.

c) Conhecer a mirmecofauna presente em uma área de condomínio residencial no município de Juiz de Fora, Zona da Mata mineira e avaliar os impactos causados pelo controle frequente das formigas lava-pés.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, C.R.; EPPERSON, D.M.; GARMESTANI, A. S. Red Imported Fire Ant Impacts on Wildlife: A Decade of Research. *Am. Midl. Nat.*, v. 152, p. 88–103, 2004.
- ANTWEB, 2020. Disponível em:
<https://www.antweb.org/description.do?subfamily=myrmicinae&genus=solenopsis&rank=genus>. Acesso em: Jan. 2020.
- 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.
- AXEN, H.J., WILDERMUTH, A., HELMS, S. C. Environmental filtering of foraging strategies mediates patterns of coexistence in the fire ants *Solenopsis geminate* and *Solenopsis xyloni*, and their interspecific hybrids. **Ecological Entomology**, 39, 290–299, 2014.
- BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In MARICONI, F. A. M. (eds) **Insetos e outros invasores de residências**, Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 135-180, 1999.
- CASSIL, D.; TSCHINKEL, W. R.; VINSON, S. B. Nest complexity, group size and brood rearing in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, v. 79, p. 158-163, 2002.
- CHEN, L.; FADAMIRO, H. Y. *Pseudacteon* Phorid Flies: Host Specificity and Impacts on *Solenopsis* Fire Ants. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 63, p. 47–67, 2018.
- COHEN, P. R. Imported fire ant stings: clinical manifestations and treatment. **Pediatric Dermatol**, v. 9, p. 44-48, 1992.
- CUMBERLAND, M. S.; KIRKMAN, L. K. The effects of disturbance on the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) and the native ant community. **Forest Ecology and Management**, v. 279, p. 27-33, 2012.
- DAVIS, L. R.; DEYRUP, M. *Solenopsis phoretica* a new species of apparently parasitic ant from Florida (hymenoptera: formicidae). **Florida Entomologist**, v. 89, n. 2, 2006.
- DESHAZO, R. D., GRITTING, C.; KWAN, T. H., BANKS, W., DVORAK, H. Dermal hypersensitivity reactions to imported fire ants. **J. Allergy Clinical Immunol**, v. 74, p. 841-847, 1984.
- DESHAZO, R. D., BANKS, W. Medical consequences of multiple fire ant stings occurring indoors. **J. Allergy Clinical Immunol**, v. 93, p. 847-850, 1994.
- DESHAZO, R. D., WILLIAMS, D. F. Multiple fire ant stings indoors. **Southern Medical J**, v. 88, p. 712-712, 1995.
- DESLIPPE, R. J.; GUO, Y. J. Venom alkaloids of fire ants in relation to worker size and age. **Toxicon**, v. 38, n. 2, 2000.

DEYRUP, M.; PRUSAK, Z. A. *Solenopsis enigmatica* a new species of inquiline ant from the Island of Dominica, west Indies (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v. 91, n. 1, 2008.

DIECKMANN, R.; DREES, B.M. Subsurface Temperature Profile and Red Imported Fire Ant Foraging and Sampling by Food Lures, Coachella Valley, California. **Southwestern Entomologist**, v. 38, n. 3, 2013.

DREES, B. M.; CALIXTO, A. A.; NESTER.; PR. Integrated pest management concepts for red imported fire ants *Solenopsis invicta*(Hymenoptera: Formicidae). **Insect Sci**, v. 20, p. 429–438, 2013.

HÖLLDOLBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants. **Cambridge, Harvard University Press**, p. 732, 1990.

JAPANTIMES, 2019. **Fire ants, including two queens, make way to Kyoto via China.** Disponível em: https://www.japantimes.co.jp/news/2017/10/15/national/fire-ants-including-two-queens-make-way-kyoto-via-china/#article_history. Acesso em: Jan. 2020).

JOUVENAZ, D. P. Approaches to biological control of fire ants In the United States. In: R. K. Vander Meer, K. Jaffe & A. Cedeño (Eds). **Applied Myrmecology: A World Perspective**. Boulder, Colorado: Westview Press, p. 620-627, 1990.

LARD, C., WILLIS, D. B.; SALIN, V.; ROBISON, S. Economic assessments of red imported fire ant on Texas' Urban and agricultural sectors. **Southwest. Entomol**, v. 41, p. 123-137, 2002.

LENOIR, A.; DEVERS, S.; TOUCHARD, A.; DEJEAN, A. The Guianese population of the fire ant *Solenopsis saevissima* is unicolonial. **Insect Science**, v. 23, p. 739-746, 2015.

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.

LU, W. C. et al. An irritability shock case caused by red imported fire ant stinging. **J. Vector Biol. Control**, v. 18, p. 105-106, 2007.

MACIEL, T. T.; CASTRO, M. M.; BARBOSA, B.C.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Foraging behavior of fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera, Formicidae) in *Feliscatus Linnaeus* (Carnivora, Felidae) carcass. **Sociobiology**, v. 62, n. 4, p. 610-612, 2015.

MARTIN, J. M.; ROUX, O.; GROU, S.; DEJEAN, A. A type of unicoloniality within the native range of the fire ant *Solenopsis saevissima*. **Comp Rend Biol**, v. 334, p. 307- 310, 2011.

MARKIN, G. P.; DILLIER, J. H.; HILL, S. O.; BLUM, M. S.; HERMANN, H. R. Nuptial flight and flight ranges of the imported fire ant, *Solenopsis saevissima richteri* (Hymenoptera : Formicidae). **Journal of the georgia entomological society**, v. 6, p. 145-156, 1971.

MATTHEWS, G.A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products: a survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Prot**, v.27, p. 834–846, 2008.

- MCINNES, D. A.; TSCHINKEL, W. R. Queen dimorphism and reproductive strategies in the fire ant *Solenopsis geminate* (Hymenoptera: Formicidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 36, p. 367–375, 1995.
- MENDONÇA, R.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Actions of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) on a big-eared opossum carcass. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, 2019.
- NAKAJIMA, N.; SAKAMOTO, Y.; GOKA, K. Rapid detection of the red fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) by loop-mediated isothermal amplification. **Applied Entomology and Zoology**, v. 54, p. 319–322, 2019.
- 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.
- PORTER, S. D.; TSCHINKEL, W. R. Foraging of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) effects of weather and season. **Environ Entomol**, v. 16, p. 802–808, 1987.
- PINTO, L. M.; FERNANDES, E. F.; PREZOTO, F. Controle de formigas lava-pés: Onde encontro informações? **Rev Bras Zoociencias**, v. 20, p. 1-9, 2019.
- 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, p. 493–505, 2005.
- RONG, J. D. Investigation and analyze of prevalence statues of *Solenopsis invicta* stings. **Veterinary Medical Pest Control**, v. 21, p. 265-266, 2005.
- ROSS, K. D.; GOTZECK, D., ASCUNCE, M. S., SHOEMAKER, D. D., Species delimitations: A case study in a problematic ant taxon, **Syst Biol**, v. 59, p. 162–184, 2010.
- STEIN, M. B.; THORVILSON, H. G.; JOHNSON, J. W. Seasonal changes in bait preference by red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera:Formicidae). **Florida Entomologist**, v. 73, p. 117-123, 1990.
- STOREY, G. K.; VANDER MEER, R. K, BOUCIAS, D. G, MCCOY, C. W. Effect to fire ant (*Solenopsis invicta*) venom alkaloids on the *in vitro* germination and development of select edentomogenous fungi. **J Invert Path**, v. 58, n. 1, p. 88-95, 1991.
- TABER, W. Fire ants, **Texas A&M University Press**, College Station, 2000.
- TRAGER, J.C. A revision of the fire ants, *Solenopsis geminate* group (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae). **Journal of the New York Entomological Society**, v. 99, p; 1–59, 1991.
- TSCHINKEL, W.R. An experimental study of pleometrotic colony founding in the fire ant, *Solenopsis invicta*: what is the basis for association? **Behav. Ecol. Sociobiol**, v. 43, p. 247-257, 1998.
- TSCHINKEL, W.R. **The Fire Ants**. Harvard University Press, Cambridge, ed. The Belknap Press, p.752, 2006.

- VOGT, J. T.; REED, J.T.; BROWN, R.L. Timing bait applications for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: Efficacy and effects on non-target ants. **Int J Pest**, v. 51, p. 121-130, 2005.
- XIAO, K. S., LIANG, K. B., LI, Y., ZHU, R. X., LLANG, J. H.; ZIIAN, Y. L., LIU, F. E., FANG, Y. M. A survey on humans bitten by red imported fire ants. **Chinese J. Dermatol**, v. 39, p. 415-416, 2006.
- XIONG, T.; QIU, X. H.; LING, S.Q.; LIU, J. L.; ZENG, X. N. Interaction of fipronil and the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*): Toxicity differences and detoxification responses. **J Insect Physiol**, v. 115, p. 20-26, 2019.
- XU, Y. J., ZENG, L., LU, Y. Y. Temporarily defended dispersal area of alarmed workers of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera, Formicidae) provoked by physical disturbance. **Sociobiology**, v. 58, p. 119-132, 2011.
- WANG, C. et al. Individual and Cooperative Food Transport of the Red Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae): Laboratory Observations. **J Insect Behav**, v. 29, p. 99–107, 2016.
- WILLIAMS, D. F.; COLLINS, H. L.; OI, D. The Red Imported Fire Ant: (Hymenoptera: Formicidae): An Historical Perspective of Treatment Programs and The Development of Chemical Baits for Control. **Am Entomol**, v. 47, p. 146-149, 2001.
- WYLIE, R.; JENNINGS, C.; MCNAUGHT, M. K.; OAKEY, J.; HARRIS, E. J. Eradication of two incursions of the Red Imported Fire Ant in Queensland. **Australia. Ecol Man Rest**, v. 17, p. 22-32, 2016.
- ZERINGÓTA, V. R.; CASTRO, M. M.; DELLA LUCIA, T. M.C.; PREZOTO, F. Nesting of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) in an urban environment. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 668-673, 2014.

3 CAPÍTULO 1: DIVERSIDADE DE FORMIGAS EM UM FRAGMENTO URBANO NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA

RESUMO

O processo de urbanização é considerado como uma das maiores ameaça a biodiversidade do mundo. Nesse contexto, as formigas representam um importante grupo para o estudo, principalmente porque são utilizadas como bioindicadoras das mudanças ambientais e assim, conhecer a riqueza e a diversidade de formigas de uma região se torna de grande importância. Assim, nosso trabalho teve como objetivo caracterizar as assembleias de formigas e avaliar o impacto do controle regular das formigas *Solenopsis* em uma área urbana. O estudo foi conduzido em um condomínio no município de Juiz de Fora, MG, Brasil de agosto de 2016 a outubro de 2018. A área foi dividida em 12 transectos e a população de formigas foi amostrada através de armadilhas do tipo “pitfall” e iscas contendo mel. As *Solenopsis* foram controladas uma vez por mês durante todo período de estudo. Foram registradas 9979 espécimes de formigas, tendo sido identificadas 23 espécies, distribuídas em 16 gêneros e 7 subfamílias. A formiga do gênero *Pheidole* sp. 3 foi a mais abundante (n=4659) seguida da *Crematogaster acuta* (n=2097). Myrmicinae foi a subfamília com maior número de indivíduos (n=7501). O gênero mais rico em espécie foi o *Camponotus* (n=9). Foi possível registrar espécies exclusivas para as armadilhas de pitfalls (*Pseudomyrmex gracilis*, *Atta sexdens rubropilosa*, *Gnamptogenys striatula*, *Nomamyrmex*, *Cyphomyrmex* sp.2 e *Cephalotes* sp.1). O índice de diversidade oscilou para cada mês de estudo, assim como o índice de dominância. A riqueza observada através do estimador Jackknife 1 e Jackknife 2 obteve um valor próximo da riqueza esperada para a região. A partir desse estudo pode-se inferir que mesmo com a pressão antrópica causada pela construção do condomínio, a mirmecofauna da região se mostrou rica em espécies de formigas e com indivíduos encontrados tanto em áreas preservadas como em áreas antropizadas.

Palavras chave: Ambiente urbano. Formiga urbana. Lava-pés. Riqueza.

3.1 INTRODUÇÃO

As alterações ambientais ocasionadas pela urbanização representam uma grande ameaça a biodiversidade (MCKINNEY, 2002, UNO et al., 2010). Essas mudanças podem afetar as comunidades de organismos de diversas formas, como por exemplo, elevar a densidade de algumas espécies que passam a dominar e colonizar nichos desocupados, assim

como podem diminuir a abundância de outras espécies, levando a extinção ou perda do habitat (LUCK; DAHSTEN, 1974, KAMURA et al., 2007, BLAIR, 2001, SANFORD et al., 2008).

Dentre esses organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas se destacam como um importante grupo, principalmente em regiões com intensa pressão antrópica. Devido a sua importância ecológica nos ecossistemas, ampla distribuição geográfica, dominância, alta diversidade e facilidade de coleta, as formigas são utilizadas como modelo de estudo de biodiversidade, respondendo facilmente as mudanças ambientais (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; ALONSO; AGOSTI, 2000; BLUTHGEN et al. 2003; BOLTON et al., 2006; FROUZ; JILKOVA, 2008; PETTERS et al., 2011; BHARTI et al., 2016). Assim, estudos que avaliam o impacto do desmatamento, alterações causadas pela mineração e contaminação de áreas por insumos agrícolas são alguns exemplos que utilizam as formigas como ferramentas de monitoramento ambiental (VASCONCELOS, 1999; FRANÇOSO; CORRÊA, 2007; VALENTIM et al., 2007; VALENTIM, 2010).

Algumas espécies de formigas são consideradas pragas no ambiente urbano por causarem algum tipo de incômodo, principalmente quando colonizam estabelecimentos comerciais, residenciais e hospitais onde são vetores de organismos patogênicos (MOREIRA et al., 2005, OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005, COSTA et al., 2006, LISE et al., 2006, CASTRO et al., 2016). Além disso, as formigas podem ocasionar grandes perdas econômicas bem como mudar a composição de espécies e o equilíbrio dos ecossistemas (LAC; HOOPER-BUI, 2009). Muitas dessas formigas recebem o “status” de invasoras e, segundo Lowe et al. (2000) as formigas *Solenopsis invicta* Buren, 1972, *Wasmania auropunctata* (Roger, 1863) e *Linepitema humile* (Mayr, 1868) estão nas lista das 100 piores espécies invasoras do mundo.

Na literatura podemos encontrar diversos estudos sobre diversidade e riqueza de formigas em ambientes alterados (LONGINO et al., 2002; MORINI et al., 2007; LUTINSK et al., 2013, ACHURY; SUAREZ, 2018;). Suguituru et al. 2013 descreveram a diversidade e a composição de formigas em diferentes remanescentes de Mata Atlântica no estado de São Paulo, Brasil. Os autores constataram que a maior diversidade de formigas foi encontrada nas áreas de conservação ambiental e a menor, nas áreas com influência antrópica. Segundo Rocha et al. (2015), a diversidade e riqueza

de formigas tendem a aumentar em ambientes mais complexos devido a maior disponibilidade de nichos.

Formicidae representa uma das famílias mais comuns de invertebrados (HÖLLDOBLER; WILSON 1990), com 16277 espécies de formigas descritas, agrupadas em 336 gêneros e 17 subfamílias (ANTWEB, 2019). O Brasil possui uma das maiores

diversidades de espécies de formigas do mundo e a maior diversidade da América, com 1458 formigas catalogadas e distribuídas em 11 gêneros (BACCARO et al., 2015). Um levantamento de formigas realizado no Brasil demonstrou que elas estão presentes em todas as regiões, sendo as espécies do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840, *Pheidole* Westwood, 1839, *Camponotus* Mayr, 1861 e *Crematogaster* Lund, 1831, as que ocorrem em maior número (CAMPOS-FARINHA et al., 2002; FEITOSA, 2017).

Estudos com formigas no ambiente urbano já foram realizados em diversos países, contudo a mirmecofauna de muitas regiões ainda é desconhecida (ULYSSEÁ et al., 2011; LUTINSKI *et al.*, 2017). Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar as assembleias de formigas que ocorrem em uma área urbana no município de Juiz de Fora e avaliar o impacto do controle regular de formigas lava-pés na composição da mirmecofauna presente nessa região.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no condomínio residencial Alphaville, na cidade de Juiz de Fora, Zona da Mata Mineira (21°41'20" S 43° 20'40" N, 800 m asl). A região onde esta localizada esse condomínio era utilizada para pastagem e, recentemente, se transformou em um condomínio residencial, assim, este estudo é o primeiro a realizar um levantamento de formigas para essa região (Figura 2). Como esse condomínio possuiu uma área extensa, escolhemos uma região específica para realizar os estudos. A área escolhida é cercada por fragmentos de Floresta Atlântica.



Figura 2: Condomínio Alphaville localizado no município de Juiz de Fora, Zona da Mata mineira, Brasil. Fonte: Arquivo pessoal.

3.2.2 Amostragem e coleta de dados

As coletas da mirmecofauna foram realizadas mensalmente entre Agosto de 2016 e Outubro de 2018. A área foi dividida em 12 transectos de 175m cada.

Dois métodos foram utilizados para amostragens da mirmecofauna: Armadilhas do tipo “Pitfall” e armadilhas atrativas iscadas com mel. Para as armadilhas do tipo Pitfall foram utilizados copos descartáveis de 50mL, preenchidos com água até a metade (250mL) e uma gota de detergente neutro (Figura 3A). Para a confecção das armadilhas atrativas iscadas, utilizamos tampinhas de refrigerante com algumas gostas de mel (Figura 3B).



Figura 3: A: Armadilhas do tipo Pitfall e B: Armadilhas atrativas de iscas contendo mel, utilizadas para capturar as formigas presentes em uma área urbana no município de Juiz de Fora, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

As armadilhas do tipo pitfall foram instaladas em frente a marcação de cada lote, totalizando 11 armadilhas por transecto e permaneceram abertas por 24h. As armadilhas atrativas eram colocadas aleatoriamente no interior de cada lote ficando expostas por 1h, no período da manhã. Após a coleta, as formigas eram recolhidas em tubos ou sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacústica (LABEC) da Universidade Federal de Juiz de Fora onde eram separadas e armazenadas. A identificação das espécies foi realizada pelo Professor Doutor Junir Antonio Lutinski da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ).

As colônias de lava-pés foram controladas uma vez por mês pelos funcionários do condomínio. O inseticida Ciperex® era colocado em um “Pulverizador do tipo fumacê” e aplicado individualmente em cada colônia. Somente após o controle que a amostragem das formigas era realizada.

3.2.3 Análise dos dados

Análises ecológicas foram realizadas para cada mês, utilizando-se os índices de diversidade de Shannon (H') e de dominância de Berger-Parker (d), os índices foram gerados pelo programa PAST 3.08 (HAMMER et al., 2001).

Para analisar a riqueza de espécies de formigas no local de estudo foram confeccionadas curvas de rarefação de espécies (GOTELLI; COLWELL, 2001) com o programa EstimateS9 (COLWELL, 2013) com 5000 aleatorizações. Os estimadores não-

paramétricos Jackknife de 1ª e 2ª ordem foram utilizados para projetar a riqueza de espécies máxima que o local poderia alcançar.

Foi calculado a constância das espécies, dado por $C=(p/N)*100$, onde p é o número de amostras contendo as espécies e N é o número de total das amostras. Assim, as espécies foram classificadas como constantes (presentes em mais de 50% das amostras), acessórias (presentes em 25 a 50% das amostras) e acidentais (presentes em menos de 25% das amostras) (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

3.3 RESULTADOS

Foram capturadas 9979 espécimes de formigas. A riqueza observada foi de 23 espécies, distribuídas em 16 gêneros e 7 subfamílias. A espécie *Pheidole* sp.3 foi a mais abundante (n=4659), seguida pela *Crematogaster acuta* (Fabricius, 1804) (n=2097) e *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 (n=1462). Já as formigas *Nomamyrmex* sp.1 (n=1), *Cyphomyrmex* sp.2 (n=1), *Chephalotes* sp.1 (n=2) foram as menos abundantes. Em relação a constância, a maioria das espécies (n=12) foi considerada constante, cinco acessórias e seis acidentais (Tabela 2).

Tabela 2: Lista de espécies, métodos de coleta e constância de captura das formigas registradas em uma área urbano no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018. Legenda:

AP = Armadilha do Tipo Pitfall; AA = Armadilha Atrativa; +++ = Constante ($C>50\%$); ++ - Acessória ($25\%<C<50\%$); + = Acidental ($C<25\%$).

Subfamília	Espécie	Abundância	Método	Constância
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	1462	AA/AP	+++
Dorylinae	<i>Nomamyrmex</i> sp 1	1	AP	+
Ectatominae	<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	168	AA/AP	+++
	<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	3	AP	+
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp 1	17	AA/AP	++
	<i>Brachymyrmex</i> sp 2	8	AA/AP	+
	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	166	AA/AP	+++
	<i>Camponotus</i> sp 1	7	AA/AP	+
	<i>Camponotus</i> sp 2	65	AA/AP	++
	<i>Camponotus</i> sp 3	94	AA/AP	+++
	<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	83	AA/AP	+++
Myrmicinae	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908	9	AP	++
	<i>Cephalotes</i> sp 1	2	AP	+
	<i>Crematogaster acuta</i> (Fabricius, 1804)	2097	AA/AP	+++
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 1	51	AP	+++
	<i>Cyphomyrmex</i> sp 2	1	AA/AP	+
	<i>Pheidole</i> sp 1	237	AA/AP	+++
	<i>Pheidole</i> sp 2	10	AA/AP	++
	<i>Pheidole</i> sp 3	4659	AA/AP	+++
	<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	435	AA/AP	+++
Poneirinae	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	254	AA/AP	+++
	<i>Pachycondyla striata</i> Smith, F., 1858	134	AA/AP	+++
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)	16	AP	++

A subfamília Myrmicinae apresentou a maior riqueza (n=9), enquanto *Dolichoderinae*, *Dorylinae* e *Pseudomyrmecinae* foram representados por apenas uma espécie cada. (Figura 4A). Myrmicinae foi a subfamília com maior número de indivíduos (n=7501), representando 75,16% do total de indivíduos coletados. Dentre as espécies, destacaram-se com maior número de indivíduos, *Pheidole* sp.3 (n=4659), *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (n=435) e *Crematogaster acuta* (n=2097). Já para subfamília Dorylinae encontramos apenas um indivíduo, *Nomamyrmex* sp.1. (Tabela 2)

O gênero *Camponotus* Mayr, 1861 apresentou a maior riqueza (n=4), com 332 indivíduos coletados, seguido de *Pheidole* Westwood, 1839 (n=3; 4906 indivíduos), *Brachymyrmex* Mayr, 1868 (n=2; 25 indivíduos) e *Cyphomyrmex* Mayr, 1862 (n=2; 52 indivíduos) (Figura 4B).

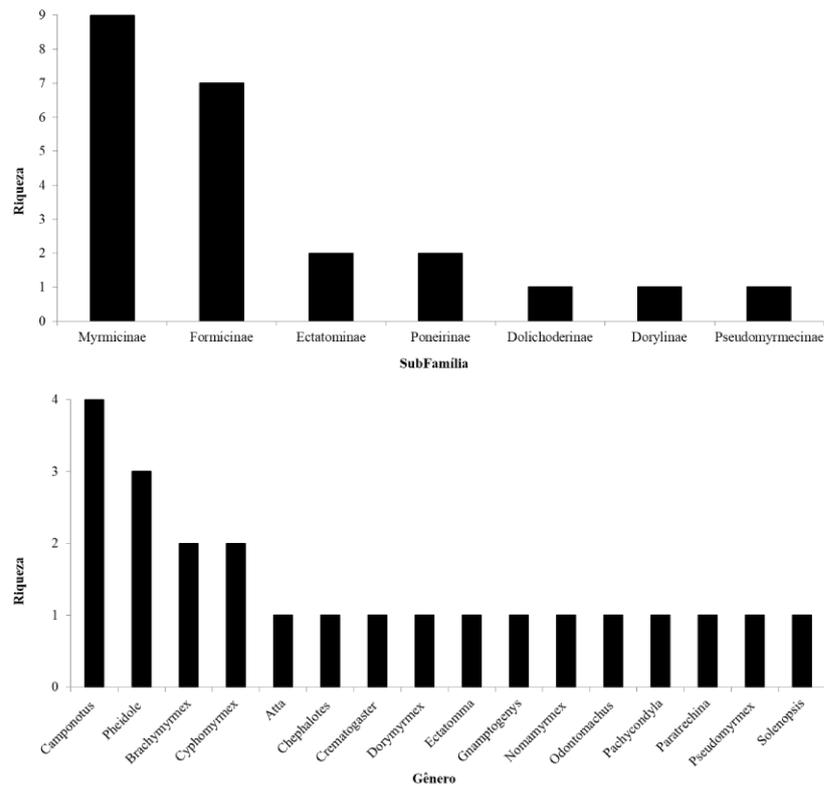


Figura 4: A: Riqueza das subfamílias; B: Riqueza dos gêneros de formigas registradas em uma área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

Em relação aos métodos de coleta, foram capturados 2153 (21,57%) indivíduos nas armadilhas do tipo Pitfall e 7826 (78,42%) nas armadilhas atrativas. Foi possível registrar espécies exclusivas para as armadilhas do tipo pitfall: *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804), *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908, *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884, *Nomamyrmex* sp.1 *Cyphomyrmex* sp.2 e *Cephalotes* sp.1.

O índice de diversidade oscilou em relação aos meses de coleta, apresentando o maior valor no primeiro mês ($H' = 2,367$) e o menor valor no oitavo mês ($H' = 0,868$). Em contrapartida, encontramos o maior valor de dominância no oitavo mês de coleta ($d = 0,765$) e o menor valor no primeiro mês de coleta ($d = 0,20$) (Figura 5). Quando avaliamos o esforço amostral, o teste de Jackknife 1ª e 2ª ordem estimou 28 e 26 espécies para a área de estudo, o presente estudo foi capaz de registrar 82% e 88% das estimadas (Figura 6).

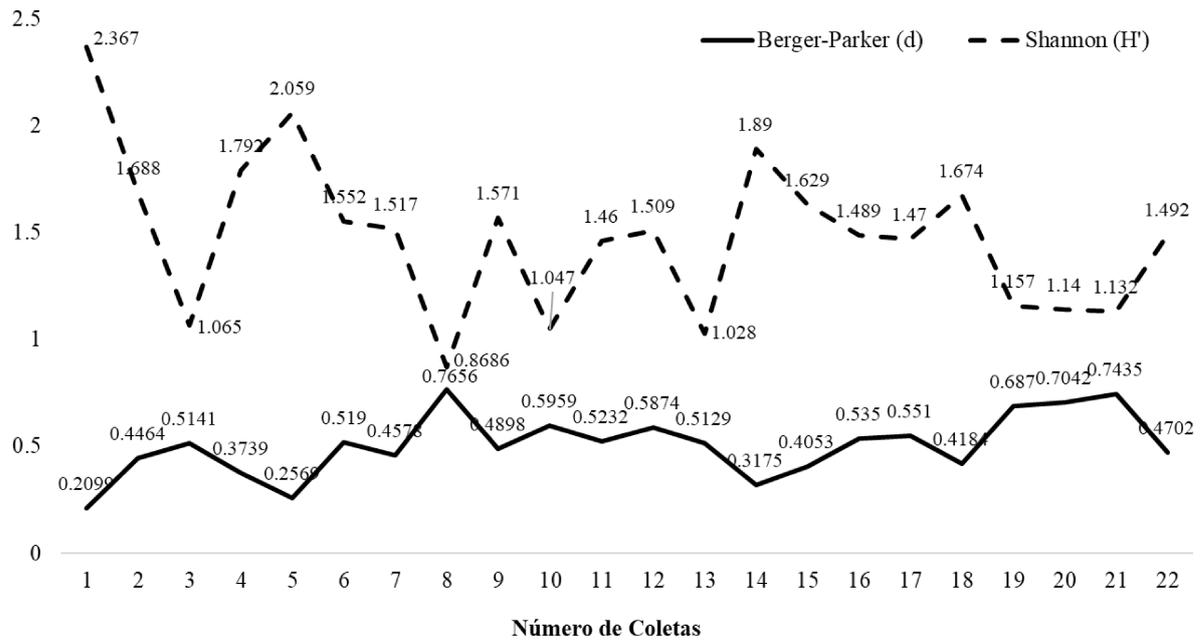


Figura 5: Índice de Diversidade de Shannon (H') e Dominância de Berger-Parker (d) ao longo das coletas de formigas em área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

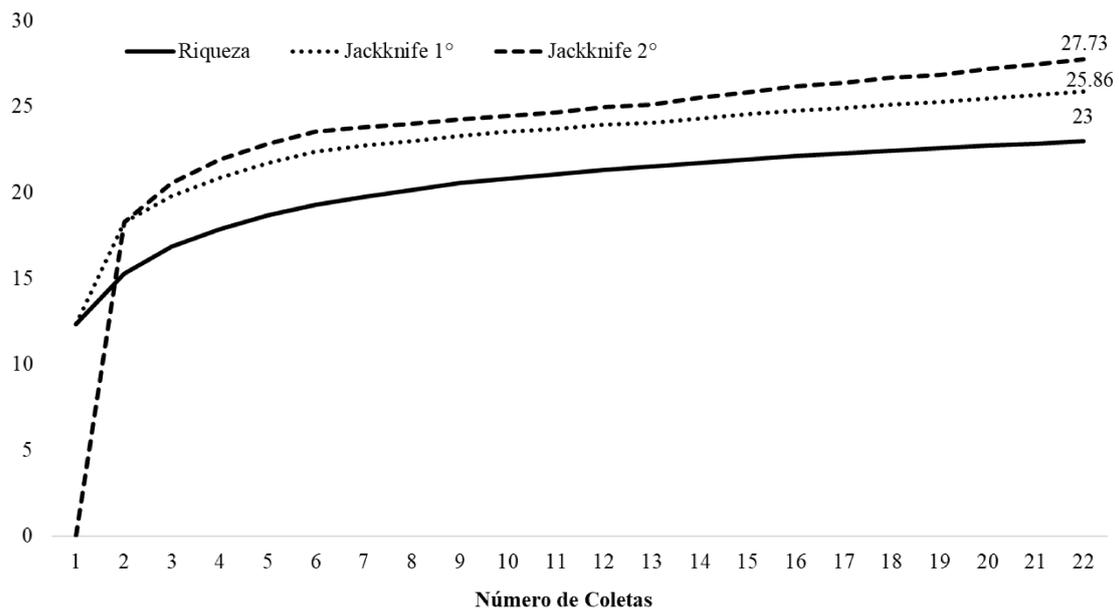


Figura 6: Curvas de rarefação e estimadores de riqueza de espécies e curva de acúmulo de espécies registradas em uma área urbana no município de Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

3.4 DISCUSSÃO

A diversidade de espécies encontradas no presente estudo se assemelha a de outros trabalhos também realizados em áreas urbanas perturbadas (KAMURA et al., 2006;

LUTINSK et al, 2013; VITAL et al., 2015; RANGEL et al., 2018). Isso se deve a predominância de alguns grupos nessas áreas de menor complexidade e maior adaptação a ambientes alterados pela ação antrópica (CASTRO et al., 2014; ACHURY; SUAREZ, 2018) .

Das duas subfamílias bem representadas, Formicinae com *Camponotus*, em destaque a *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) foi também a mais abundante nos estudos de Lutinski et al. (2008) e Iop et al. (2009), e, segundo Morini et al. (2003) *C. rufipes* possui preferência por habitats de áreas abertas e pobres em vegetação, áreas similares a do presente estudo. Para a região Neotropical, aproximadamente 400 espécies do gênero *Camponotus* já são conhecidas e se observa um polimorfismo acentuado e hábito onívoro muito frequente (SILVESTRE et al., 2003).

Myrmicinae é predominante nos Biomas Floresta Atlântica e Cerrado (LUTINSKI et al., 2017) e neste estudo exibiu o maior número de espécies. Indivíduos dessa subfamília possuem várias características que contribuem para o sucesso no ambiente, como hábitos alimentares diversificados, facilidade para nidificação e capacidade de se adaptar as mudanças ambientais (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; FOWLER et al., 1991).

Apesar de grupos de formigas com hábitos generalistas e de colônias grandes serem sempre registradas e em maior número, nosso estudo foi capaz de registrar espécies incomuns para esse tipo de ambiente, como os gêneros *Cyphomyrmex* Mayr, 1862, *Ectatoma* Smith, 1858, *Gnamptogenys* Roger, 1863, *Odontomachus* Latreille, 1804 e *Pachycondyla* Smith, 1858, que têm por hábito construir pequenas colônias em toras caídas, debaixo de rochas ou em lixo (LATTKE, 2003). No presente estudo, estes gêneros apresentaram baixa ocorrência, e assim, podemos inferir que isso ocorreu porque a área não apresenta árvores de grande porte e nem lixo amontoado, visto se tratar de um condomínio residencial.

Com o controle das colônias de *Solenopsis* na área de estudo, os índices de diversidade indicaram que a retirada das formigas lava-pés influenciou na abundância das assembleias de formigas. Isso se deve pelo fato das *Solenopsis* serem muito agressivas no ambiente, inclusive com outras espécies de formigas, exibindo o comportamento de predadoras, e capazes de esconder recurso de outros animais (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; MACIEL et al., 2015). Esperava-se que com a retirada de uma espécie agressiva e dominante, o ambiente ficaria mais diverso, porém isso não foi encontrado, e sim uma substituição, onde *Pheidole* sp3 pode ter substituído essa lacuna inibindo o aumento da diversidade como o esperado, isso foi corroborado com os índices ecológicos e pelos estimadores, que apesar de resultados próximos com o presente estudo, as espécies citadas anteriormente podem ser o fator limitante para novos registros na área. Formigas do gênero *Pheidole* formam grandes

colônias no ambiente e exibem um comportamento generalista e agressivo, além disso, são espécies com grande capacidade de dispersão e dominância na área urbana (WARD, 2000; SILVESTRE et al., 2003; SILVA; SILVESTRE, 2004; FOURNIER et al., 2009).

As formigas *Dorymyrmex* Mayr, 1866 (n=1462) são típicas de ambientes perturbados ecológicamente, onde nidificam preferencialmente em habitats secos e no solo com pouca ou nenhuma vegetação (CUEZZO; GUERRERO, 2012). Além disso, algumas espécies desse gênero são potenciais pragas no ambiente urbano onde exercem forte dominância através do recrutamento em massa (ULYSSEÁ et al., 2011). Formigas *Cephalotes* Latreille, 1802 (n=2) se destacam pelo hábito arborícola e que dependem de boas condições ambientais para se estabelecer (FERNANDEZ, 2003). Indivíduos do gênero *Odontomachus* Latreille, 1804 são conhecidos por serem predadores agressivos e sensíveis a mudanças ambientais (DELABIE et al., 2000; LATTKE, 2003).

A partir desses dados, pode-se concluir que a comunidade de formigas do condomínio está fortemente associada a ambientes que foram perturbados pela ação antrópica, dado as espécies de formigas coletas, e que mesmo uma tentativa de controle/remoção de uma espécie agressiva e dominante, o próprio ambiente substitui por outra espécie de mesmas características limitando o aumento da diversidade. Assim, este estudo fornece informações importantes sobre a riqueza e abundância de formigas em uma área urbana. Contudo o avanço das obras nessa área assim como a movimentação de pessoas pode modificar a composição das assembleias de formigas, sendo assim importante realizar no futuro um novo levantamento para essa região.

REFERÊNCIAS

- ACHURY, R.; SUAREZ, A. V. Richness and Composition of Ground-dwelling Ants in Tropical Rainforest and Surrounding Landscapes in the Colombian Inter-Andean Valley. *Neotrop Entomol*, v. 47, p. 731-741, 2018.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. *In: Agosti, D.; Majer, J. D.; Alonso, L. E.; SCHULTZ, T. R. (eds). Ants: standard methods for measuring and monitoring biological diversity*. Smithsonian Institution Press, Washington D. C., USA, 2000. p. 1-8.
- ANTWEB, 2020. Disponível em: <https://www.antweb.org/>. Acesso em: Jan. 2020.
- BACCARO, F. B. et al. **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015.
- BHARTI, H.; BHARTI, M.; PFEIFER, M. Ants as bioindicators of ecosystem health in Shivalik Mountains of Himalayas: assessment of species diversity and invasive species. *Asian myrmecology*, v. 8, p. 65-79, 2016.
- BLAIR, R. B. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: Is urbanization creating a homogenous fauna? *In: Lockwood, J. L.; McKinney, M. L. (eds). Biotic homogenization*. Kluwer Academic, New York, 2001. p. 33-56.
- BLUTHGEN, N.; GEBAUER, G.; FIEDLER, K. Disentangling a rainforest food web using stable isotopes: dietary diversity in a species-rich ant community. *Oecologia*, v. 137, n. 3, p. 426-435, 2003.
- BOLTON, B. et al. **Bolton's Catalogue of Ants of the World 1758-2005**. Cambridge: Harvard University Press, 2006. CD-ROM.
- CASTRO, M. M.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Formigas em ambientes urbanos: importância e risco à saúde pública. *CES REVISTA*, v. 28, n. 1. p. 103-117, 2014.
- MM DE CASTRO, M ALMEIDA, EF FERNANDES, F PREZOTO. Ants in the Hospital Environment: Ecological Parameters as Support for Future Management Strategies. *Neotrop Entomol*, v. 45, p. 320-325, 2016.
- 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.
- COSTA, S. B. D. et al. Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. *Rev Socied. Bras. Med. Trop*, v. 39, n. 6, p. 527-529, 2006.
- COLWELL, R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 9.1. Software and User's Guide. 2013.
- CUEZZO, F.; GUERRERO, R. J. The Ant Genus *Dorymyrmex* Mayr (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) in Colombia. *Psyche* 2012.

DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C.; MARIANO, C. S. F. Importance de l'agriculture cacaoy'ere pour le maintien de la biodiversité: etude comparée de la myrmécofaune de différents milieux du sud-est de Bahia, Brésil (Hymenoptera, Formicidae). *In: International cocoa research conference*, XII, Salvador, 2000. p. 41.

FERNANDEZ. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Smithsonian Institution Press. 2003.

FEITOSA, R. M. Coleções de formigas urbanas. *In: BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. Formigas em ambientes urbanos no Brasil*. 1. ed. São Paulo: Canal Editora. 2017. p. 111-124.

FOURNIER, D.; de BISEAU, J. C.; ARON, S. Genetics, behaviour and chemical recognition of the invading ant *Pheidole megacephala*. **Molecular Ecology**, v. 18, p. 186–199, 2009.

FOWLER, H. G. L.; FORTI, C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. 1991. Ecologia Nutricional de formigas. *In: Pazzini AR and Parra JRP (Eds), Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole, 1991. p. 131-209.

FRANÇOSO, R.D.; CORRÊA, R. S. Riqueza de formigas e térmitas e sua contribuição para a recuperação de uma área minerada no Distrito Federal. *In: Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambú*. Sociedade de Ecologia do Brasil; 2007.

FROUZ, J.; JILKOVA, V. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Fomicidae). **Myrmecol News**, v. 11, p. 191–199. 2008.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecol. Lett**, v. 4, p. 379-391, 2001.

HAMMER.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D.. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, p. 1-9. 2001.

HÖLLDOLBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants. **Cambridge, Harvard University Press**, p. 732, 1990.

IOP, S.; CALDART, V. M.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F.R.M. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas** v. 22, n. 2, p. 55-64, 2009.

KAMURA, C. M.; MORINI, M. S.C.; FIGUEIREDO, C. J.; BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. **Braz. J. Biol**, v. 67, n. 4, p. 635-641, 2007.

LACH, L.; HOOPER-BUI, L. M. Consequences of ant invasions. *In: LACH L.; PARR, C.; ABBOTT, K. Ant ecology*. Oxford: Oxford University Press, 2009. p. 261–286.

LATTKE, J. E. 2003. Subfamilia Ponerinae. In: Fernández F (Ed), **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá: Instituto Humboldt, 2003. p. 261-276.

LISE, F.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, J. A. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina, Brazil. **Rev. Sociol. Bras. Med. Trop.**, v. 39, n. 6, p. 23-526, 2006.

LONGINO, J. T.; CODDINGTON, J.; COLWEL, R. K. The ant fauna a Tropical Rain Forest: Estimating species richness three different ways. **Ecology**, v. 83, n. 3, p. 689-702, 2002.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. **100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database**. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the SpeciesSurvival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 2000.

LUCK, R. F.; DAHSTEN, D. L. Natural decline of a pine needle scale (*Chionaspis pinifoliae* (Fitch) outbreak at South Lake Tahoe, California, Following cessation of adult mosquito control with malathion. **Ecology**, v. 56, n. 4, p. 893-904, 1974.

LUTINSKI, J. A., GARCIA, F. R.M., LUTINSKI, C. J.; IOP, S. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, **Brasil. Ciênc. Rural**, v. 38, n. 7, p. 1810-1816, 2008.

LUTINSKI, J. A.; LOPES, B. Cortês.; MORAIS, A. B. B. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. **Biota Neotrop**, v. 13, n. 3, 2013.

LUTINSKI, J. A.; GUARDA, C.; LUTINSKI, C. J.; GARCIA, F. R. M. Formigas em ambientes urbanos no Sul do Brasil. *In*: BUENO, O. C.; CAMPOS, A. E. C.; MORINI, M. S. C. (orgs.). **Formigas em ambientes urbanos no Brasil**. São Paulo: Canal 6, 2017. p. 397-422.

MACIEL, T. T.; CASTRO, M. M.; BARBOSA, B.C.; FERNANDES, E. F.; SANTOS-PREZOTO, H. H.; PREZOTO, F. Foraging behavior of fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera, Formicidae) in *FeliscatusLinnaeus* (Carnivora, Felidae) carcass. **Sociobiology**, v. 62, n. 4, p. 610-612, 2015.

McKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience**, v. 52, n. 10, p. 883-890, 2002.

MOREIRA, D. D. O. et al. A. Ants as carriers of antibiotic-resistant bacteria in hospitals. **Neotrop. Entomol**, v. 34, n. 6, p. 999- 1006, 2005.

MORINI, M. S. C.; SILVA, R. R.; KATO, L. Non-specific interaction between ants (Hymenoptera: Formicidae) and fruits of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) in an area of the Brazilian Atlantic Forest. **Sociobiology**, v. 42, n. 3, p. 663-673, 2003.

MORINI, M. S. C. et al. Comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de Mata Atlântica situados em áreas urbanizadas. **Iheringia, Sér. Zool**, v. 97, n. 3, p. 246-252, 2007.

OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas urbanas no município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arq. Inst. Biol**, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.

PETTERS, M. K. et al. Deforestation and the population decline of the army ant *Dorylus wilverthi* in western Kenya over the last century. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 3, p. 697-705, 2011.

RANGEL, S. C.; SOUZA-CAMPANA, D. R.; MORINI, M. S. C. Diversidade de formigas em fragmentos de Mata Atlântica do sudeste Brasileiro. **Revista Científica UMC**, 2018.

ROCHA, W. O. et al. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015.

SANFORD, M. P.; MANLEY, P. N.; MURPHY, D. D.. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. **Conserv. Biol**, v. 23, n. 1, p. 131-141, 2008.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 44, n. 1, p. 1-11, 2004.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILA-NOVA. **Manual de Ecologia dos Insetos**. São Paulo. 1976. Agronômica Ceres, p. 419.

SILVESTRE, R. C. R. F.; BRANDÃO, C. R. F.; ROSA DA SILVA, R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. *in*: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto Humboldt, 2003. p. 131-136.

SUGUITURU S. S. et al. Diversidade e riqueza de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em remanescentes de Mata Atlântica na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, SP. **Biota Neotrop**, v. 13, n. 2, 2013.

ULYSSÉA, M. A.; CERETO, C. E.; ROSUMEK, F. B.; SILVA, R. R.; LOPES, B. C. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 603-611, 2011.

UNO, S., COTTON, J.; PHILPOTT, S. M. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. **Urban Ecosystem**, v. 13, p. 425-441, 2010.

VALENTIM, C. L.; SOLAR, R. R. C.; SCHMIDT, F. A.; RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H. I. Formigas como bioindicadoras de impacto ambiental causado por arsênio. *In*: **Biológico, XVIII Simpósio de Mirmecologia**; 2007; São Paulo, 2007. p. 297-300.

VALENTIM, C. L. **Formigas como bioindicadoras de impactos ambientais e de reabilitação de áreas após atividades de mineração** [dissertação]. Viçosa: 2010.

VASCONCELOS, H. L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, n. 3, p. 407-418, 1999.

VITAL, M. R.; CASTRO, M. M.; ZERINGÓTA, V.; PREZOTO, F. Myrmecofauna of urban gardens in southeast region of Brazil. **Biosci. J.**, v. 31, n. 4, p. 1205-1212, 2015.

WARD, P. S.. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. *In*: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; Schultz, T. R. (eds.). **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for ground living ants. Smithsonian**. Washington D.C :Institution Press., 2000. p. 99-121.

4 CAPÍTULO 2: AVANÇOS NO CONTROLE DE FORMIGAS DE FOGO EM ÁREA URBANA

RESUMO

As formigas do gênero *Solenopsis* são consideradas uma das principais pragas no ambiente urbano, onde nidificam com facilidade em locais com grande movimentação de pessoas como praças e parques, dentro de residências e causam acidentes com seres humanos e animais devido as suas ferroadas. Por serem invasoras na maioria dos ambientes, essas formigas são de difícil controle. Assim, este estudo teve como objetivo descrever uma metodologia de controle e avaliar a sua eficácia nas colônias de formigas lava-pés. O estudo foi conduzido em um condomínio no município de Juiz de Fora, MG, Brasil, entre Julho de 2016 a Agosto de 2018. O equipamento utilizado para o controle das formigas foi adaptado do “Pulverizador do tipo fumacê”, que, através de uma mangueira injetava o produto para o interior das colônias. Após o controle era realizado um monitoramento por toda a área, com a finalidade de registrar as colônias que permaneciam ativas bem como as que foram eliminadas. Os resultados demonstraram que as colônias de lava-pés permaneceram ativas durante todo o experimento e que ocorreu diferença significativa em relação as medidas de comprimento e largura dos ninhos ($t = 2,41$, $p = 0.01$; $t = 3.75$, $p = 0.002$, respectivamente). O controle eliminou 45% das colônias de lava-pés. Nossos resultados se mostraram promissores no controle de formigas lava-pés em área urbana e assim, sugerimos que para aumentar a eficácia dessa metodologia, o controle seja realizado continuamente na área e em intervalos de tempo menores.

Palavras-chave: Área urbana. Fumacê. Lava-pés.

4.1 INTRODUÇÃO

As formigas são insetos sociais indispensáveis para o equilíbrio do meio ambiente. Nos ecossistemas terrestres apresentam alta densidade populacional, onde realizam interações ecológicas com espécies animais e vegetais, além de apresentarem grande plasticidade comportamental e, podem ainda, ser utilizadas como bioindicadoras (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; FERNANDÉZ, 2003; RIBERA; FOSTER, 2007;). No entanto, nos últimos anos, muitas dessas formigas foram introduzidas em novas regiões, tornando-se espécies invasoras. Nesse novo ambiente, exibem um comportamento agressivo com outras espécies de formigas, competindo ativamente por recursos e nichos o que tem diminuído a abundância de

várias espécies de formigas nativas (O'DOWD et al., 2003; SANDERS et al., 2003; HELANTERÄ et al., 2009; RUST; SU, 2012; DEJEAN et al., 2015).

No ambiente urbano, um gênero de formiga que se destaca como potencial invasor é o *Solenopsis* Westwood, 1840. Essas formigas, também conhecidas como lava-pés, exibem um comportamento defensivo quando são perturbadas, podendo, em alguns casos, levar o indivíduo a morte devido as suas ferroadas, além de ameaçarem os ecossistemas locais onde são excelentes competidoras e predadoras de outras formigas (WETTERER, 2014; HÖLLDOLBLER; WILSON, 1990; ASANO; CASSIL, 2012, DESHAZO et al., 1999, WANG et al., 2016; CHEN et al.; 2018). No ambiente urbano, constroem colônias populosas em diversos tipos de substratos (calçadas, troncos de árvores, estruturas metálicas, fendas no chão), se espalhando facilmente pela região ocupada (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; PENICK; TSCHINKEL, 2008; ZERINGOTA et al., 2014).

Devido a rápida disseminação das formigas de fogo pelo meio ambiente e conseqüente ameaça a biodiversidade e a saúde pública, diversos métodos de controle tem sido utilizados na tentativa de erradicar essas formigas. O controle por inseticidas químicos ainda é o mais utilizado, porém além de apresentar resultados de curta duração, há a preocupação em atingir outros insetos e em não contaminar o meio ambiente (WILLIAMS et al., 2001; MATTHEWS, 2008; DREES et al., 2013). Também podemos destacar o uso de compostos de origem natural como cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*) e hortelã (*Mentha spicata*), iscas granulares e o controle biológico (VOGT et al., 2005; KAFLE et al., 2011; WILLIAMS et al., 2001; WYLIE et al., 2016; XIONG et al., 2019).

Pinto et al (2019) realizaram um amplo estudo sobre as práticas de controle de lava-pés mais divulgadas pela internet, os resultados demonstraram que o uso de água sanitária e água quente são os mais comuns. Os autores também destacam a utilização de produtos tóxicos para a saúde, como Creolina® e Lysoforme® e atentam para os riscos durante a manipulação e aplicação desses produtos. Nesse contexto, nosso estudo teve como objetivo descrever uma metodologia de controle e avaliar a sua eficácia nas colônias de formigas lava-pés.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área e período de estudo

Este estudo foi desenvolvido no condomínio Alphaville, localizado no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°41'20" S 43° 20'40" N) entre Julho de 2016 a Outubro de 2018. Essa área foi escolhida por se tratar de um ambiente de pastagem que se transformou em um condomínio residencial. O clima de Juiz de Fora é do tipo Subtropical úmido (Cwa), marcado por uma estação quente e úmida que vai de outubro a abril e outra fria e seca, de maio a setembro (SÁ-JÚNIOR et al., 2012).

4.2.2 Coleta de dados

O equipamento utilizado para o controle das formigas de fogo foi adaptado do “Pulverizador do tipo fumacê”, para facilitar o transporte e a aplicação na área de controle (Figura 7). Neste pulverizador, o combustível e o formicida (Ciperex®) na forma líquida, são armazenados em reservatórios diferentes que, após a ativação do equipamento, se misturam e são aplicados, através de uma mangueira para o interior dos ninhos da formiga de fogo. Cada aplicação por colônia durou em média 5 minutos e, após esse período, as formigas mortas e o que sobrou dos ninhos eram retirados com a utilização de uma pá (Ilustração 6). O produto foi aplicado mensalmente nas colônias que apresentavam os murundus visíveis, ou seja, acima da superfície do solo.



Figura 7: A: Equipamento utilizado no controle de Lava-pés; B: Ninho de lava-pés sendo controlado; C: Ninho de lava-pés sendo retirado após o controle, no município de Juiz de Fora. MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

Antes de realizar o primeiro controle das formigas, foi feito um levantamento/monitoramento das colônias ativas de lava-pés presentes na área de estudo. Após cada controle, a área era novamente monitorada em busca das colônias que eram eliminadas bem como das que permaneciam ativas. Cada colônia ativa encontrada era registrada através de fotos e informações do seu local. As medidas de comprimento, largura e

altura dos murunduns foram obtidas através de uma trena (ZERINGÓTA et al., 2014). Para calcular a porcentagem média das colônias controladas, comparamos o número de colônias ativas do mês anterior com o mês seguinte.

4.2.3 Análise dos dados

Para verificar a normalidade dos dados, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk. O Teste t foi realizado para verificar se ocorreu diferença no número de colônias encontradas entre as estações do ano e para comparar os dados de comprimento, largura e altura dos ninhos. O Teste t e o gráfico foram gerados a partir do software BioEstat v 5.3 (AYRES et al., 2015).

4.3 RESULTADOS

Em relação as estações do ano, não ocorreu diferença significativa entre o número de colônias ativas encontradas ($t = 86$, $p = 0.20$) (Figura 8) bem como entre a eficácia do controle ($t = 0.95$, $p = 0.1818$). Na estação fria e seca o método de controle mostrou-se 40.24% eficaz e na estação quente e úmida, 49.80%.

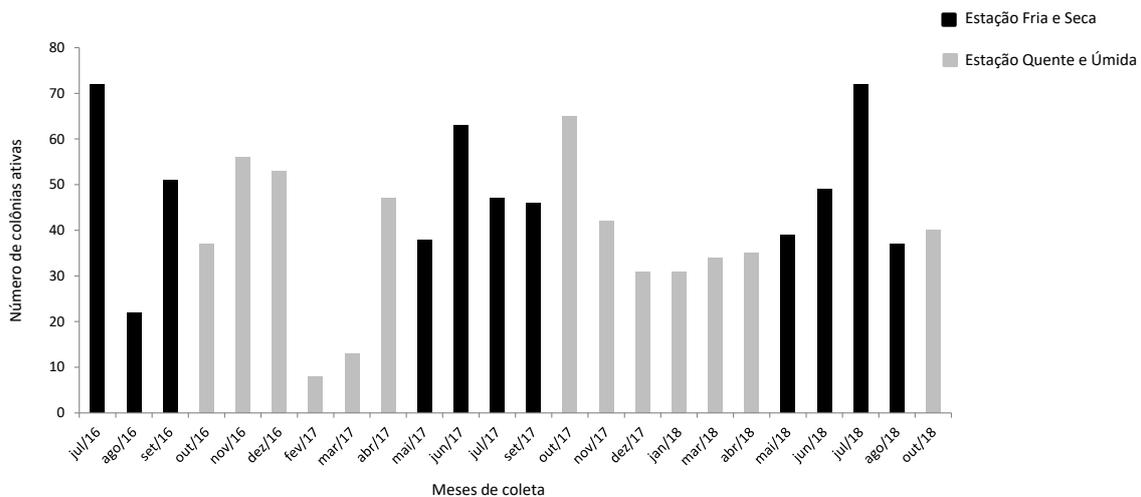


Figura 8: Número de colônias ativas de formigas Lava-pés de acordo com as estações do ano, de agosto de 2016 a outubro de 2018, no município de Juiz de Fora, MG.

O comprimento e a largura das colônias diferiram entre as estações ($t = 2,41$, $p = 0.0195$; $t = 3.75$, $p = 0.002$, respectivamente), sendo os maiores valores de comprimento e largura registrados para a estação fria e seca (Figura 9). Em relação a altura, não ocorreu diferença significativa ($t = 0.38$, $p = 0.35$) (Tabela 3).

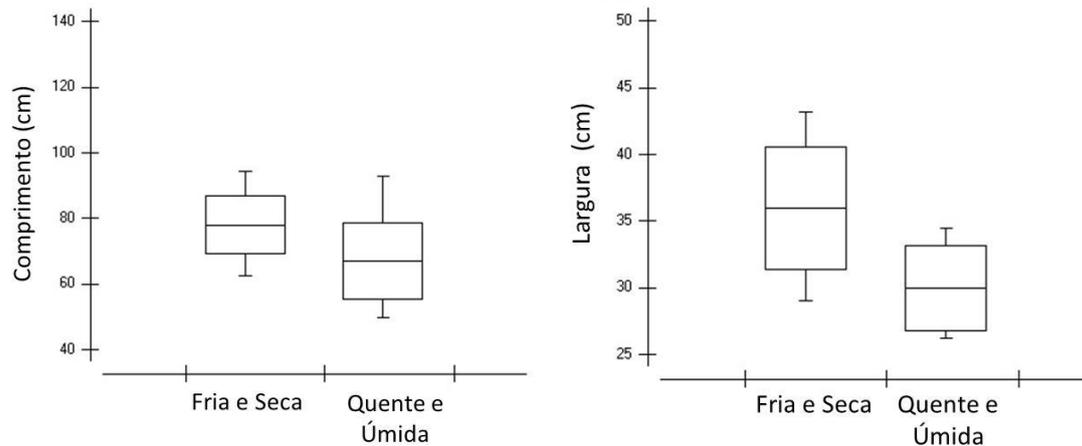


Figura 9: Comprimento e Largura das colônias de Lava-pés registradas na estação fria e seca, quente e úmida em um condomínio em Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

Tabela 3: Média, Desvio Padrão e Amplitude das colônias de Lava-pés registradas na estação fria e seca, quente e úmida em um condomínio em Juiz de Fora, MG, de agosto de 2016 a outubro de 2018.

	Estação Fria e Seca	Estação Quente e Úmida
Comprimento	81,53±14,41(62-114,95)	66,89±11,51(49,59-92,7)
Largura	35,92±4,58(28,96-43,15)	29,90±3,18(26,19-34,41)
Altura	7,22±1,54(5,13-9,17)	7,42±1,23(5,17-9,09)

DISCUSSÃO

Os dados encontrados nesse trabalho demonstram que as formigas lava-pés tem facilidade em se estabelecer em ambientes urbanos perturbados, como pode ser visto em diversos estudos com esse gênero. Têm-se registro de *Solenopsis* em hospitais (LISE et al., 2006; AQUINO et al., 2012; CASTRO et al., 2016), dentro de residências (DESHAZO; BANKS, 1994; OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; GREENBERG et al., 2010) e em áreas com grande fluxo de pessoas como parques e praças públicas (COHEN, 1992; ZERINGOTA et al., 2014). As lava-pés fazem parte de um grupo de formigas conhecidas como “Tramp ants” ou formigas andarilhas, que vivem em associação direta com as atividades humanas. Sua dispersão no ambiente é facilitada pelas construções urbanas, grande fluxo de pessoas e disponibilidade de alimentos (PASSERA, 1993; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; RUST; SU, 2012).

Os resultados ainda mostram que não existe uma época do ano mais favorável para realizar o controle de lava-pés. Zeringóta et al. (2014) sugeriram que épocas secas são melhores para a aplicação de produtos na forma líquida, já que os riscos de serem lixiviados é menor. Estudos com a formiga *Solenopsis invicta* Buren, 1972, realizados nos Estados Unidos, apontaram que em períodos com baixa temperatura e precipitação, os ninhos são maiores para aumentar a superfície de absorção de calor, o que é indispensável para o crescimento e manutenção da prole no interior das colônias de lava-pés (ASANO; CASSIL, 2002; TSCHINKEL, 2006; PENICK; TSCHINKEL, 2008).

O controle eliminou 45% das colônias de lava-pés. Apesar da eficácia desse método ser inferior a outras metodologias de controle, o mesmo apresenta vantagens, como por exemplo, o método é direcionado exclusivamente para a colônia alvo, o produto não é lixiviado para o interior do solo, ocorre uma resposta imediata ao controle, além da praticidade na aplicação e fácil manipulação do equipamento.

Alguns estudos apontam que a aplicação de inseticidas em grandes áreas de infestação por formigas aumentam os riscos de contaminação de espécies não alvos, causando também a morte desses animais ou efeitos letais como mudanças comportamentais e fisiológicas (STARK; BANKS, 2003; DESNEUX et al., 2007; GARZÓN et al., 2015). Pisa et al. (2015) demonstraram que alguns inseticidas tem efeitos negativos sobre as abelhas, afetando a produção da cria e eclosão das larvas, além de causarem efeitos negativos na memória, aprendizagem e orientação. Outros estudos também indicam que a aplicação de pesticidas comprometem vespas parasitas e besouros que são utilizados no controle biológico (SOHRABI et al., 2012; LI et al., 2015; MOSCARDINI et al., 2015).

O equipamento utilizado para o controle de lava-pés foi adaptado do Fumacê tradicional, elaborado em tamanho menor e mais leve para facilitar o transporte e a aplicação na área de estudo. Vale ressaltar que mesmo com essas mudanças, o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) ainda é recomendado. Tschinkel e King (2007) removeram colônias de *Solenopsis* com a utilização de água quente e, apesar dos resultados positivos com mais de 60% de colônias controladas, eles apontaram as dificuldades em esquentar a água do campo e manter essa temperatura até ser despejada sobre as colônias.

Como desvantagens desse método, podemos citar a necessidade de ser constantemente repetido e a movimentação das colônias para regiões próximas. Esse deslocamento parece ser um comportamento típico dessas formigas, já que foi registrado em outros trabalhos de controle como Williams et al. (2001) Aubuchon et al. (2006) e Tschinkel e King (2007).

Compreender os aspectos comportamentais das lava-pés é essencial para se descobrir uma metodologia de controle realmente eficaz para essas formigas. É importante esclarecer que qualquer forma de controle deve buscar eliminar a colônia como um todo e não somente as operárias que realizam funções fora da colônia (Bueno 2003). É importante lembrar que a metodologia de controle deve se adequar as necessidades na área infestada. Assim, sugerimos que o controle de lava-pés seja realizado continuamente e em intervalos de tempo menor, para garantir a eficácia do controle.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, R. S. S. et al. Filamentous fungi vectored by ants (Hymenoptera: Formicidae) in a public hospital in north-eastern Brazil. **Journal of Hospital Infection**, 2012.
- 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.
- AUBUCHON, M. D.; MULLEN, G. R.; EUBANKS, M. D. Efficacy of Broadcast and Perimeter Applications of S-Methoprene Bait on the Red Imported Fire Ant in Grazed Pastures. **J. Econ. Entomol**, v. 99, n. 3, 2006.
- AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D. L., SANTOS DOS, A. S. **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Instituto Mamirauá, 2015.
- BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In MARICONI, F. A. M. (eds) **Insetos e outros invasores de residências**, Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 135-180, 1999.
- CASTRO, M. M.; ALMEIDA, M.; FERNANDES, E. F.; PREZOTO, F. Ants in the Hospital Environment: Ecological Parameters as Support for Future Management Strategies. **Neotrop Entomol** , v. 45, p. 320–325, 2016.
- CHEN, S.; CHEN, H.; Xu, Y. Safe chemical repellents to prevent the spread of invasive ants. **Pest Manag**, v.75, p. 821-827, 2018.
- COHEN, P. R. Imported fire ant stings: clinical manifestations and treatment. **Pediatric Dermatol**, v. 9, p. 44-48, 1992.
- DESHAZO, R. D., BANKS, W. Medical consequences of multiple fire ant stings occurring indoors. **J. Allergy Clinical Immunol**, v. 93, p. 847-850, 1994.
- DESNEUX, N., et al. The sublethaleffectsofpesticideson beneficial arthropods. **Annu. Rev. Entomol**, v. 52, p. 81–106, 2007.
- Drees, B. M.; Calixto, A. A.; Nester, P.R) Integrated pest management concepts for red imported fire ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Insect Sci**, v. 20, p. 429–438, 2013.
- DESHAZO, R. D.; WILLIAMNS, D. F, MOAK, E. S. Fire ant attacks on residents in health care facilities: a report of two cases. **Ann Intern Med**, v. 131, p. 424-429, 1999.
- DEJEAN, A. et al. Traits allowing some ant species to nest syntopically with the fire ant *Solenopsis saevissima* in its native range. **Insect Science**, v. 22, p. 289–294, 2015.
- FERNANDEZ. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Smithsonian Institution Press. 2003.
- Garzón, A., et al. Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar Larvae and adults of the biocontrol agentes *Chrysoperlacarnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adaliabi punctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Chemosphere**, v.132, p. 87–93, 2015.

Greenberg, L. et al. Impact of ant control technologies on insecticide runoff and efficacy. **Pest Manag Sci**, v.66, p. 980–987, 2010.

HELANTERÄ, H., STRASSMANN, J. E., CARRILLO, J., QUELLER, D. C. Uniclonial ants: where do they come from, what are they and where are they going? **Trends Ecol. Evol**, v. 24, p. 341–349, 2009.

HÖLLDOLBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants. **Cambridge, Harvard University Press**, p. 732, 1990.

KAFLE, L.; WU, W. J, KAO, S. S, SHIH, C. J. Efficacy of *Beauveria bassiana* against the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), in Taiwan. **Pest Manag Sci**, v. 67, p. 1434–1438, 2011.

LI, W. et al. Acute and sublethal effects of neonicotinoids and pymetrozine on an important egg parasitoid, (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Sci. Technol**, v. 25, p. 121–131, 2015.

LISE, F.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, J. A. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 39, n. 6, p. 523-526, 2006.

MATTHEWS, G.A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products: a survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Prot**, v. 27, p. 834–846, 2008.

MOSCARDINI, V. F. et al. Sublethal effects of insecticides treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: coccinellidae). **Ecotoxicology**, v. 24, p. 1152–1161, 2015.

OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Formigas urbanas no município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arq. Inst. Biol**, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.

O'DOWD, D. J., GREEN, P. T., LAKE, P. S. Invasional 'meltdown' on an oceanic Island. **Ecol. Lett**, v. 6, p. 812–817, 2003.

PASSERA, Luc. Quels sont les caractères étho-physiologiques des “fourmis vagabondes”? Actes Coll. **Actes des Colloques Insectes Sociaux**, v. 8, p. 39-45, 1993.

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.

PORTER, S. D.; TSCHINKEL, W. R. Foraging of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) effects of weather and season. **Environ Entomol**, v. 16, p. 802–808, 1987.

PINTO, L. M.; FERNANDES, E. F.; PREZOTO, F. Controle de formigas lava-pés: Onde encontro informações? **Rev Bras Zoociências**, v. 20, p. 1-9, 2019.

PISA, L.W., et al. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int**, v. 22, p.68–102, 2015.

RIBERA, I.; FOSTER, G. El uso de artrópodos como indicadores biológicos. **Boletín de la Sociedad entomológica Aragonesa**, v. 20, p. 265-276, 1997.

RUST, Michael.; SU, Nan-Yao. Managing social insects of urban importance. **Annual Review of Entomology**, Califórnia, v. 57, p. 355-375, 2012.

SÁ-JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G., SILVA, F. F., ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais Brazil. **Theoretical and Applied Climatolgy**, v. 108, p. 1-7, 2012.

SANDERS, N. J.; GOTELLI, N. J.; HELLER, N. E.; GORDON, D. M. Community disassembly by an invasive species. **PNAS**, v. 100, n. 5, 2003.

SOHRABI, F. et al. Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the white fly parasitoid *En carsiainaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Crop Prot**, v. 32, p. 83–89, 2012.

STARK, J. D., Banks, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxic ants on arthropods. **Annu. Rev. Entomol**, v. 48, p. 505–519, 2003.

VOGT, J. T, REED, J. T, BROWN, R. L. Timing bait applications for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: Efficacy and effects on non-target ants. **Int J Pest**, v. 51, p. 121-130, 2005.

TSCHINKEL, W.R. **The Fire Ants**. Harvard University Press, Cambridge, ed. The Belknap Press, p.752, 2006.

TSCHINKEL, W. R.; KING, J. R. Targeted removal of ant colonies in ecological experiments, using hot water. **Journal of Insect Science**, v. 7, 2007.

XIONG, T. et al. Interaction of fipronil and the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*): Toxicity differences and detoxification responses. **J InsectPhysiol**, v. 115, p. 20-26, 2019.

WANG, C. et al. Individual and Cooperative Food Transport of the Red Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae): Laboratory Observations. **J Insect Behav**, v. 29, p. 99-107, 2016.

WETTERER, J. K. A South American fire ant, *Solenopsis saevissima*, in Guadeloupe, French West Indies. **Biol Invasions**, v. 16, p. 755–758, 2014.

WYLIE, R. et al. Eradication of two incursions of the Red Imported Fire Ant in Queensland, Australia. **Ecol Man Rest**, v. 17, p. 22-32, 2016.

WILLIAMS, D. F.; COLLINS, H. L.; OI, D. H. The Red Imported Fire Ant: (Hymenoptera: Formicidae): An Historical Perspective of Treatment Programs and The Development of Chemical Baits for Control. **Am Entomol**, v. 47, p. 146-149, 2001.

ZERINGÓTA, V. R.; CASTRO, M. M.; DELLA LUCIA, T. M.C.; PREZOTO, F. Nesting of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) in an urban environment. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 668-673, 2014.

5 CAPÍTULO 3: SELEÇÃO DO MÉTODO DE CONTROLE DE FORMIGAS LAVA PÉS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE MULTICRITÉRIO

RESUMO

A escolha de um método de controle para formigas de fogo no ambiente urbano é necessária, tendo em vista os danos que causaram ao meio ambiente e à saúde humana. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência dos métodos químico e caseiro, gerar um índice de hierarquização a partir de uma matriz de dados com base em diferentes critérios, seguindo o modelo AHP (Analytic Hierarchy Process), para auxiliar na tomada de decisão. O estudo foi realizado na cidade de Juiz de Fora, MG. Os quatro tratamentos foram aplicados apenas uma vez nas colônias de *Solenopsis saevissima*. A matriz de dados obtida foi construída com base em critérios apresentados em estudos anteriores e em novos critérios propostos pelos autores deste trabalho, incluindo aspectos técnicos de eficiência do tratamento, aspectos econômicos e ecotoxicológicos. A hierarquia mostrou que a água detergente foi a mais recomendada para uso no controle, de acordo com os critérios avaliados. Com este estudo, pudemos avaliar os impactos causados por cada tratamento, bem como os prós e contras do uso de cada um deles e, finalmente, sugerimos um método eficiente de controle de formigas com menor custo por colônia e menor impacto sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: *Solenopsis saevissima*. Praga urbana. Processo de análise hierárquica.

5.1 INTRODUÇÃO

As formigas do gênero *Solenopsis* Westwood, 1840, mais conhecidas como formigas de fogo, são consideradas uma das principais espécies invasoras do mundo, destacando-se como pragas em ambientes urbanos e agrícolas, onde causam sérios problemas de saúde pública, principalmente devido aos acidentes com seres humanos. São também excelentes competidoras, predadoras de invertebrados, pequenos vertebrados e até mesmo outras espécies de formigas (HÖLLDOLBLER; WILSON, 1990; ASANO; CASSIL, 2012; DESHAZO et al., 1999; WANG et al., 2016; CHEN, et al., 2018). Dado ao sucesso dessas formigas em ocupar ambientes alterados pela atividade humana (ALMEIDA et al., 2007; MARTIN et al., 2011; ZERINGÓTA et al., 2014), diversas práticas têm sido empregadas para seu controle, como o uso de produtos químicos, iscas e o controle biológico (KAFLE et al., 2011; WYLIE et al., 2016). Contudo, ao se analisar o custo, eficiência, praticidade de aplicação e impacto ambiental, observa-se que não existe um consenso sobre um método, ao

contrário, se multiplica pela literatura e internet, as mais variadas recomendações para controle de lava-pés.

Assim como para a maioria dos insetos, o controle de formigas de fogo também depende da aplicação de inseticidas químicos (MATTHEWS, 2008; WILLIAMS et al., 2001; DREES et al.; 2013). Embora esse método reduza temporariamente as formigas das regiões infestadas, ele não impede a recolonização, além de ser prejudicial ao meio ambiente e aos seres humanos, causando a morte ou danos fisiológicos e comportamentais em insetos não alvos (AUBUCHON et al., 2006; DESNEUX et al., 2007; GARZÓN et al., 2015; STARK; BANKS, 2003). Geralmente, estes produtos promovem a fragmentação da colônia e, conseqüentemente, aumento de infestações por formigas (WILLIAMS et al., 2001; BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999; CAMPOS-FARINHA; BUENO, 2004).

Outro método empregado é o uso de iscas atrativas tóxicas, normalmente bem sucedido em área urbana (CAMPOS-FARINHA et al., 2002) e já relatado para o controle de formigas de fogo (WYLIE et al., 2016; KLOTZ et al., 1997; VOGT et al., 2005, XIONG et al., 2019.). Essas iscas, geralmente granulares, são carregadas para dentro dos ninhos pelas formigas e atuam nos diversos estágios de vida, podendo causar retrocesso nos ovários das rainhas, redução na taxa de eclosão, deformidades, bem como a morte dos indivíduos (DREES et al., 2013; CUPP; O'NEAL, 1973, TROISI; RIDDIFORD, 1974; GLANCEY; BANKS, 1988).

Métodos caseiros também são indicados para eliminar as lava-pés de residências e jardins, dentre os quais, o uso de água quente e água com detergente se destacam (PINTO et al., 2019). Outras opções como óleos essenciais e vinagre, que repelem as formigas devido ao forte odor; vaselina e carbonato de cálcio, que criam uma barreira física impedindo a circulação de formigas, também são relatados, porém esses métodos não eliminam as colônias, o que torna a sua prática pouco eficiente. Nos Estados Unidos, por exemplo, o uso de grãos de arroz, milho e refrigerantes para eliminar essas formigas, são populares, bem como outros produtos extremamente perigosos ao meio ambiente, como gasolina e diesel (TSCHINKEL; KING, 2007; ECYCLE, 2013; THE EDITORS OF ORGANIC LIFE, 2017; EXTENSION, 2019; CASA E JARDIM, 2015).

Desta forma, a escolha de um método eficiente para o controle de formigas de fogo é fundamental, e o modelo de multicritério, Analytic Hierarchy Process (AHP), desenvolvido por Saaty (1980), auxilia nessa escolha. De acordo com esse modelo, um conjunto de multicritérios qualitativos e/ou quantitativos são elencados e posteriormente se relacionam formando uma matriz de parâmetros decisórios. Essa matriz, por sua vez, gera um índice que

permite a hierarquização desses critérios, o que vai auxiliar na tomada de decisão do problema proposto. A literatura carece de informações sobre o uso desse método para o controle de insetos, especialmente para as formigas de fogo, apesar de sua utilização em estudos de diversas áreas como alocação de recursos para a saúde, identificação de áreas para construção de marinas e tratamento de resíduos sólidos domiciliares (MARCHEZETTI et al., 2011; PORATH, 2014; CAMPOLINA et al., 2017).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi promover o emprego do método AHP para o controle de formigas de fogo em ambiente urbano, através da comparação de técnicas de controle com eficiência conhecida, para gerar um índice de hierarquização que auxilie na decisão sobre o método a ser empregado, buscando uma estratégia que apresente o menor risco de contaminação para o ambiente, menor custo por colônia e a melhor eficácia no controle

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi dividido em duas etapas: Análise de Multicritério (AHP) e Experimento em campo.

5.2.1 Análise Hierárquica de Multicritério (AHP)

Foram estabelecidos três conjuntos de critérios para organizar a matriz, com sua definição, métrica e o melhor desempenho esperado para cada tratamento. Esses critérios foram escolhidos a partir de pesquisas bibliográficas e sugestões enumeradas pelos autores deste trabalho.

O primeiro conjunto de critérios refere-se a aspectos técnicos de eficácia dos tratamentos e compreende (a) eficácia do tratamento, (b) eficácia do tratamento em curto prazo (c) eficácia do tratamento em longo prazo. O segundo conjunto de critérios diz respeito ao aspecto econômico e reflete (d) custo do tratamento empregado por colônia controlada. O terceiro grupo compreende aspectos ecotoxicológicos, sendo constituído por (e) risco de manipulação (f) facilidade na aplicação, (g) período de re-entrada, (h) classe de periculosidade e (i) impacto sobre a vegetação (Tabela 4).

Tabela 4: Conjunto de critérios utilizados na avaliação comparativa entre os tratamentos empregados no controle de Lava-pés em área urbana, Juiz de Fora, 2015.

Critério	Definição	Métrica	Melhor Desempenho
Eficácia do tratamento	Percentual de colônias eliminadas	Porcentagem	Maior percentual de mortalidade
Eficácia do tratamento em curto prazo	Maior número de colônias eliminadas no prazo de 15 dias	Porcentagem	Maior percentual de mortalidade
Eficiência do tratamento em longo prazo	Maior número de colônias eliminadas no prazo de 60 dias	Porcentagem	Maior percentual de mortalidade
Custo	Valor em reais (R\$) gasto na aplicação do produto	Reais (R\$)	Menor custo por colônia
Risco de Manipulação	Risco de manipular o produto antes da sua aplicação: Uso de equipamento de segurança, transporte e toxicidade	Classes I- Alto II- Moderado III- Baixo IV- Baixíssimo	Classe IV
Facilidade na Aplicação	Aplicação do produto sobre as colônias	Classes I- Muito fácil II- Fácil III- Moderado IV- Difícil	Classe I
Período de reentrada	Período após a aplicação do produto no qual o homem pode entrar em contato com a colônia sem o uso de equipamento de segurança	Horas	Menor número de horas
Classe de periculosidade	Risco do tratamento ao ambiente: classificação baseada em parâmetros de bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos.	Classes I- Altamente perigoso II- Muito perigoso III- Perigoso IV- Pouco perigoso	Classe IV
Impacto sobre a vegetação	Impacto gerado pelo tratamento sobre a vegetação adjacente a colônia de lava pés	Classes I- Alto II- Moderado III- Baixo IV -Baixíssimo	Menor impacto possível

Com base nos critérios utilizados (Tabela 3) foi estabelecido um conjunto de pesos (método AHP) e a normalização das variáveis, optando pela distância do líder do grupo de

cada parâmetro (Tabela 5). As variáveis foram normalizadas para ajustar as diferenças entre as métricas e impedir que apareçam valores extremos (Freudenberg, 2013). Posteriormente, foi obtida uma matriz de comparação entre os critérios, seguindo a escala recomendada por Saaty and Howtomake (1990).

Tabela 5: Conjunto de cada um dos critérios considerados para o cálculo do IHT. T1: Água quente; T2: Água com detergente; T3: Inseticida líquido; T4: Isca atrativa tóxica.

Critério	Peso	Unidade	T1	T2	T3	T4
Eficácia do tratamento	17	Porcentagem	60	30,44	91,3	39,75
Eficácia do tratamento em curto em prazo	16	Porcentagem	16	47,83	69,56	60,00
Eficácia do tratamento em longo prazo	12	Porcentagem	60	30,44	91,3	39,75
Custo	10	Reais (R\$)	0,19	2,25	4,65	1,25
Risco de Manipulação	10	Classe I, II, III, IV	I	III	I	II
Facilidade na Aplicação	6	Classe I, II, III, IV	III	II	III	I
Período de reentrada	4	Horas	1	1	24	24
Classe de periculosidade	22	Classe I, II, III, IV	IV	IV	II	III
Impacto sobre a vegetação	1	Classe I, II, III, IV	I	IV	II	IV

O índice de Hierarquização do Tratamento (IHT) foi obtido a partir da associação de variáveis normalizadas com base em um conjunto de pesos (Equação 1). Por fim, foi realizada representação gráfica índice de multicritério para análise comparativa entre os quatros tratamentos.

$$IHT = \sum_{i=1}^x W_i X_i$$

Onde:

IHT: Índice de Hierarquização do Tratamento,

X_i : Variável normalizada,

W_i : pesos de X_i , $0 \leq w_i \leq 1$.

Quanto mais próximo do valor 1 for o índice de Hierarquização, melhor é o tratamento em relação ao critério avaliado.

5.2.2 Experimento em campo

Os experimentos em campo foram realizados para quantificar os critérios de eficácia de tratamento (i), risco de manipulação (ii), facilidade na aplicação (iii), período de reentrada (iv) e impacto sobre a vegetação (v), utilizados para gerar a matriz de dados na Análise Hierárquica de Multicritério (AHP).

5.2.3 Área e período de estudo

O estudo foi conduzido no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Sudeste do Brasil (21°41'20" S 43° 20'40" N, 800 m asl), de julho a outubro de 2015. O controle das colônias de *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) foi realizado no mês de julho, que corresponde ao auge da estação fria e seca, período com menor índice pluviométrico, sendo por isso, adequado ao experimento por reduzir a lixiviação dos produtos testados. A espécie *S. saevissima* foi escolhida por ser abundante na área de estudo (Zeringóta et al. 2014).

5.2.4 Coleta de dados

As colônias de *S. saevissima* (n=95) foram previamente selecionadas em relação a sua dimensão e divididas em 4 grupos com diferentes tratamentos em dose única:

T1: Água quente: a água foi aplicada sobre os ninhos a temperatura de aproximadamente 100°C (n=25).

T2: Água com detergente: o detergente neutro foi diluído em água na concentração de 200mL/L e, posteriormente, aplicado sobre os ninhos (n=23).

T3: Inseticida líquido: o inseticida K-othrine® (Deltamethrin) após ser diluído em água, 8mL/L (segundo a recomendação do fabricante) foi aplicado sobre os ninhos (n=23).

T4: Inseticida granular: a isca FORMITAP-20g® (Hydramethylone) foi depositada no perímetro da colônia. Cada medida de isca corresponde a 30mL.

Para determinar a quantidade de produto aplicado nos tratamentos T1, T2 e T3, as colônias foram selecionadas por tamanho linear e, posteriormente, classificadas em pequenas (menores que 55cm), médias (56 – 100cm) e grandes (maiores que 100cm) (Tabela 3). Já para o tratamento T4, as colônias foram classificadas por volume (Tabela 6), calculado pela fórmula do elipsoide (Almeida et al. 2007, Zeringóta et al. 2014, Macom and Porter 1996).

Tabela 6: Quantidade de produto aplicado por tratamento (T1, T2, T3, T4) em relação ao tamanho (cm) e volume (v) dos murunduns de Lava-pés, em Juiz de Fora, MG, 2015.

Comprimento das colônias (cm) T1, T2, T3	Volume de água (L)	Volume das colônias (L) T4	Medida da isca (g)
Menor que 55	2,5	Menor que 0,003	30
56-100	4	0,004 – 0,014	60
Maior que 101	5	Maior que 0,015	90

Posteriormente, as colônias foram monitoradas mensalmente durante quatro meses consecutivos (Julho a Outubro) para avaliar a eficácia do método de controle empregado. Como essas formigas mudam seu ninho de lugar quando são perturbadas, essas colônias também foram monitoradas. A atividade das colônias foi avaliada utilizando iscas contendo sardinha e mel, colocadas separadamente em tubos de 4mL e enterradas aproximadamente 0,5m da colônia e mantidas por 24h. As colônias em que iscas não apresentaram as formigas após as 24h foram consideradas inativas e consequentemente controladas.

5.2.5 Análise dos dados

A distribuição normal dos dados foi confirmada pelo teste Shapiro-Wilk. Para verificar diferença entre os tratamentos aplicados, foi utilizada a análise de variância (ANOVA). Todas as análises foram realizadas em nível de 5% de significância no software R (R Development Core Team, 2017 – versão 3.4.3).

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Análise Hierárquica de Multicritério

O maior valor do Índice de Hierarquização foi encontrado para a Água com detergente (IHT2= 0.67) seguido da Água quente (IHT1= 0.64), Inseticida granular (IHT4= 0.64), e Inseticida líquido (IHT3= 0.62).

A Água com detergente (T2) apresentou o melhor desempenho em 4 dos 9 critérios avaliados, como impacto sobre a vegetação, classe de periculosidade, período de reentrada e risco de manipulação. A água quente (T1) teve o menor custo por colônia, porém foi o tratamento que causou o maior impacto sobre a vegetação adjacente. O Inseticida líquido (T3) foi o tratamento que apresentou o maior risco durante a sua manipulação bem como o maior

custo por colônia. Já o Inseticida granular (T4), destacou-se como o mais fácil para a aplicação e com menor impacto sobre a vegetação (Ilustração 9).

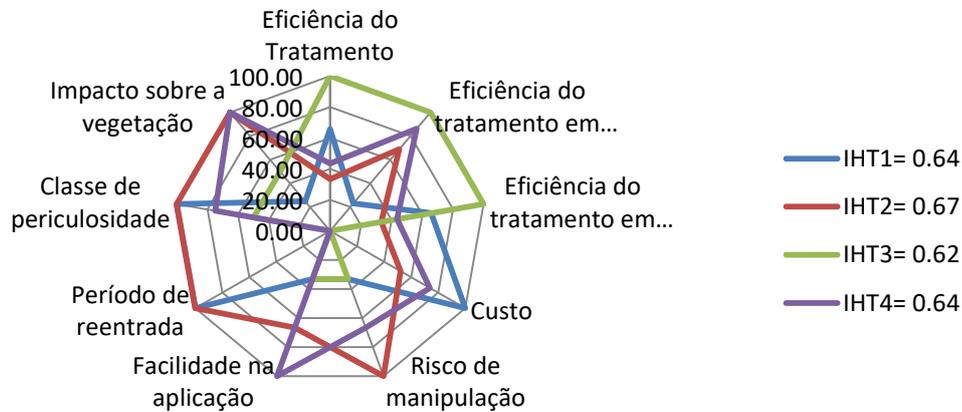


Figura 10: Posicionamento dos valores de Hierarquização dos Tratamentos (IHT) geral e por critério em colônias de formigas de fogo em Juiz de Foea, MG, 2015. (T1: Água quente, T2: Água com detergente, T3: Inseticida líquido e T4: Inseticida granular).

5.3.2 Aplicação no campo

A eficácia do controle diferiu significativamente entre os quatro tratamentos testados ($p=0.0005$, $F=16.81$). O inseticida líquido (T3) controlou o maior número de colônias ao final do experimento (91,3%), seguido da água quente (60%), inseticida granular (39,75%) e água com detergente (30,44%) (Figura 11).

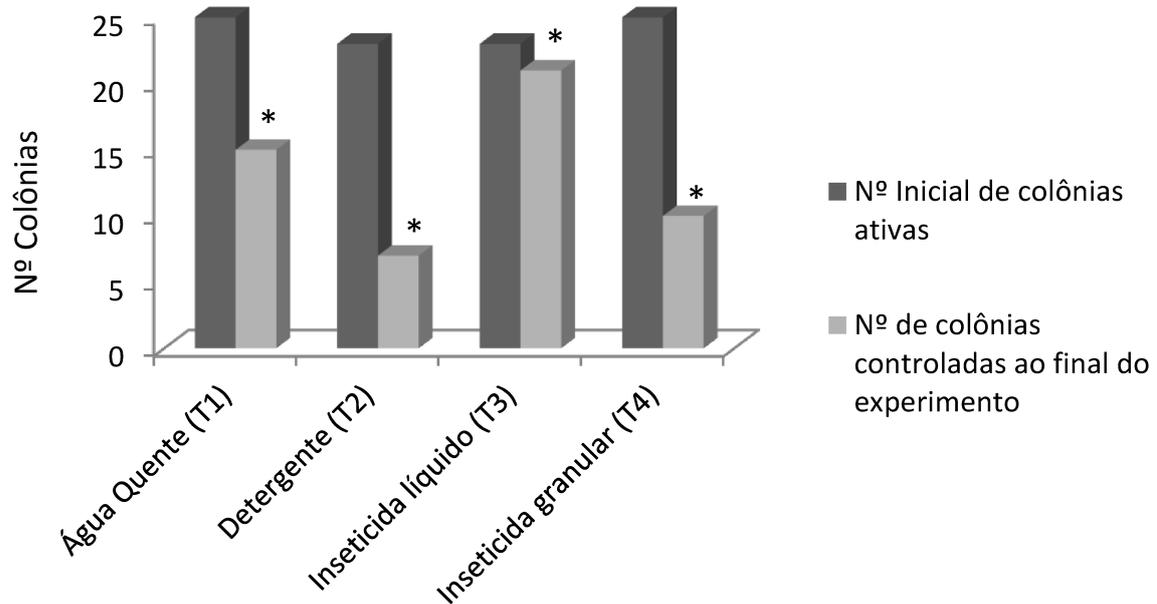


Figura 11: Número de colônias de Lava-pés controladas ao final do experimento e submetidas aos tratamentos de Água quente (T1); Água com detergente (T2); Inseticida líquido (T3) e Inseticida Granular (T4) em Juiz de Fora, MG, 2015. As barras com o símbolo * indicam que ocorreu diferença significativa entre as colônias ao final do experimento.

Com relação à eficácia dos tratamentos durante os quatro meses de monitoramento, o Inseticida líquido (T3) eliminou a maior quantidade de colônias logo após a sua aplicação, restando, ao final do experimento, apenas 2 colônias ativas. A Água com detergente (T2), eliminou apenas 7 das 23 colônias tratadas. O tratamento 4 (Isca Granular) apresentou uma resposta diferente para cada mês monitorado, com colônias antes controladas, voltando a atividade. Assim, ao final de 4 meses, das 25 colônias tratadas, apenas 10 foram eliminadas. A Água quente (T1) foi o tratamento que eliminou o menor número de colônias logo após sua aplicação, porém, ao final do experimento, esse tratamento eliminou 15 colônias (Figura 12).

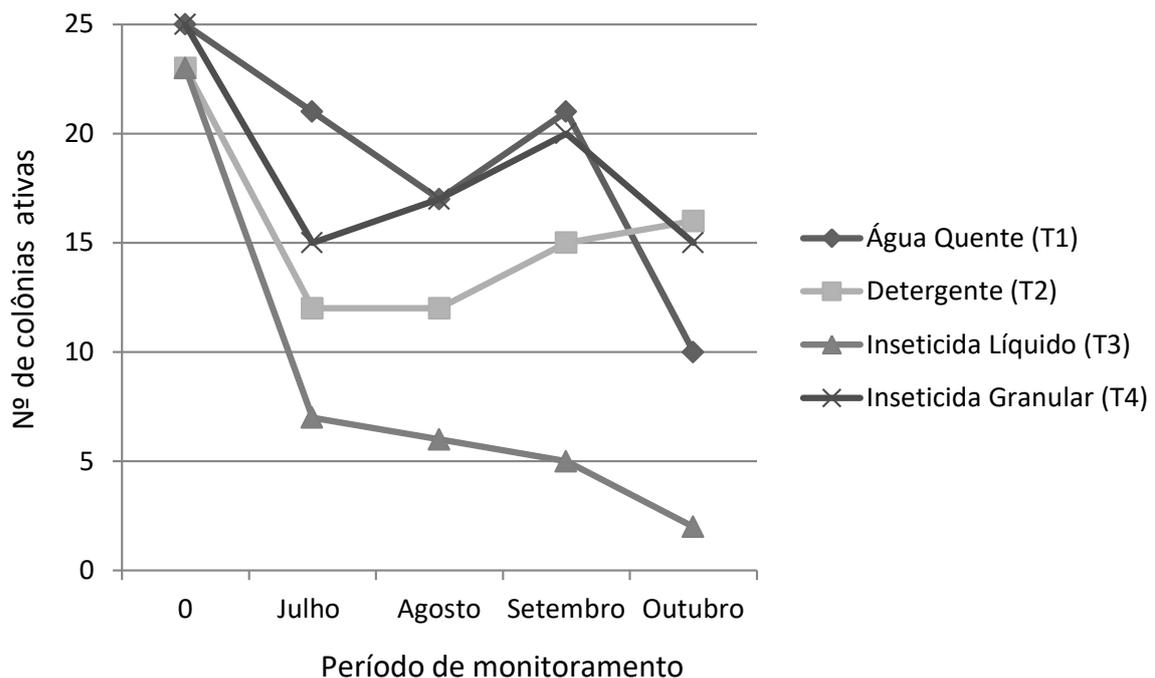


Figura 12: Número de colônias ativas de Lava-pés ao longo de 4 meses, em Juiz de Fora, MG, 2015. Observação: O "0" (zero) corresponde ao momento da aplicação dos tratamentos (T1, T2, T3 e T4).

5.4 DISCUSSÃO

O método AHP (Analytic Hierarchy Process), tem como princípio priorizar os critérios que os autores julgam mais importantes para a tomada de decisão de um determinado problema (SAATY, 1980), assim, em nosso trabalho, quando buscamos um método mais eficiente de controle, menos poluente ao meio ambiente e com menor custo por colônia, o tratamento com Água e detergente (T2) apresentou o melhor índice de hierarquia, seguido pela Água quente (T1), Inseticida granular (T4), e Inseticida líquido (T3). Podemos afirmar então que a água com detergente foi o melhor método de controle para formigas de fogo em urban gardens.

Água com detergente é um método comumente recomendado para eliminar formigas em residências e jardins, sendo aplicado diretamente sobre a colônia ou borrifado na trilha das formigas (CASA E JARDIM, 2015). Em nosso estudo, seu bom desempenho deve-se aos critérios como fácil aplicação e manipulação, baixo custo por colônia (cerca de R\$2,25 reais), baixo período de reentrada, além impactar pouco a vegetação.

A água quente é um método eficaz para eliminar colônias de formigas de fogo, já que a estrutura interna dos seus ninhos, com canais e câmaras que se conectam, facilitam a rápida penetração da água no seu interior, além disso, o pequeno tamanho dessas formigas permite que elas se aqueçam e morram rapidamente, mesmo em contato breve com a água quente

(HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Em nosso estudo, a água quente foi menos eficiente em curto prazo, porém em longo prazo, eliminou 60% das colônias tratadas. Tschinkel e King (2007), conseguiram, com a utilização da água quente, eliminar 70% das colônias de lava-pés em dois anos de estudo. Essa metodologia também já foi utilizada com sucesso por Tschinkel e Howard (1980) e Tschinkel (2001).

A manipulação da água quente exige cuidados, uma vez que a 100°C pode causar queimaduras graves, exigindo assim atenção durante o processo de manipulação, bem como o uso de equipamentos de proteção individual como luvas e botas. A água com detergente apresenta baixo risco de manipulação, devendo ficar atento ao contato do detergente com mucosas. Já na aplicação do inseticida granular, o risco de manipulação é moderado, exigindo o uso de luvas para não contaminar a pele.

O inseticida granular apresentou uma eficiência relativamente baixa em comparação aos outros métodos empregados neste trabalho, eliminando aproximadamente 39% das colônias de formigas de fogo. Essa baixa eficiência pode estar relacionada ao fato das operárias de lava-pés não conseguirem ingerir partículas sólidas acima de 0.9µm, apenas o 4º instar larval é capaz de digerir alimentos sólidos, e então compartilha com os demais indivíduos da colônia (GLANCEY et al., 1981; PETRALIA; VINSON, 1978). Além disso, alguns autores alegam que o inseticida granular leva um tempo maior para fazer efeito no meio ambiente, como, por exemplo, Aubuchon et al. (2006), que realizando experimentos em campo e em laboratório com iscas contendo principalmente Metopreno, perceberam que o número de colônias foi significativamente menor após 16 semanas à sua aplicação, o que correspondeu a uma eficiência de 95% do produto. Adams et al. (1983, 1988) e Callcott e Collins (1992) constataram uma maior mortalidade de colônias de formigas de fogo entre 12 a 13 semanas após a utilização das iscas. As iscas que apresentam uma eficiência mais rápida são mais propensas a reinfestação por ninhos de formiga de fogo do que aquelas que fornecem um controle inicial mais lento, e por isso geralmente a utilização de iscas requer múltiplas aplicações (BARR et al., 2005; DREES et al., 2006).

Os inseticidas líquidos, largamente utilizados no manejo de pragas urbanas, além de serem eficazes no controle, devem possuir mecanismos de ação que evitem a seleção de populações pragas resistentes, além de um período residual já pré-determinado para não ficar por muito tempo exposto ao meio ambiente e conseqüentemente contaminar o solo, água e os animais vizinhos (BACCI et al., 2009; GONTIJO et al., 2012). Além disso, devido aos riscos durante a manipulação, é necessária a utilização de equipamento de proteção individual (EPI), como luvas, borrifador e máscara devido a toxicidade do produto.

Devido a sua ampla flexibilidade e aplicabilidade em diversas áreas, o método AHP tem sido muito utilizado nos últimos anos para resolver diferentes problemas, como por exemplo, relacionados a logística (KENGPOL; TUAMMEE, 2016; YAYLA et al., 2015), a Educação (MIRHEDAYATIAN; SAEN, 2011; KAMVYSI et al., 2014), telecomunicações (LIANG, 2015; VAN DE KAA et al., 2014) e agricultura (Aznar et al. 2011), apresentando assim um grande potencial para ser utilizado em áreas ainda pouco conhecidas, como o controle de insetos em áreas urbanas.

Os resultados deste estudo permitem concluir que a eficiência de um método de controle não se baseia apenas na quantidade de colônias que podem ser eliminadas, outros critérios, como periculosidade, risco de manipulação e impacto sobre a vegetação também devem ser levados em consideração, pois, a aplicação de um produto pode gerar consequências a curto e em longo prazo tanto para o meio ambiente como para a população que vive naquele local.

É importante ressaltar que a cada novo cenário as prioridades dos critérios podem mudar, e assim alterar o valor do índice de hierarquia dos tratamentos. Vale destacar também que este estudo é o primeiro que utiliza a técnica de multicritério para avaliar esses métodos de controle, podendo assim ser utilizado como parâmetro para futuros trabalhos que queiram abordar o controle de formigas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no capítulo I revelam que a área de estudo apresenta uma comunidade de formiga bem estabelecida, uma vez que apresenta espécies típicas de ambientes preservados (*Cephalotes* e *Pseudomyrmex*) assim como de ambientes urbanos perturbados (*Camponotus*, *Crematogaster* e *Linepithema*). A área de estudo era uma região de pastagem natural que foi modificada em um condomínio residencial, e que ainda preserva uma faixa de Mata Atlântica. Além disso, a pesquisa mostrou uma oscilação na abundância de espécies que competem diretamente por recursos com as formigas lava-pés, como por exemplo, a *Pheidole*, indicando que a sua remoção causou uma modificação nas assembleias de formigas. É importante ressaltar a relevância desse trabalho por ser o primeiro a registrar a mirmecofauna dessa região. Futuras amostragens podem indicar uma mudança na composição dessa área.

No Brasil, as formigas do gênero *Solenopsis* são pouco estudadas, mesmo sendo registradas em muitos trabalhos de diversidade. Ainda não existe um controle que elimine completamente essas formigas do ambiente, mesmo alguns países investindo em tecnologia e pesquisas para adequar uma metodologia de controle. Com nossos estudos podemos notar como é difícil eliminar as lava-pés, principalmente devido ao comportamento de deslocamento das colônias e as condições ambientais das áreas tropicais, com alta pluviosidade e temperatura, que favorecem o surgimento de novas colônias.

Encontrar um método de controle que alie baixo custo, menor impacto ao meio ambiente e eficiência é um desafio, mas se torna necessário diante dos prejuízos que essas formigas causam, como exemplo, eliminam outras formigas do meio ambiente e até pequenos vertebrados, constroem seus ninhos dentro de residências e equipamentos eletrônicos, causam infecções e alergias em pessoas, podendo levar o indivíduo a morte e transportam microrganismos patogênicos que podem desencadear infecções secundárias. Nesse contexto, sugerimos um controle adequado e contínuo na área infestada e uma combinação de metodologias para eliminar com mais rapidez e eficiência essas formigas.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, C. T.; BANKS, W. A.; LOFGREN, C. S. Red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): correlation of ant density with damage to two cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **J Econ Entomol**, v. 81, p. 905-909, 1988).
- ADAMS, C. T.; BANKS, W. A.; LOFGREN, C. S.; SMITTLE, B. J.; HARLAN, D. P. (Impact of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), on the growth and yield of soybeans. **J Econ Entomol**, v. 76, p. 1129-1132, 1983.
- ADAMS, E. S.; TSCHINKEL, W. R. Mechanisms of population regulation in the fire ant *Solenopsis invicta*: an experimental study. **J Anim Ecol**, v.70, p. 355-369, 2001.
- ALMEIDA, F. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J. Distribuição e abundância de ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico. **Floresta e Ambiente**, v. 14, p.33-43, 2007.
- ASANO, E.; CASSIL, D. L. Modeling temperature-mediated fluctuation in colony size in the fire ant, *Solenopsis invicta*. **J. Theor Bio**, v.305, p. 70-77, 2012.
- AUBUCHON, M. D.; MULLEN, G. R.; EUBANKS, M. D. Efficacy of Broadcast and Perimeter Applications of S-Methoprene Bait on the Red Imported Fire Ant in Grazed Pastures. **J. Ecom. Entomol**, v. 99, p. 621-325, 2006.
- AZNAR, J.; GUIJARRO, F.; MORENO-JIMÉNEZ, J. M. Mixed valuation methods: A combined AHP-GP procedure for individual and group multicriteria agricultural valuation. **Ann Oper Res**, v. 190, p. 221–238, 2011.
- BACCI L. et al. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). **Appl Entomol Zool**, v. 44, p.103–113, 2009.
- BARR, C. L. et al. Broadcast baits for fire ant control. **Texas Coop. Ext. Serv. Texas A & M University**, College Station, TX. B-6099, 2005.
- BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In MARICONI, F. A. M. (eds) **Insetos e outros invasores de residências**, Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 135-180, 1999.
- CALLCOTT, A. M. A.; COLLINS, H. L. Temporal changes in a red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) colony classification system following an insecticidal treatment. **J Entomol Sci**, v. 27, p. 345-353, 1992.
- CAMPOLINA, A. G.; SOÁREZ, P. C DE.; AMARAL, F. V.; ABE, J. M. Análise de decisão multicritério para alocação de recursos e avaliação de tecnologias em saúde: tão longe e tão perto? **Cad Saúde Pública**, v. 33, p. 2-15, 2017.
- CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; BUENO, O. C.; CAMPOS, M. C. G.; KATO, L. M. As formigas urbanas no Brasil: Retrospecto. **Biol**, v. 64, p. 129-133, 2002.

CASA E JARDIM, 2015. 8 truques caseiros para acabar com as formigas. Disponível em: <https://revistacasa Jardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Dicas/noticia/2015/03/8-truques-caseiros-para-acabar-com-formigas.html>. Acesso em: May 2019.

CHEN, S.; CHEN, H.; XU, Y. Safe chemical repellents to prevent the spread of invasive ants. **Pest Manag**, v. 75, p. 821-827, 2018.

CUPP, E. W.; O'NEAL, J. The morphogenic effects of two juvenile hormone analogues on larvae of imported fire ants. **Environ Entomol**, v. 2, p.191-194, 1973.

DESHAZO, R. D.; WILLIAMNS, D. F.; MOAK, E. S. Fire ant attacks on residents in health care facilities: a report of two cases. **Ann Intern Med**, v. 131, p. 424-429, 1999.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annu. Rev. Entomol**, v. 52, p. 81–106, 2007.

DREES, B. M.; CALIXTO, A. A.; NESTER.; PR. Integrated pest management concepts for red imported fire ants *Solenopsis invicta*(Hymenoptera: Formicidae). **Insect Sci**, v. 20, p. 429–438, 2013.

DREES, B. M. et al.Managing imported fire ants in Urban areas; a regional publication developed for Alabama, Arkansas, California, Florida, Georgia, Louisiana, Mississippi, New Mexico, Oklahoma, South Carolina, Tennessee and Texas, MP426. University of Arkansas, Fayetteville. 2006.

ECYCLE, 2013. **Como acabar com formigas naturalmente**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/1301-matar-formigas>. Acessado em: Mai 2019.

EXTENSION, 2019. **Sustainable fire ant control**. Disponível em: <https://sfyl.ifas.ufl.edu/lawn-and-garden/sustainable-fire-ant-control/>. Acessado em: Mai 2019.

FREUDENBERG, M. Composite indicators of country Performance: A critical assessment. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, Publishing, Paris. 2013.

GARZÓN, A.; MEDINA, P.; AMOR, F.; VINUELA, E.; BUDIA, F. Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae).**Chemosphere**, v. 132, p. 87–93, 2015.

GLANCEY, B. M.; VANDER MEER, R. K.; GLOVER, A.; LOFGREN, C. S.; VINSON, S. B. Filtration of microparticles from liquids ingested by the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. **Insectes Soc**, v. 28, p. 395–401, 1981.

GLANCEY, B. M.; BANKS, W. A. Effect of the insect grow the regulator fenoxycarh on the ovaries of queens of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae). **Ann Entomol Soc Am**, v. 81, p. 642-648, 1988.

GONTIJO, P. C. et al. Spatial and temporal variation in the control failure Likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Ann Appl Nematol**, v. 162, p. 50–59, 2012.

HÖLLDOLBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants. **Cambridge, Harvard University Press**, p. 732, 1990.

KAFLE, L.; WU, W. J, KAO, S. S, SHIH, C. J. Efficacy of *Beauveria bassiana* against the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), in Taiwan. **Pest Manag Sci**, v. 67, p. 1434–1438, 2011.

KAMVYSI, K. et al. Capturing and prioritizing students' requirements for course design by embedding Fuzzy-AHP and linear programming in QFD. **Eur J Oper**, v. 237, p. 1083–1094, 2014.

KENGPOL, A.; TUAMMEE, S. The development of a decision support framework for a quantitative risk assessment in multimodal green logistics: **An empirical study Int J Prod Res**, v. 54, n. 4, p.1020–1038, 2016.

KLOTZ, J. H.; VAIL, K. M.; WILLAMS, D. F. Toxicity of a boric acid-sucrose water bait to *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **J Econ Entomol**, v. 90, p. 488–491, 1997.

LIANG, Y. H. Performance measurement of interorganizational information systems in the supply chain. **Int J Prod Res**, v. 53, p. 5484–5499, 2015.

MACOM, T. E.; PORTER, S. D. Comparison of polygyne and monogyne red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) population densities. **Ann Entomol Soc Amer**, v. 89, p. 535–543, 1996.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Application of the AHP method to the hierarchy determination of municipal solid waste treatment alternatives. **Ambiente Construído**, v. 11, p.173-187, 2011.

MARTIN, J. M.; ROUX, O.; GROU, S.; DEJEAN, A. A type of uniclonality within the native range of the fire ant *Solenopsis saevissima*. **Comp Rend Biol**, v. 334, p. 307- 310, 2011.

MATTHEWS, G.A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products: a survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Prot**, v.27, p. 834–846, 2008.

MIRCHEDAYATIAN, S. M.; SEAN, R. F. A new approach for weight derivation using data envelopment analysis in the analytic hierarchy process. **JORS**, v. 62, p. 1585–1595, 2011.

PETRALIA, R. S.; VINSON, S. B. Feeding in the larva of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*: behavior and morphological adaptations. **Ann Entomol Soc Amer**, v. 71, p. 643–648, 1978.

PORATH, P. H M. Uso de análise multicritério para identificação de áreas potenciais para construção de marinas. **R. gest. sust. Ambient**, v. 2, p. 3-26, 2014.

PINTO, L. M.; Fernandes, E. F.; Prezoto, F. Controle de formigas lava-pés: Onde encontro informações? **Rev Bras Zoociencias**, v. 20, p. 1-9, 2019.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill. 1980.
SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Eur J Oper Res* 48: 9-26, 1990.

STARK, J. D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annu. Rev. Entomol**, v. 48, p.505–519, 2003.

THE EDITORS OF ORGANIC LIFE , 2017. **The 4 Best Fire Ant Removal Methods, Plus Some You Should Never Try**. Disponível em :
<https://www.goodhousekeeping.com/home/gardening/a20705655/how-to-get-rid-of-fire-ants/>.
Acesso em: May 2019.

TROISI, S. J.; RIDDIFORD, L. M. Juvenile hormone effects on metamorphosis and reproduction of the Fire ant, *Solenops isinvicta*. **Environ Entomol**, v. 3, p. 112-116, 1974.

TSCHINKEL, W. R.; HOWARD, D. F. A simple, non-toxic home remedy against fire ants. *J Georgia Entomological Societ*, v. 15 102-105, 1980.

TSCHINKEL, W. R.; KING, J. R. Targeted removal of ant colonies in ecological experiments, using hot water. **Journal of Insect Science**, v. 7, 2007.

WANG, C. et al. Individual and Cooperative Food Transport of the Red Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae): Laboratory Observations. **J Insect Behav**, v. 29, p. 99-107, 2016.

TSCHINKEL, W.R. **The Fire Ants**. Harvard University Press, Cambridge, ed. The Belknap Press, p.752, 2006.

WILLIAMS, D. F.; COLLINS, H. L.; OI, D. H. The Red Imported Fire Ant: (Hymenoptera: Formicidae): An Historical Perspective of Treatment Programs and The Development of Chemical Baits for Control. **Am Entomol**, v. 47, p. 146-149, 2001.

WYLIE, R. et al. Eradication of two incursions of the Red Imported Fire Ant in Queensland, Australia. **Ecol Man Rest**, v. 17, p. 22-32, 2016.

VOGT, J. T.; REED, J.T.; BROWN, R.L. Timing bait applications for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Mississippi: Efficacy and effects on non-target ants. **Int J Pest**, v. 51, p. 121-130, 2005.

XIONG, T.; QIU, X. H.; LING, S.Q.; LIU, J. L.; ZENG, X. N. Interaction of fipronil and the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*): Toxicity differences and detoxification responses. **J Insect Physiol**, v. 115, p. 20-26, 2019.

YAYLA, A. Y.; OZTEKIN, A.; GUMUS, A. T.; GUNASEKARAN, A. A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi- criteria decision making. **Int J Prod Res**, v. 53, p. 6097–6113, 2005.

ZERINGÓTA, V. R.; CASTRO, M. M.; DELLA LUCIA, T. M.C.; PREZOTO, F. Nesting of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae) in an urban environment. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 668-673, 2014.