

UFRRJ

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA
SAÚDE - ICBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA APLICADA**

DISSERTAÇÃO

**DIVERSIDADE E INTERAÇÕES ECOLÓGICAS DA FAUNA
DE FORMIGAS EM ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO**

GUSTAVO CORREIRO DO AMARAL

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - ICBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E
BIOTECNOLOGIA APLICADA**

**DIVERSIDADE E INTERAÇÕES ECOLÓGICAS DA FAUNA DE
FORMIGAS EM ÁREAS DE CULTIVO ORGÂNICO**

GUSTAVO CORREIRO DO AMARAL

Sob a Orientação do Professor

Dr. Fábio Souto de Almeida

Coorientador: Prof. Dr. André Barbosa Vargas

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Área de Concentração em Entomologia Aplicada.

Seropédica, RJ
Abril de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A485d Amaral, Gustavo Correio do, 1988-
 Diversidade e Interações Ecológicas da Fauna de
Formigas em áreas de Cultivo Orgânico / Gustavo
Correio do Amaral. - 2018.
 55 f.

 Orientador: Fabio Souto de Almeida.
 Coorientador: Andre Barbosa Vargas.
 Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PPGFBA, 2018.

 1. Formicidae. 2. Interações Ecológicas. 3.
Agroecossistemas. 4. Diversidade Biológica. 5.
Controle Biológico. I. Almeida, Fabio Souto de , 1982
, orient. II. Vargas, Andre Barbosa , 1978-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. PPGFBA. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - ICBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA
APLICADA**

GUSTAVO CORREIRO DO AMARAL

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Área de Concentração em Entomologia Aplicada.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ___/___/_____

Fábio Souto de Almeida. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

André Barbosa Vargas. Prof. Dr. UniFOA
(coorientador)

Antônio José Mayhé Nunes. Prof. Dr. UFRRJ

William Costa Rodrigues . Prof. Dr. IOC/Fiocruz

Dedico aos meus pais Joarez Nelo Rodrigues e Lizélia do Amaral Rodrigues, por me auxiliarem durante a sua estadia terrena o meu desenvolvimento e crescimento, e por estarem me amparando mesmo em outra dimensão aonde os olhos não veem, mas o coração sente.

AGRADECIMENTOS

À minha família o qual me deram estímulo e suporte para com as minhas idas e vindas para realizar este trabalho e auxiliaram com os cuidados de meu pai, enquanto estive fora de minha cidade para concluir o Mestrado.

Aos meus orientadores e amigos André e Fábio que me deram suporte, conselhos, ensinamentos, conhecimentos sem os quais não chegaria até aqui e me acompanhando nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos mais próximos dos grupos de bike, trekking e aos meus amigos de faculdade de Biologia, que sempre me deram apoio, companheirismo em todos os momentos durante a minha fase no mestrado.

Aos professores e mestrandos amigos que me deixaram ensinamentos durante o Programa de Pós Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada

Aos meus amigos Tarcísio, Lucimara, Thamires e Samantha por estarem acompanhando a minha trajetória e sempre nos encontrando nas caronas até Seropédica e que me ajudaram, nos momentos de chegar ao meu trabalho de campo e regresso para casa.

À minha tia Sandra, por sempre me dando carinho por eu chegar aqui com luta e orações cedidos por ela e por minha mãe Lu.

RESUMO GERAL

AMARAL, Gustavo Correiro. **Diversidade e Interações ecológicas da fauna de formigas em áreas de cultivo orgânico**. 2018. 55p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada). Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde - ICBS, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

Nas áreas agrícolas, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) são vistas principalmente como pragas, mas participam de várias interações ecológicas que podem propiciar benefícios para os agricultores. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência de atributos ambientais de áreas cultivadas sobre a fauna de formigas, comprando ainda as assembleias de formigas dos agroecossistemas com a fauna de formigas de uma floresta nativa. Além disso, teve como objetivo identificar e quantificar as possíveis interações ecológicas envolvendo formigas em agroecossistemas sob a influência dos efeitos da heterogeneidade ambiental. A coleta de dados foi realizada no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. A amostragem foi realizada na estação seca (inverno) e na estação chuvosa (verão) em uma plantação de bananas (*Musa paradiisiaca* L.) com vinhas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims), uma agrofloresta; um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium* (Jacq.) e uma Floresta Ombrófila Densa (8 ha). Foram utilizados na amostragem da fauna de formigas as armadilhas tipo pitfall e o extrator de Winkler. Também foi realizada a coleta de dados sobre as interações ecológicas envolvendo formigas. Na amostragem com armadilhas foram coletadas 60 espécies. A maior riqueza de espécies foi observada na agrofloresta (38 espécies), seguida do cafezal (31 espécies), floresta secundária (29 espécies) e plantação de bananas (28 espécies). A riqueza e a diversidade de espécies médias na estação chuvosa não variaram significativamente entre as áreas com diferentes usos do solo ou foram influenciadas pela profundidade de serapilheira e pela temperatura do ar. Por outro lado, na estação seca houve o efeito do tipo de uso do solo e da profundidade de serapilheira sobre a riqueza e diversidade de espécies de formigas, mas a temperatura do ar não influenciou significativamente ambas variáveis. Nas duas estações, a composição de espécies de formigas variou significativamente entre todas as áreas estudadas. No estudo das interações ecológicas, foram coletadas 30 espécies de formigas, sendo a maior riqueza de espécies observada na agrofloresta e a menor no cafezal. Não houve diferença significativa entre o número médio de espécies de formigas coletadas nas áreas com diferentes usos do solo ou efeito de variáveis ambientais. A agrofloresta foi o ambiente onde ocorreu a maior variabilidade de atividades de formigas. A maioria das atividades das formigas foi classificada como potencialmente benéficas para as plantas cultivadas (68,75% das atividades). As atividades consideradas potencialmente prejudiciais foram minoria (31,25%). A fauna de formigas participa de diversas interações ecológicas úteis para o desenvolvimento de atividades agrícolas. Houve interações negativas, como a associação mutualística com outras ordens de insetos que são pragas fitossanitárias, além da atividade de formigas cortadeiras. A serapilheira foi a variável de maior atuação presente sobre a fauna de formigas no estudo. Por conta de sua diversidade de matéria orgânica morta na superfície do solo, fez com que o ambiente proporcionasse maiores e melhores condições de diversidade, riqueza e interações ecológicas. Essa diversidade vegetal favoreceu a disponibilidade de recursos alimentares na estação seca. A heterogeneidade da agrofloresta possibilitou o maior número de interações ecológicas incluindo muitas benéficas.

Palavras-chave: agroecossistema, diversidade biológica, Formicidae

GENERAL ABSTRACT

AMARAL, Gustavo Correio. **Diversity and ecological interactions of ants in areas of organic cultivation.** 2018. 55p. Dissertation (Master Science in Phytosanitary and Applied Biotechnology). Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde - ICBS, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2018.

Agricultural areas such as ants (Hymenoptera: Formicidae) are seen as pests, but participate in various ecological interactions that can benefit farmers. Thus, the work had a positive influence of the cultivated areas on the fauna of forms, also including the assemblages of ants of the agroecosystems with an fauna of ants of a native forest. In addition, it aimed to identify and quantify interactive requests for formulations in agroecosystems under the influence of environmental heterogeneity. Data collection was performed at the Integrated Agroecological Production System - SIPA, in Seropédica, State of Rio de Janeiro. Sampling was carried out in a dry winter season and a rainy season (summer) in a banana plantation (*Musa paradiisiaca* L.) with passion fruit vines (*Passiflora edulis* Sims), an agroforest; a coffee tree (*Coffea conephora* Pierre) shaded with *Gliricidia sepium* (Jacq.) and a Dense Ombrophylous Forest (8 ha). They were used in the sampling of the ant fauna as trap trap and the Winkler extractor. There was also a collection of data on how ecological interactions on forms. In the sampling with traps 60 species were collected. The greatest species richness was observed in agroforestry (38 species), followed by coffee (31 species), secondary forest (29 species) and banana plantation (28 species). A rich and a diversity of mean means in individual rainfall variable between soil and soil used to be taken only by the depth of the litter and the temperature of air. On the other hand, in the dry season the effect of soil type and depth of litter on the richness and diversity of species of forms, but the temperature does not influence the most difficult variations. In the two seasons, a composition of species of varied forms among all the studied areas. During the ecological interactions, 30 species of ants were collected, being the greatest richness of species observed in the agroforest and the smallest in the coffee. The removal of dialogues from areas with different soil forms or environmental effects may be different. The agroforest was the environment where there was a great variability of ant activities. Most plant activities were classified as rich for cultivated plants (68.75% of activities). Early activities were detrimental to health (31.25%). The ant fauna participates in various ecological interactions for the development of agricultural activities. There were negative interactions, such as a mutuality with payment orders that are more appropriate, in addition to the activity of forming cutters. The litter was a variable of greater participation present on the fauna of forms not studied. Because of its diversity of organic matter on the soil surface, it has provided the environment with the greatest and greatest opportunities for diversity, richness and ecological interactions. This vegetative variety favored the availability of food resources in the dry season. The heterogeneity of agroforestry allowed the greatest number of ecological interactions.

Key Word: agroecosystem, biological diversity, Formicidae.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de espécies presentes nas estações chuvosa e seca no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), KM 47 Seropédica-RJ, 2017	12
Tabela 2 - Espécies de formigas coletadas sobre o solo (S) ou sobre plantas (P) em áreas com diferentes usos do solo, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Rio de Janeiro	29
Tabela 3 - Atividades executadas pelas espécies de formiga em áreas com diferentes usos do solo e a sua classificação, benéfica, prejudicial ou sem importância (S) para as plantas cultivadas, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Estado do Rio de Janeiro	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa do Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica do Km 47.....	10
Figura 02. Riqueza média de espécies de formigas nas áreas com diferentes usos do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica Km 47 na estação chuvosa e seca - Seropédica, Rio de Janeiro	16
Figura 03. Índice de diversidade de espécies (Shannon) de formigas nas áreas com diferentes usos do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica Km 47 na estação chuvosa e seca - Seropédica, Rio de Janeiro	18
Figura 04. Ordenação Multidimensional Não Métrica (NMDS) para a composição de espécies de formigas nas áreas de estudo na estação chuvosa (A) e na estação seca (B) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica, Km-47, Seropédica, Rio de Janeiro	20
Figura 05. Número médio de espécies de formigas em áreas com diferentes usos do solo, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Estado do Rio de Janeiro	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	01
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	03
CAPÍTULO I - A FAUNA DE FORMIGAS EM ÁREAS SOB CULTIVO ORGÂNICO: INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA RIQUEZA, DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	05
RESUMO	06
ABSTRACT	07
1 INTRODUÇÃO.....	08
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	09
2.1 Áreas de Estudo	09
2.4 Coletas de Dados	10
2.5 Análises dos Dados.....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4 CONCLUSÕES	21
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO II - INTERAÇÕES DA FAUNA DE FORMIGAS EM ÁREAS SOB CULTIVO ORGÂNICO	24
RESUMO	25
ABSTRACT	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Áreas de Estudo	28
2.2 Coletas de Dados	28
2.3 Análises dos Dados.....	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1 Papéis da fauna de formigas em áreas cultivadas.....	31
4 CONCLUSÕES	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CONCLUSÕES GERAIS	37

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura brasileira foi intensamente modificada principalmente a partir da década de 60, processo esse que esteve ligado a avanços na urbanização e industrialização (TEXEIRA, 2005). Nessa época observou-se o aumento da utilização de pesticidas, adubos e tratores pelos produtores rurais. A utilização dessas tecnologias sendo considerada a modernização da agricultura (DAVID *et al.*, 1999). Esse fenômeno provocou expressivas mudanças nos ecossistemas país a fora, desencadeando sérios impactos ambientais, como a poluição do ar, água e solo, o aumento da frequência de doenças nos seres humanos, a exclusão social e o êxodo rural (TEXEIRA, 2005; CARSON, 1962).

No intuito de conciliar a produção de alimentos com a conservação ambiental e a manutenção da saúde humana, a agricultura orgânica não admite a utilização de substâncias sintéticas que possam ter efeitos negativos expressivos no ser humano ou na natureza (ROEL, 2002). As interações ecológicas dos organismos vivos presentes nos agroecossistemas devem ser investigadas para potencializar as suas funções benéficas e minimizar os prejuízos que possam causar (ESTRADA, 2017). Tais pesquisas podem propiciar, por exemplo, a otimização de formas alternativas de manejo de pragas.

Nas áreas agrícolas, as formigas (Hymenoptera: Formicidae) são vistas como pragas, devido ao comportamento das saúvas e quenquéns de cortar folhas (BUZZI, 2013). Além disso, as formigas podem causar danos às plantas cultivadas ao cortar o caule ou raízes para se alimentar da seiva ou quando se associam e protegem insetos fitófagos, aumentando o tamanho das populações desses insetos (DEL-CLARO & OLIVEIRA, 1999). Todavia, participam de várias outras interações ecológicas que podem propiciar benefícios para os agricultores. Podem ainda afetar características físicas e químicas do solo e atuar na ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes, polinização e controle de populações de outros artrópodes, sendo importantes para a estrutura das comunidades biológicas nos agroecossistemas (CAROLL & JANZEN, 1973; JEANNE, 1979; WILSON 1987; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). As formigas possuem, inclusive, relações mutualísticas com plantas que apresentam nectários extraflorais, como a relação interespecífica de formigas *Azteca* sp. com as embaúbas, pois defendem essas plantas contra herbívoros em troca de alimento e local para nidificar (HORVITZ & SCHEMSKE, 1984; DEL-CLARO *et al.*, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 1999; RICO-GRAY & OLIVEIRA, 2007), sendo assim um componente da fauna a ser utilizado como indicador da sustentabilidade dos agroecossistemas (DIAS *et al.*, 2008).

Quando ocorre a substituição de um ecossistema natural por um cultivo agrícola geralmente observa-se a perda de espécies na fauna de formigas e, conseqüentemente, a alteração da estrutura da comunidade (PERFECTO & SNELLING, 1995; MARTINS *et al.*, 2011). Isso ocorre, dentre outros fatores, por conta da redução da heterogeneidade do ambiente, além dos impactos causados pelas práticas culturais utilizadas pelos agricultores (MARTINS *et al.*, 2011). Contudo, quando o agroecossistema apresenta uma ampla gama de plantas cultivadas e práticas culturais ecologicamente corretas, como o uso da agricultura orgânica, por exemplo, a diversidade de espécies pode ser próxima daquela observada nos habitats naturais (ARMBRECHT & PERFECTO, 2003; GOMES *et al.*, 2003; QUEIROZ *et al.*, 2006). Esse fenômeno tem influência direta nas interações ecológicas envolvendo formigas e nas funções desses insetos nos agroecossistemas.

No Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) podem ser encontradas áreas cultivadas que apresentam diferentes níveis de heterogeneidade ambiental (ex. monoculturas e sistemas agroflorestais), ocorrendo então variações nos fatores ambientais

entre áreas cultivadas. No SIPA, todas as glebas são mantidas segundo a premissa da agricultura orgânica. Além disso, possui fragmentos de mata secundária adjacentes que são úteis como ambientes referência. Desta forma, é um local relevante para o estudo da diversidade e interações ecológicas envolvendo a fauna de formigas sob a influência de atributos ambientais. Os resultados de tais estudos podem ser generalizados e utilizados em outras áreas cultivadas para minimizar os efeitos negativos das formigas nos agroecossistemas e potencializar suas ações benéficas, contribuindo assim para uma menor utilização de agrotóxicos e para a sustentabilidade ambiental na agricultura.

Neste sentido, este estudo foi dividido em dois capítulos. No Capítulo I são apresentados os resultados da avaliação das comunidades de formigas em áreas cultivadas sob manejo orgânico e em uma floresta nativa e a influência da heterogeneidade estrutural do ambiente e de outros atributos ambientais sobre a fauna de formigas. No Capítulo II, os resultados se referem ao estudo das interações ecológicas envolvendo formigas nas áreas cultivadas e na floresta nativa, sendo ainda discutido se as interações são benéficas ou prejudiciais aos agroecossistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I. Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighboring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 97, n. 1, p. 107-115, 2003.
- BUZZI, Z.J. **Entomologia didática**. 6ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2002. 348p.
- CAMARGO, A.J.A.; OLIVEIRA, C.M.; FRIZZAS, M.; SONODA, K.C.; CORRÊA, D.C.V. **Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais Ordens**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 117p. 2015.
- CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. 2a. Edições Melhoramentos. 1962.
- CARROLL, C.R.; JANZEN D.H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.4, p. 231-257, 1973.
- DAVID, M.B.A.; WANIEZ, P.; BRUSTLEIN, V.; DE BIAGGI, E.M.; ROLLO, P.A.; RODRIGUES, M.S. **Transformaciones recientes en el sector agropecuario brasileño**, Santiago de Chile: CEPAL, 1999. 127p.
- DEL-CLARO, K., BERTO, V.; RÉU, W. Effect of herbivore deterrence by ants increase fruit set in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p.887-892, 1996.
- DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Ant-Homoptera Interactions in a Neotropical Savanna: The Honeydew-Producing Treehopper, *Guayaquila xiphias* (Membracidae), and its Associated Ant Fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae) 1. **Biotropica**, v. 31, n. 1, p. 135-144, 1999.
- DIAS, N.S.; ZANETTI, R.; SANTOS, M.S.; LOUZADA, J.; DELABIE, J. Interação de fragmentos florestais com agroecossistemas adjacentes de café e pastagem: respostas das comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae). **Iheringia, Série Zoolologia**, v.98, p. 136-142, 2008.
- ESTRADA, M.E. **A diversidade e o papel da fauna de formigas em áreas agrícolas submetidas ao cultivo orgânico e convencional**. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.
- GOMES, D.S.; ALMEIDA, F.S.; VARGAS, A.B.; QUEIROZ, J. M. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. **Iheringia, Série Zoolologia**, v.103, p.104-109, 2013.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, 732p., 1990.
- HORVITZ, C.C.; SCHEMSKE, D.W. Effects of ants and ant – tended herbivore on seed production of a neotropical herb. **Ecology**, v.65, p.1369-137, 1984.

JEANNE, R. L. A latitudinal gradient in rates of ant predation. **Ecology**, 60(6), 1211-1224. 1979.

MARTINS, L.; ALMEIDA, F.S.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; VARGAS, A.B. Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, n.2, p.174-179, 2011.

OLIVEIRA, P.S.; RICO-GRAY, V.; DÍAZ-CASTELAZO, C.; CASTILLO-GUEVARA, C. Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae). **Functional Ecology**, v.13, p.623-631, 1999.

PERFECTO, I.; SNELLING, R. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. **Ecological applications**, p.1084-1097, 1995.

QUEIROZ, J.M.; ALMEIDA, F.S.; PEREIRA, M.P.S. Conservação da Biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 037-045, 2006.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. **The Ecology and Evolution of Ant – Plant Interactions**. Chicago, Illinois, The University of Chicago Press, 2007.

ROEL, A.R. A agricultura orgânica ou ecológica e a sustentabilidade da agricultura. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 3, n. 4, p. 57-62, 2002.

TEIXEIRA, J.C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica AGB-TL**, v. 1, n. 2, p. 21-42, 2005.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1039-1047, 2003.

WILSON, E. O. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. **Biotropica**, 245-251. 1987.

CAPÍTULO I

A FAUNA DE FORMIGAS EM ÁREAS SOB CULTIVO ORGÂNICO: INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA RIQUEZA, DIVERSIDADE E COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

RESUMO

O objetivo desse capítulo foi avaliar a influência da temperatura e da profundidade da serapilheira em áreas cultivadas sobre a fauna de formigas, comprando ainda as assembleias de formigas dos agroecossistemas com a fauna de formigas de uma floresta nativa. Os dados foram coletados no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, no município de Seropédica/ RJ nas estações chuvosa, janeiro e fevereiro, e seca, julho e agosto. A amostragem da fauna de formigas foi realizada nas seguintes áreas: uma plantação de bananas (*Musa paradiisiaca* L.) dividida por vinhas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims); uma agrofloresta; um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium* (Jacq.); e uma Floresta Ombrófla Densa (8 ha) que está em estágio intermediário de sucessão secundária. Na amostragem foram utilizadas cinco unidades amostrais por área, constituídas por três armadilhas de solo tipo pitfall e uma parcela de 1 m² onde foi extraída a serapilheira, que foi peneirada e alocada no extrator de Winkler. Os pitfalls e os extratores permaneceram ativos por 48 horas. As amostras foram triadas e as formigas fixadas em via seca para posterior identificação. Foram coletadas no presente estudo 53 espécies. O gênero que apresentou a maior riqueza de espécies foi *Pheidole* (seis espécies), seguido de *Strumigenys* e *Pseudomyrmex*, com quatro espécies cada. Deste a maior riqueza de espécies foi observado na agrofloresta (38 espécies), seguida do cafezal (31 espécies), floresta secundária (29 espécies) e plantação de bananas (28 espécies). As médias da riqueza e da diversidade de espécies na estação chuvosa não variaram significativamente entre as áreas estudadas. Por outro lado, na estação seca houve o efeito do tipo de uso do solo e da profundidade de serapilheira sobre a riqueza e diversidade de espécies de formigas, mas a temperatura do ar não influenciou significativamente ambas variáveis. Nas duas estações, a composição de espécies de formigas variou significativamente entre todas as áreas estudadas. Concluiu-se que nas áreas cultivadas, o aumento da heterogeneidade estrutural do ambiente pode acarretar maior riqueza e diversidade de espécies de formigas, além de mudanças na composição de espécies. A variação na riqueza e diversidade de espécies somente foi expressiva na estação seca. Também foi observado que a profundidade de serapilheira pode influenciar a riqueza e a diversidade de espécies de formigas, por estar relacionada com a disponibilidade de recursos alimentares e de nidificação para a fauna de formigas.

Palavras-chave: agricultura, biodiversidade, conservação.

ABSTRACT

The objective of this chapter was to evaluate the influence of temperature and litter depth on cultivated areas on the ant fauna, also buying the ants assemblages of the agroecosystems with the ants fauna of a native forest. The data were collected in the Integrated System of Agroecological Production-SIPA, in the municipality of Seropédica / RJ in the rainy seasons, January and February, and dry, July and August. The sampling of the ants fauna was carried out in the following areas: a banana plantation (*Musa paridiisiaca* L.) divided by passion fruit vineyards (*Passiflora edulis* Sims); an agroforest; a coffee tree (*Coffea conephora* Pierre) shaded with *Gliricidia sepium* (Jacq.); and a Dense Ombrophilous Forest (8 ha) that is in the intermediate stage of secondary succession. In the sampling, five sample units per area were used, consisting of three soil pitfall traps and a 1 m² plot where the litter was extracted, which was sieved and allocated in the Winkler extractor. The pitfalls and extractors remained active for 48 hours. The samples were sorted and the ants were fixed in a dry way for later identification. A total of 53 species were collected in the present study. The genus that presented the greatest species richness was *Pheidole* (six species), followed by *Strumigenys* and *Pseudomyrmex*, with four species each. The highest species richness was observed in the agroforestry (38 species), followed by coffee (31 species), secondary forest (29 species) and banana plantation (28 species). The mean richness and diversity of species in the rainy season did not vary significantly among the studied areas. On the other hand, in the dry season there was the effect of soil type and litter depth on the richness and diversity of ants species, but the air temperature did not significantly influence both variables. In both seasons, ant species composition varied significantly among all the studied areas. It was concluded that in the cultivated areas, the increase in the structural heterogeneity of the environment may lead to greater species richness and diversity, as well as changes in species composition. The variation in species richness and diversity was only significant in the dry season. It was also observed that litter depth may influence the richness and diversity of ant species, as it is related to the availability of food resources and nesting for ant fauna.

Key words: agriculture, biodiversity, conservation.

1 INTRODUÇÃO

O clima, um conjunto formado por fenômenos meteorológicos, como a umidade relativa do ar, temperatura, precipitação e pressão atmosférica, afeta as formas de vida presentes nos ecossistemas em um dado local. Em uma região, o clima é o fator determinante para a riqueza de espécies, sendo que para Albuquerque e Diehl (2009), ambientes tropicais são altamente produtivos e, portanto, podem abrigar maior número de espécies de formigas. Ambientes com menor produtividade, com áreas abertas e não sombreadas, pastagens, campos e savanas, apresentam ninhos expostos ao sol ou ninhos subterrâneos, onde a temperatura pode ser controlada pela ação das formigas (KASPARI, 2000).

Na região dos trópicos quando ocorre uma alteração da estrutura e complexidade dos habitats, reduzindo a sua heterogeneidade, ocorre como consequência a perda da diversidade da fauna de formigas, porque a maior parte dessa comunidade está presente em diversos nichos ecológicos (BRUHL *et al.*, 2003). Quando há uniformidade nos ambientes, ocorre a redução de nichos ecológicos para a comunidade de formigas, o que diminui a sua riqueza (LOPES *et al.*, 2010).

Quando um ambiente possui uma estrutura vegetacional complexa, o habitat fornece uma disponibilidade de recursos locais o que é propício para a nidificação das espécies de formigas (SANTOS *et al.* 2012) e sendo mais heterogêneo aumenta a riqueza de espécies de formigas (ALMEIDA *et al.* 2007).

Santos *et al.* (2012) citaram que a frequência de formigas é maior quando há menores valores de precipitação e umidade do solo, e maiores valores da temperatura do ar. Com a diminuição significativa de precipitação, a umidade do solo diminui principalmente nas camadas superiores do solo, havendo também aumentos da temperatura do ar próximo do solo.

Nas florestas tropicais, a riqueza de espécies é maior que em ambientes mais homogêneos, monoculturas, campos, pastagens. Assim, os policultivos mantidos sem a utilização de pesticidas e com a manutenção da cobertura morta podem proporcionar condições para a existência de uma considerável biodiversidade nas áreas cultivadas, principalmente de artrópodes (GOMES *et al.*, 2013; ESTRADA, 2017).

O aumento da diversidade vegetal está relacionado ao incremento do número de nichos ecológicos e consequente propensão à existência de maior diversidade biológica (MARTINS *et al.*, 2011). A cobertura morta em áreas cultivadas e a serapilheira de ecossistemas naturais são fonte de recursos alimentares e de abrigo para inúmeras espécies (GOMES *et al.*, 2013; ESTRADA, 2017). Além disso, a aplicação de pesticidas elimina boa parte das espécies existentes nas áreas cultivadas, inclusive espécies benéficas para a produção agrícola (PINHEIRO & FREITAS, 2010). Variações de fatores ambientais como a temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade ao nível do solo também podem influenciar as comunidades bióticas nos agroecossistemas (MELO *et al.*, 2009; SOUZA, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2015).

Para avaliar a influência das características dos habitats, incluindo áreas cultivadas, sobre a biodiversidade podem ser utilizados bioindicadores (MARTINS *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2013). Nesse sentido, a fauna de formigas vem sendo amplamente utilizada como indicador biológico dos efeitos de alterações ocasionadas pelo ser humano no meio ambiente, por serem sensíveis aos impactos antrópicos (RIBAS *et al.*, 2012).

Ambientes que possuem maior riqueza e diversidade de espécies de formigas geralmente possuem maior biodiversidade de seres vivos em geral (OLIVEIRA *et al.*, 2016). As formigas são expressivamente comuns em florestas tropicais, apresentando ainda elevada

riqueza de espécies, principalmente nos ecossistemas naturais com maior complexidade estrutural (MARTINS *et al.*, 2011).

Assim, nesse capítulo o objetivo foi avaliar a influência de atributos ambientais de áreas cultivadas sobre a fauna de formigas, comprando ainda as assembleias de formigas dos agroecossistemas com a fauna de formigas de uma floresta nativa. As hipóteses testadas foram: áreas com maior heterogeneidade ambiental, relacionada com a composição da vegetação, apresentam maior riqueza e diversidade de espécies de formigas; e variáveis ambientais influenciam a riqueza, a diversidade e a composição da fauna de formigas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, também chamado de Fazendinha Agroecológica do Km 47, está situado no município de Seropédica, que pertence à Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. É uma área de 59 hectares (ha) (NEVES, 2005). Trata-se de uma área utilizada para a realização de atividades de ensino e pesquisa no campo da agroecologia. O SIPA apresenta diversas glebas cultivadas com espécies agrícolas de ciclo curto e de ciclo longo, como monoculturas ou em sistemas diversificados.

Para o desenvolvimento do estudo foram escolhidas três áreas de cultivo, e uma área de referência. A área um (A1), uma plantação de bananas (*Musa paradiisiaca* L.) dividida por vinhas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims), separando em cada 5 x 10 m as bananeiras, seu solo não é encoberto por serapilheira.

A área dois (A2), uma agrofloresta com culturas de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), banana (*Musa paradiisiaca* L.), cacau (*Theobroma cacao* L.), carambola (*Averrhoa carambola* L.), *Citrus* sp., coqueiro (*Cocos nucifera* Linn), guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake]), *Gliricidia sepium* (Jacq.) mamão (*Carica papaya* L.) e urucum (*Bixa orellana* L.), possui expressiva quantidade de serapilheira em sua superfície do solo.

A área três (A3), um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium* (Jacq.) e em seus corredores possuem serapilheira de origem pela queda das folhas e frutos do café e da arborização de *G. sepium* e com palha colocada como cobertura de matéria orgânica morta.

A área quatro (A4) um fragmento de Floresta Ombrófla Densa (8 ha) que está em estágio intermediário de sucessão secundária (GOMES *et al.* 2013), possui concentração heterogênea de árvores, com um bambuzal em seu interior, serapilheira em expressiva concentração no solo e menor à medida que se distancia do pasto adjacente, por conta da elevação presente do solo no ambiente, presença de região aberta e de arranha gato (*Acacia plumosa*), em áreas fechadas no local (Figura 1).

O clima é quente e úmido, classificado como tipo Cwa segundo a classificação de Köppen e a temperatura média é de 23,4 °C, sendo a média mínima mensal de 20,7°C (junho) e a máxima de 26,7°C (fevereiro) e a precipitação anual de 1225 mm, sendo menor em junho (31 mm) e maior em janeiro (195 mm) (EMBRAPA, 2016). O relevo é ondulado e os solos são classificados como Argissolos Vermelho-Amarelos e, mais comumente, Planossolos (NEVES *et al.*, 2005).

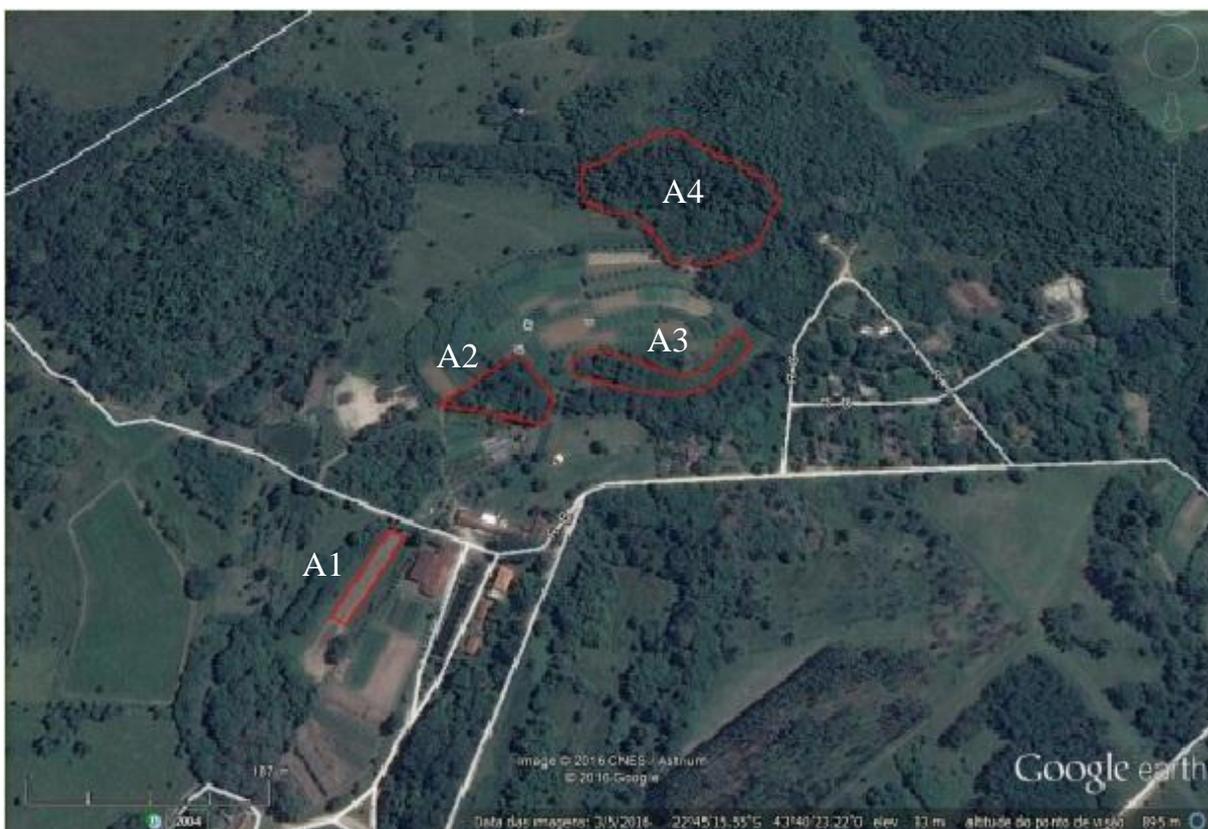


Figura 1. Mapa do Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica do Km 47, com as áreas de estudo marcadas em vermelho. Legendas: Bananal (A1), Agrofloresta (A2), Cafezal (A3) e Floresta Secundária (A4) Seropédica- Rio de Janeiro. Fonte: Google Earth

2.2 Coleta de Dados

A amostragem da fauna de formigas foi realizada durante o ano de 2017, nos meses de janeiro e fevereiro (estação chuvosa) e julho e agosto (estação seca) em quatro áreas no SIPA. Na amostragem foram utilizadas cinco unidades amostrais por área.

Cada unidade amostral de cada área foi constituída por três armadilhas de solo tipo *pitfall* e uma parcela de 1 m² onde foi extraída a serapilheira/ cobertura morta, que foi peneirada e alocada no extrator de Winkler, ambos permanecendo ativos por 48 horas. As armadilhas do mesmo bloco de amostragem distavam 1 m entre si e a distância entre blocos foi de 10 m. Para os *pitfalls* foram utilizados copos plásticos de 300 mL, contendo 100 mL de álcool 70% como líquido conservante (ALMEIDA *et al.*, 2007). As amostras foram triadas e as formigas fixadas em via seca para posterior identificação e depósito na Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima – CECL.

Para a identificação das formigas ao nível de gênero foram utilizadas chaves dicotômicas propostas em Baccaro *et al.* (2015). A identificação ao nível de espécie, quando possível, foi realizada pela utilização de chaves de identificação específicas para cada gênero e pela comparação com espécimes previamente identificados.

Como atributos ambientais foram obtidos, em cada ambiente estudado, a profundidade de cobertura morta/serapilheira e a temperatura do ar ao nível do solo. A profundidade de cobertura morta/serapilheira foi obtida com o auxílio de uma régua graduada nos quatro

pontos ao lado de cada bloco de amostragem. A temperatura do ar foi coletada com um Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro digital THAL-300, que foi alocado ao nível do solo e ao lado de cada bloco de amostragem.

2.3 Análise dos Dados

Para verificar o efeito do tipo de uso do solo (áreas cultivadas e floresta secundária - fatores) e das variáveis ambientais (temperatura do ar e profundidade de serapilheira - covariáveis) sobre a riqueza e diversidade de espécies de formigas foi utilizada a Análise de Covariância (ANCOVA). Foi utilizado o Índice de Diversidade de Shannon. A similaridade das assembleias de formigas foi avaliada, utilizando a ordenação multidimensional não métrica (NMDS), calculada com a dissimilaridade de Bray-Curtis, incluindo as variáveis ambientais na análise para obter a sua relação com a composição de espécies (HAMMER *et al.*, 2003). Em seguida, foram testadas as diferenças na composição de espécies de formigas entre amostras coletadas nas estações seca e chuvosa, usando um teste de permutação (10.000 permutações) com base em uma análise de semelhanças (ANOSIM) (CLARKE, 1993). Para o uso de testes estatísticos foram utilizados os programas Past 3.20 e Bioestat 5.3.

Para não sobrestimar espécies de formigas com sistemas mais eficientes de recrutamento e / ou aquelas cujas colônias estão mais próximas das armadilhas (GOTELLI *et al.* 2011), todas as análises utilizadas neste estudo foram calculadas sobre a frequência de ocorrência de espécies nas armadilhas e não baseando-se no número de formigas operárias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas no presente estudo 53 espécies, distribuídas nas subfamílias Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae e Pseudomyrmicinae, sendo Myrmicinae a mais representativa (Tabela 1). Os gêneros que apresentaram a maior riqueza de espécies foram *Pheidole*, *Pseudomyrmex* e *Strumigenys*.

Considerando o total das duas estações, a maior riqueza de espécies foi observada na agrofloresta (A2) (37 espécies), seguida do cafezal (A3) (31 espécies), floresta secundária (A4) (29 espécies) e plantação de bananas (A1) (28 espécies). A área que apresentou maior riqueza de espécies na estação chuvosa foi a agrofloresta e a que teve a menor riqueza de espécies foi, a plantação de bananas. Na estação seca, a maior riqueza de espécies foi registrada na cafezal e o menor número na agrofloresta e na plantação de bananas.

Tabela 1. Espécies de formigas presentes nas estações chuvosa e seca no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), KM 47 Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Estação chuvosa				Estação seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária
<i>Acropyga</i> sp.1 Roger, 1862			1					
<i>Anochetus mayri</i> Emery, 1884							1	
<i>Brachymyrmex</i> sp.1 Mayr, 1968	2		5	2	2		3	2
<i>Brachymyrmex</i> sp.2 Mayr, 1968	5	3	1				1	
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1962	2	3			1			
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	1	1			1		1	
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	3	1			1			1
<i>Crematogaster evallans</i> Forel, 1907	1	2	4		1		2	
<i>Cyphomyrmex</i> sp.1 Mayr, 1862	1		1	1	1		3	
<i>Cyphomyrmex</i> sp.2 Mayr, 1862				4				1
<i>Ectatomma brunneum</i> Smith, 1858	1	5	5	1	1	2	4	1
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863			1		2			
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908							3	
<i>Gnamptogenys moelleri</i> (Forel, 1912)	1	1		3		2		1
<i>Hypoponera distinguenda</i> (Emery, 1890)				1		2		
<i>Hypoponera</i> sp.1 Santschi, 1938						1		3
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	1	3						
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858)		2						

Continuação

Tabela 1. Espécies de formigas presentes nas estações chuvosa e seca no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), KM 47 Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Estação Chuvosa				Estação Seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária
<i>Labidus</i> sp.1 Jurine, 1807				1				
<i>Leptogenys</i> sp.1 Roger, 1861				1				
<i>Leptothorax</i> sp.1 Mayr, 1855			1					
<i>Linepithema humile</i> Mayr (1868)		5	2			5	4	
<i>Linepithema</i> sp.1 Mayr, 1866	1	3	1	4	1		1	5
<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		3	3	1		4	3	1
<i>Neoponera vilosa</i> (Fabricius, 1804)			1					
<i>Odontomachus bauri</i> Emery, 1892	2	4	4	1		4	5	2
<i>Odontomachus</i> sp.1 Latreille, 1804	1	1		3		1	1	4
<i>Oxyepoecus</i> sp.1 Santschi, 1926		1		3				2
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius 1904)		2		1		3		2
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1908				3				3
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	4		1		5			
<i>Pheidole</i> sp.1 Westwood, 1839	4	4	3	4	1	3		5
<i>Pheidole</i> sp.2	4	1			4			
<i>Pheidole</i> sp.3		3		1	2			
<i>Pheidole</i> sp.4	3	2	3	1	3		3	2
<i>Pheidole</i> sp.5			3	3			5	1
<i>Pheidole</i> sp.6	2		1			1	2	

Continuação

Tabela 1. Espécies de formigas presentes nas estações chuvosa e seca no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), KM 47 Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Estação Chuvosa				Estação Seca			
	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1 Lund, 1831		1		1				
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2						1		
<i>Pseudomyrmex</i> sp.3		1						
<i>Pseudomyrmex venustus</i> (Smith, 1858)		1						
<i>Sericomyrmex</i> sp.1 Mayr, 1865	1	4				3	1	
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1872	5	5	3	5	4	1	3	2
<i>Solenopsis</i> sp.1 Westwood, 1840	3	4	5	5	1	4	5	2
<i>Solenopsis</i> sp.2		3	1	5	1			2
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	3		4	4		4	4	2
<i>Strumigenys</i> sp.1 Emery, 1860						1		
<i>Strumigenys</i> sp.2		1	1					
<i>Strumigenys</i> sp.3		1	1		1			
<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i> Mayr, 1887			2			1		
<i>Trachymyrmex</i> sp1 Forel, 1893				2				
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	3	1	3		2	2	4	1
<i>Wasmannia</i> sp.1 Forel, 1893	1	2		2				2
Total de Espécies	24	31	26	26	19	19	21	22

Na estação chuvosa não houve diferença significativa entre a riqueza média obtida nas áreas com diferentes usos do solo (ANCOVA, $F_{2,20} = 1,261$; $P = 0,31$; Figura 2). A riqueza de espécies também não foi influenciada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,795$; $P = 0,39$) e pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,654$; $P = 0,43$). Por outro lado, na estação seca houve efeito do ambiente (ANCOVA, $F_{2,20} = 5,316$; $P = 0,01$; Figura 2) e da profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 9,471$; $P = 0,01$) sobre a riqueza de espécies de formigas, mas a temperatura do ar não influenciou significativamente a riqueza de espécies (ANCOVA, $F_{1,20} < 0,01$; $P > 0,05$).

Assim, a riqueza média de espécies nas duas estações do ano foi menor na plantação de bananas (A1), mas só houve diferença significativa entre as áreas na estação seca. O bananal apresentava-se como a área com menor complexidade estrutural e com reduzida cobertura do solo por serapilheira, sendo então um local menos propício para a ocorrência de uma elevada riqueza de espécies. Já a floresta secundária, por ser um fragmento florestal pequeno e em estágio intermediário de sucessão não suporta um número elevado de espécies de formigas (GOMES *et al.*, 2013). Os resultados também demonstram que áreas cultivadas com várias espécies sob o sistema orgânico podem possuir riqueza de espécies de formigas similares a de florestas secundárias que não estejam em estado avançado de regeneração

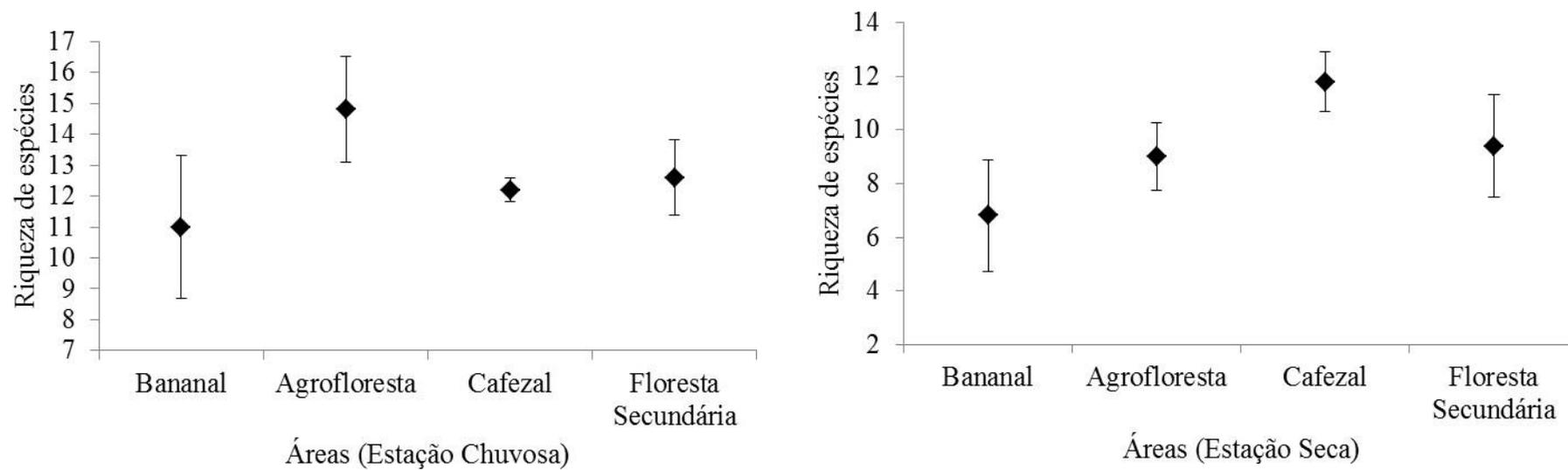


Figura 2. Riqueza média de espécies de formigas nas áreas com diferentes usos do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica Km 47 na estação chuvosa e seca - Seropédica, RJ, 2017.

Na análise do índice de diversidade, na estação chuvosa não houve diferença entre as médias obtidas nas áreas com diferente uso do solo (ANCOVA, $F_{2,20} = 0,848$; $P = 0,45$; Figura 3) e a diversidade também não foi influenciada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,415$; $P = 0,53$) ou pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} = 0,240$; $P = 0,63$). Na estação seca houve efeito do uso do solo sobre a diversidade de espécies (ANCOVA, $F_{2,20} = 4,732$; $P = 0,02$; Figura 3), sendo também influenciada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F_{1,20} = 6,310$; $P = 0,02$), mas não pela temperatura do ar (ANCOVA, $F_{1,20} < 0,01$; $P > 0,05$). A plantação de bananas apresentou os menores índices de diversidade de espécies, nas duas estações, apresentando diferença significativa com as demais áreas na estação seca.

Gallego (2005) mencionam que a composição e a estrutura de fazendas de policultura comercial e sem sombra, refletem a diversidade associada às formigas podendo chegar a serem controladoras biológicas chaves. À medida que, a composição e a estrutura da vegetação são mais complexas, a diversidade associada é maior.

A Mata nativa apresenta maior diversidade de espécies que monoculturas e práticas culturais modificam a composição e abundância de indivíduos da comunidade de formigas epigéicas (SANTOS *et al.* 2012). A inexistência de uma diferença significativa entre as áreas estudadas na estação chuvosa provavelmente ocorreu por ser uma estação com maior precipitação pluviométrica e radiação solar, que acarretam maior produção primária e, conseqüentemente, maior quantidade de recursos disponíveis para a fauna de formigas. Isso possibilita o aumento das populações de formigas, especialmente nas áreas mais simplificadas e pobres em recursos.

Carrascosa (2014) cita que o aumento da quantidade de recursos alimentares e estruturais proporcionam melhores condições para que uma maior riqueza de espécies de formigas consiga coexistir e que a relação da produtividade-biomassa e nichos ecológicos atua em conjunto e que regulam a riqueza de formigas, e que a quantidade de recursos exerce um papel mais determinante para a explicação da riqueza do que a heterogeneidade dos recursos. O aumento das populações das diferentes espécies de formigas proporciona maior facilidade de coleta das mesmas, pela existência de maior número de formigas operárias. As maiores temperaturas observadas na estação chuvosa, também podem facilitar a coleta das espécies de formigas por favorecer a ocorrência de maior tempo de forrageamento nessa época. Além disso, o aumento da disponibilidade de recursos também facilita a colonização das áreas, o que pode ser especialmente importante nas áreas com complexidade estrutural menor, a exemplo da plantação de bananas.

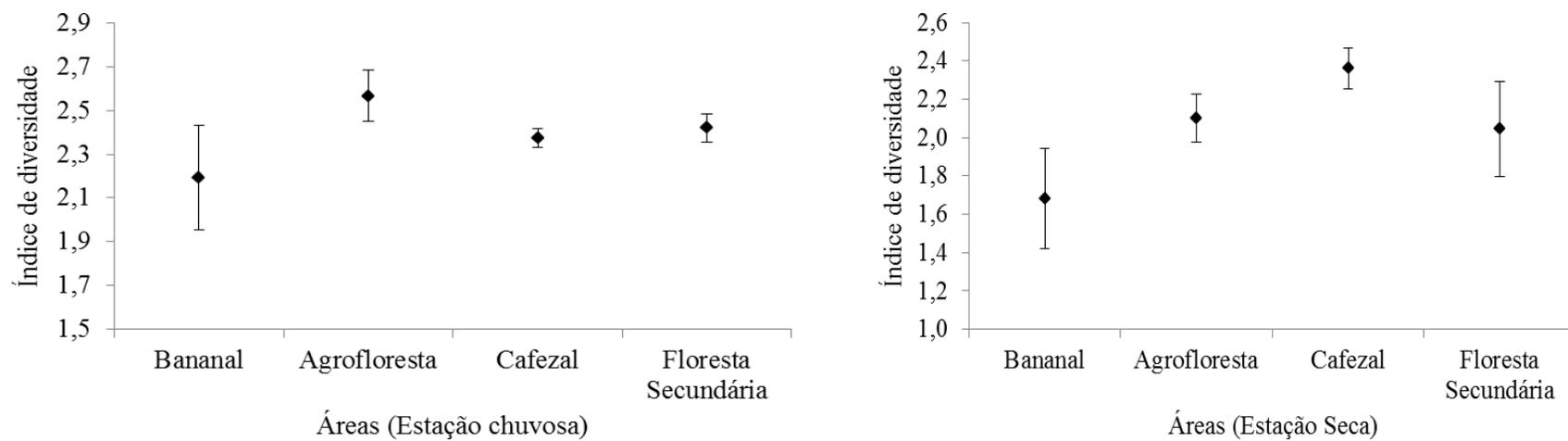


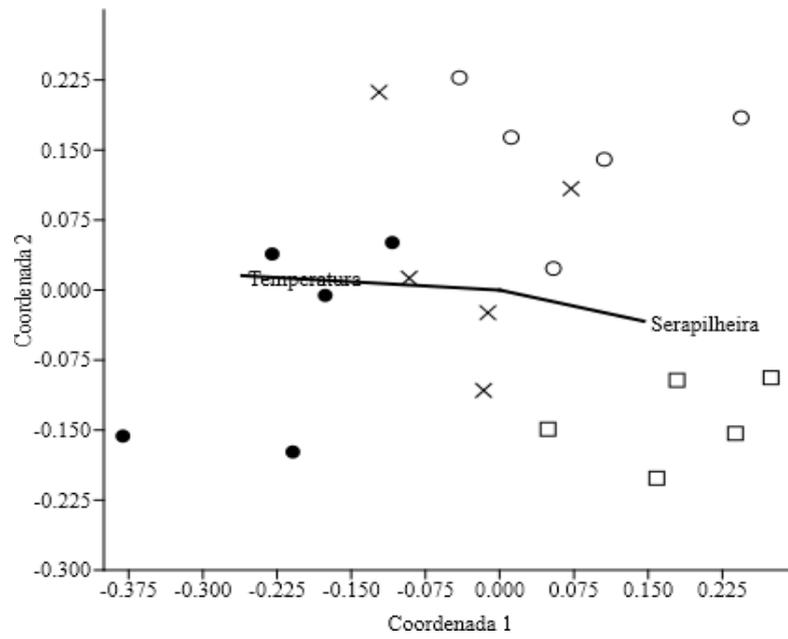
Figura 3. Índice de diversidade de espécies (Shannon) de formigas nas áreas com diferentes usos do solo no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Fazendinha Agroecológica Km 47 na estação chuvosa e seca - Seropédica, RJ, 2017.

Gomes *et al.* (2013) citaram que florestas nativas são essenciais para a conservação de formigas, por serem espacialmente mais heterogêneas, ofertando maior variedade de recursos e condições ambientais para as espécies e que, a simplificação mais extrema do ambiente, observada em pastagens, é prejudicial para a conservação da biodiversidade de formigas. Os cultivos agrícolas podem prejudicar menos a fauna desde que sejam mais diversificados, como é o caso dos sistemas agroflorestais. Essa última hipótese pode demonstrar que condições ambientais favoráveis e o aumento de produção primária podem elevar a riqueza e a diversidade de espécies em habitats simplificados, fazendo que se assemelhem aos valores observados em áreas com maior complexidade estrutural.

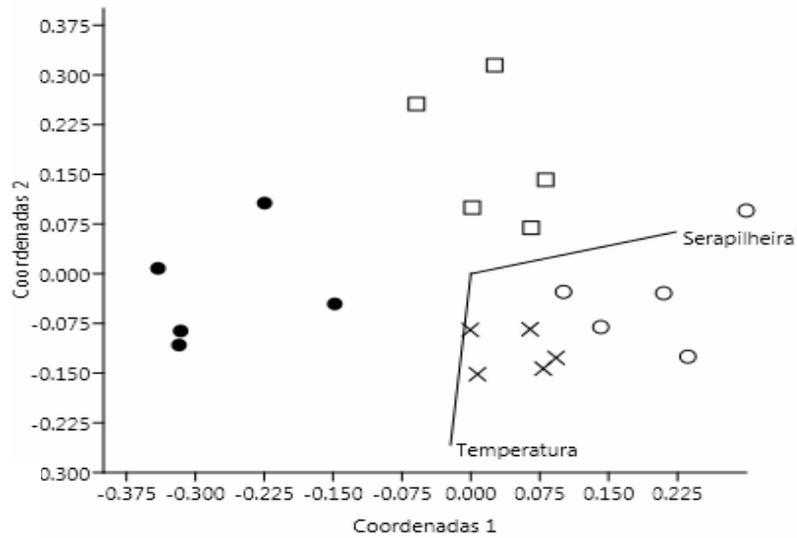
Não ocorreu uma variação expressiva na diversidade e riqueza de espécies, nas estações do presente estudo no cafezal (A3). No decorrer da estação seca, o cafezal apresentou floração, aumentando a disponibilidade de recursos para a fauna de formigas, podendo ser a causa da pequena variação na riqueza e diversidade de espécies de formigas entre as estações do ano. Em termos de variação do ambiente, a serapilheira apresentou influencia sob a diversidade, supondo que isso seja pela floração no local ocorrido nos meses de Julho e Agosto, fazendo com que sejam maiores os recursos presentes para a fauna de formigas.

Perfecto (1995) menciona a influencia da disponibilidade de recursos sobre a diversidade, riqueza e composição de formigas em áreas de cultivo, mas também Perfecto *et al.* (2012) apontam que em períodos de floração e frutificação em épocas com climas desfavoráveis para a fauna de formigas, podem manter a riqueza e composição de espécies específicas em áreas cultivadas, corroborando os presentes resultados.

Na estação chuvosa houve efeito significativo do tipo de uso do solo sobre a composição de espécies de formigas (ANOSIM, $R = 0,786$, $P < 0,01$; Figura 4), Na comparação par a par todas as diferenças foram significativas. Houve diferença entre a plantação de bananas e a agrofloresta ($R = 0,674$, $p < 0,01$), o cafezal ($R = 0,716$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,94$, $p < 0,01$). Também houve diferença entre a agrofloresta e o cafezal ($R = 0,792$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,834$, $p < 0,01$) e entre o cafezal e a floresta secundária ($R = 0,816$, $p < 0,01$). Na estação seca o efeito do tipo de uso do solo sobre a composição de espécies de formigas também foi significativo (ANOSIM, $R = 0,676$, $P < 0,01$), Além disso, nessa estação todas as diferenças também foram significativas, entre a plantação de bananas e a agrofloresta ($R = 0,712$, $p < 0,01$), o cafezal ($R = 0,796$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,482$, $p < 0,01$). Houve diferença entre a agrofloresta e o cafezal ($R = 0,594$, $p < 0,01$) e a floresta secundária ($R = 0,642$, $p < 0,01$) e ainda entre o cafezal e a floresta secundária ($R = 0,848$, $p < 0,01$).



A



B

Figura 4. Ordenação Multidimensional Não Métrica (NMDS) para a composição de espécies de formigas nas áreas de estudo na estação chuvosa (A) e na estação seca (B) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica-SIPA, Fazendinha Agroecológica, Km-47, Seropédica, Rio de Janeiro. Nota: ● - Bananal; ○ - Agrofloresta; x - Cafezal; □ - Mata Secundária.

Na estação chuvosa, a serapilheira esteve ligada principalmente com a riqueza de espécies de formigas na floresta secundária e a temperatura do ar, na plantação de bananas. Na estação oposta, a serapilheira e a temperatura estiveram presentes influenciando a riqueza de espécies de formigas nas áreas da agroflorestal e do cafezal.

Desse modo, levantamos a hipótese, que as diferenças nas condições ambientais observadas nas áreas com diferente uso do solo, afetaram significativamente a riqueza e a diversidade espécies de formigas. Geralmente, formigas especialistas são mais exigentes em relação à diversidade de recursos disponíveis, por exemplo. Tais espécies têm maior facilidade para colonizar áreas com maior diversidade de recursos. Por outro lado, ambientes mais simplificados podem favorecer formigas generalistas e espécies oportunistas.

4 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, nas áreas cultivadas, o aumento da heterogeneidade estrutural do ambiente pode acarretar maior riqueza e diversidade de espécies de formigas, além de mudanças na composição de espécies. Contudo, essa variação na riqueza e diversidade de espécies somente foi constatada na estação seca.

Também foi observado que na estação seca a profundidade de serapilheira influenciou a frequência das espécies de formigas, por estar relacionada com a disponibilidade de recursos alimentares e de nidificação para a fauna de formigas. Assim, a manutenção da serapilheira/cobertura morta em plantios agrícolas pode favorecer a presença de uma maior diversidade de formigas essas áreas.

Os resultados também demonstram que a fauna de formigas é um grupo de organismos adequado para estudos que visem avaliar a variação da diversidade biológica em áreas com diferentes uso do solo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. D. & DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(3), 398-403. 2009.

ALMEIDA, F.S.; QUEIROZ, J.M.; MAYHE-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.34-44, 2007.

AZEVEDO, F. R., MOURA, M. A. R., ARRAIS, M. S. B., & NERE, D. R. Composição da etnomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. **Revista Ceres**, Vicosa, v. 58 n. 6, p. 740-748, Dec. 2015.

BACCARO, F.B.; FEITOSA, R.M.; FERNANDES, F.; FERNANDES, I.O.; IZZO, T.J. ; SOUZA, J.L.P.; SOLAR, R. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. Manaus: INPA, 2015. 388p.

BRÜHL, C. A.; ELTZ, T.; LINSENMAYER, K. E. Size does matter—effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity & Conservation**, v. 12, n. 7, p. 1371-1389, 2003.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian journal of ecology**, v. 18, n. 1, p. 117-143, 1993.

ESTRADA, M.E. **A diversidade e o papel da fauna de formigas em áreas agrícolas submetidas ao cultivo orgânico e convencional**. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

GALLEGO, M. C. Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies de hormigas generalistas. **Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle**, v. 6, n. 2, p. 16-29, 2005.

GOMES, D.S.; ALMEIDA, F.S.; VARGAS, A.B.; QUEIROZ, J.M. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. **Iheringia Série Zoologia**, v. 103, p. 104-109, 2013.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Estimating species richness. **Biological diversity: frontiers in measurement and assessment**, v. 12, p. 39-54, 2011.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **Paleontological Statistics – PAST**. 2003. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em: 08 janeiro 2017.

KASPARI, M. A primer on ant ecology, p. 9–24. In: D. AGOSTI, J. D. MAJER, L. E. ALONSO & T. R. Schultz (eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, Smithsonian Institution Press, xix + 280 p, 2000.

LOPES, D. T., LOPES, J., NASCIMENTO, I. C. D., & DELABIE, J. H. C. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. **Iheringia Série Zoologia**, 100(1), 84-90. 2010.

MARTINS, L.; ALMEIDA, F.S.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; VARGAS, A.B. Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, n.2, p.174-179, 2011.

MELO, F. V. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Biologia do Solo. Boletim Informativo da SBCS**. jan.-abr. 2009.

NEVES, M.C.P.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, S.R.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L. Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do km 47. In: AQUINO A.; ASSIS, R. L. (Org.). **Agroecologia: princípios e técnica para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa-Informação Tecnológica. p.147-172. 2005.

OLIVEIRA, I. R. P., FERREIRA, A. N., JÚNIOR, V., BARBOSA, A., DANTAS, J. O., SANTOS, M. J. C. D., & RIBEIRO, M. J. B.. Diversidade de formigas (Hymenoptera; Formicidae) edáficas em três estágios sucessionais de Mata Atlântica em São Cristóvão, Sergipe. *Agroflorestalis News*, São Cristóvão, v. 1, n.1, p. 48-58, set., 2016.

PERFECTO, I., RICE, R. A., GREENBERG, R., & VAN der VOORT, M. E. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity: shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. **BioScience**, v. 46, n. 8, p. 598-608, 1996.

PINHEIRO, J.N.; FREITAS, B.M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, v.14, n.1, p.266-281, 2010.

RIBAS, C.R. CAMPOS, R.B.F.; SCHMIDT, F.A.; SOLAR, R.R.C. Ants as Indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche**, ID 636749, p.1-23, 2012.

SANTOS, M. P.C.J; CARRANO-MOREIRA, A. F.; TORRES, J. B. Diversidade de formigas epigeicas (Hymenoptera: Formicidae) em floresta ombrófila densa e em cultivo de cana-de-açúcar, no município de Igarassu, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, 2012.

SOUZA, K. K. F. DE. **Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epigéicas em áreas de plantios de *Pinus sp.*, Mata nativa e pastagens**. CURITIBA, p 13-93, 2010.

VIANA, V. M., & PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, 12(32), 25-42, 1998.

WILSON, E. O. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. **Biotropica**, 245-251. 1987.

CAPÍTULO II

INTERAÇÕES DA FAUNA DE FORMIGAS EM ÁREAS SOB CULTIVO ORGÂNICO

RESUMO

O objetivo desse estudo foi identificar e quantificar as interações ecológicas envolvendo formigas em agroecossistemas sob a influência dos efeitos da heterogeneidade ambiental, discutindo-se o papel desempenhado pela fauna de formigas nos agroecossistemas. Em cada ambiente estudado foram demarcados três transectos de 10 m x 2 m, onde eram observadas e contabilizadas todas as atividades e interações ecológicas envolvendo formigas, em quatro áreas: uma plantação de bananas (*Musa paradiisiaca* L.) dividida por vinhas de maracujá (*Passiflora edulis* Sims); uma agrofloresta; um cafezal (*Coffea conephora* Pierre) sombreado com *Gliricidia sepium* (Jacq.); e uma Floresta Ombrófila Densa. Foram coletadas no total de 30 espécies de formigas, sendo a maior riqueza de espécies observada na agrofloresta e a menor no cafezal. Não houve diferença significativa entre o número médio de espécies de formigas coletadas nas áreas com diferentes usos do solo ou efeito de variáveis ambientais. A agrofloresta foi o ambiente onde ocorreu a maior variabilidade de atividades de formigas. A maioria das atividades das formigas foi classificada como potencialmente benéficas para as plantas cultivadas (68,75% das atividades). As atividades consideradas potencialmente prejudiciais foram minoria (31,25%). Com base nos resultados do presente estudo é possível afirmar que a fauna de formigas participa de diversas interações ecológicas úteis para o desenvolvimento de atividades agrícolas, em diferentes sistemas de plantio. Contudo, houve interações negativas como a associação mutualística com outras ordens de insetos que são potenciais pragas fitossanitárias, além da atividade de formigas cortadeiras, por exemplo, *Atta sexdens rubropilosa*. Concluiu-se que a agrofloresta é a que obteve maior atividade e interações ecológicas da fauna de formigas.

Palavras-chave: controle biológico, mutualismo, predação.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify and quantify the ecological interactions involving ants in agroecosystems under the influence of environmental heterogeneity, discussing the role played by ant fauna in agroecosystems. In each environment, three transects of 10 mx 2 m were demarcated, where all activities and ecological interactions involving ants were observed in four areas: a banana (*Musa paradiasiaca* L.) plantation divided by passion fruit vines (*Passiflora edulis* Sims); an agroforest; a coffee tree (*Coffea conephora* Pierre) shaded with *Gliricidia sepium* (Jacq.); and a Dense Ombrophilous Forest. A total of 30 species of ants were collected, the highest species richness being observed in the agroforestry and the lowest in the coffee plantation. There was no significant difference between the average number of ant species collected in the areas with different soil uses or the effect of environmental variables. Agroforestry was the environment where the greatest variability of ant activities occurred. Most of the activities of the ants were classified as potentially beneficial to the cultivated plants (68.75% of activities). The activities considered potentially harmful were minority (31.25%). Based on the results of the present study it is possible to state that the ant fauna participates in several ecological interactions useful for the development of agricultural activities in different planting systems. However, there were negative interactions such as the mutual association with other orders of insects that are potential phytosanitary pests, besides the activity of leaf-cutting ants, for example, *Atta sexdens rubropilosa*. It was concluded that the agroforest is the one that obtained the greatest activity and ecological interactions of the fauna of ants.

Key words: biological control, mutualism, predation.

1 INTRODUÇÃO

A proteção da biodiversidade global é uma das questões mais importantes da atualidade, tendo em vista as dificuldades surgidas pela perda de serviços ecossistêmicos advindos das elevadas taxas de extinção que vem ocorrendo (PIMM *et al.*, 2014). Os conceitos modernos, em geral, determinam que a biodiversidade seja composta por diferentes níveis de complexidade da vida (ALMEIDA & VARGAS, 2017). Mas, os estudos que visam descrever a diversidade biológica de um local frequentemente abordam somente a riqueza de espécies que existem na área, sem incluir a diversidade genética, de ecossistemas e as interações ecológicas (MARINHO *et al.* 2002; PERES, VERCILLO & SOUZA DIAS, 2011; RODRIGUES *et al.* 2016).

Avaliar as interações ecológicas existentes em uma área é fundamental para a criação de estratégias que visem à manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e também para a utilização de interações que sejam úteis para as atividades humanas, incluindo aquelas úteis para a produção agrícola (ESTRADA, 2017).

A estrutura dos agroecossistemas influencia a composição das assembleias de formigas e, conseqüentemente, as interações ecológicas das quais fazem parte (RODRIGUES *et al.* 2008; SILVA, 2012). Em áreas de cultivo orgânico diversas interações ecológicas podem ser mais frequentes que em cultivos convencionais, em função da não utilização de defensivos químicos agrícolas altamente prejudiciais à biota e aos tratos culturais, geralmente, serem menos invasivos que os adotados em cultivos convencionais (QUEIROZ *et al.* 2006).

Além disso, os cultivos orgânicos possuem, muitas vezes, maior riqueza de espécies cultivadas e os agricultores mantem a cobertura morta sobre o solo, o que também pode potencializar a ocorrência de interação predador/presa, competição e mutualismo (HETCH, 1989; OLIVEIRA, 2013). Assim, a disponibilidade de nichos ecológicos tende a ser maior em cultivos orgânicos. Essas características dos cultivos orgânicos tornam essas áreas interessantes para a realização de estudos sobre interações ecológicas envolvendo formigas. Além disso, potencializar interações ecológicas úteis para a produção agrícola é especialmente importante em áreas cultivadas em que a aplicação de defensivos agrícolas é limitada (ESTRADA, 2017).

As formigas são insetos que apresentam várias interações ecológicas úteis aos agroecossistemas (QUEIROZ *et al.* 2006). Embora existam espécies que cortam folhas ou outras partes de plantas cultivadas e assim causam a redução da produção agrícola e perdas econômicas (FUJIHARA *et al.* 2013; CANTARELLI *et al.*, 2008; FORTI, 2000,), a grande maioria das espécies de formigas apresentam outras funções que podem ser benéficas aos cultivos (FILMANN & STERLING, 1983). A fauna de formigas contribui, por exemplo, para a ciclagem de nutrientes do solo e para a redução de populações de espécies praga, através da predação (WILSON 1987; HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). Apesar do importante papel das formigas nas áreas cultivadas, existem poucos estudos sobre as interações ecológicas desses insetos nos agroecossistemas, principalmente em áreas sob manejo orgânico.

Desse modo, o objetivo desse estudo foi identificar e quantificar as interações ecológicas envolvendo formigas em agroecossistemas sob a influência dos efeitos da heterogeneidade ambiental, discutindo-se o papel desempenhado pela fauna de formigas em agroecossistemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Mesma área de estudo apresentada no Capítulo I, seção 2 Material e Métodos da página 09, deste trabalho.

2.2 Coleta de Dados

Em cada ambiente estudado foram demarcados três transectos de 10 m x 2 m, onde eram observadas e contabilizadas nas estações chuvosa (janeiro e fevereiro de 2017) e seca (julho e agosto de 2017) todas as atividades e interações ecológicas envolvendo formigas e o extrato onde as interações foram visualizadas (sobre o solo ou sobre plantas). Durante a vistoria dos transectos de cada área, todas as formigas avistadas foram coletadas manualmente e quando apresentadas interações ecológicas, estas eram analisadas e registradas. Na amostragem das interações foram feitas cinco observações por área em cada mês respectivamente, onde realizou-se em cada período a vistoria de forma alternada percorrendo o transecto no período de 07h às 12h.

Quando encontrada, cada formiga era observada, obtendo-se o tipo de atividade que estava executando e, inclusive, observando se estava participando de alguma interação ecológica. As plantas presentes nos transectos foram vistoriadas do nível do solo até a altura de 1,8 m. Exemplares das formigas e dos demais artrópodes envolvidos nas interações foram coletados e mantidos em recipientes com álcool 70%, para posterior identificação no laboratório. As plantas, frutos e sementes que foram utilizadas pelas formigas foram identificados sempre que possível. Em cada amostragem foram obtidas a profundidade de serapilheira, a temperatura do ar e a luminosidade com o uso do Termo-Higro Anemômetro-Luxímetro digital THAL-300.

2.3 Análise dos Dados

Foi obtida uma lista de espécies de formigas que ocorrem nos ambientes estudados e uma lista de suas atividades, incluindo suas interações ecológicas. As atividades foram divididas em benéficas, como para formigas que desempenham a ação de proteção contra herbívoros, e prejudiciais para formigas que causam desfolhação, proteção e mirmecofilia para insetos fitófagos. A comparação da riqueza de espécies entre ambientes foi realizada com a Análise de Covariância (ANCOVA), com as variáveis ambientais (temperatura do ar, luminosidade e a profundidade de serapilheira) como covariáveis. Para os testes estatísticos foram utilizados os aplicativos Past 3.20 e Bioestat 5.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas o total de 30 espécies de formigas, sendo a maior riqueza de espécies observada na agrofloresta e a menor no cafezal (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies de formigas coletadas em áreas com diferentes usos do solo, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Espécies	Bananal	Agrofloresta	Cafezal	Floresta Secundária
<i>Atta sexdens rubropilosa</i>	X		X	X
<i>Camponotus crassus</i>	X	X	X	
<i>Camponotus melanoticus</i>	X			
<i>Camponotus novogranadensis</i>		X		X
<i>Camponotus rufipes</i>		X		
<i>Cephalotes atratus</i>	X			
<i>Cephalotes pusilus</i>	X	X		
<i>Crematogaster evallans</i>	X	X	X	
<i>Crematogaster</i> sp.1	X	X		
<i>Ectatomma brunneum</i>		X		
<i>Ectatomma permagnum</i>				X
<i>Gnamptogenys moelleri</i>		X		X
<i>Labidus coecus</i>		X		
<i>Labidus praedator</i>		X		
<i>Leptothorax</i> sp.	X			
<i>Linepithema humile</i>		X		
<i>Linepithema</i> sp.2		X		
<i>Mycocepurus</i> sp.1		X		X
<i>Neoponera vilosa</i>		X		
<i>Odontomachus bauri</i>		X		
<i>Odontomachus</i> sp.1			X	X
<i>Pachycondyla striata</i>				X
<i>Pheidole</i> sp.2	X	X		
<i>Pheidole</i> sp.6	X			
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1		X		
<i>Pseudomyrmex</i> sp.2		X		
<i>Sericomyrmex</i> sp.1	X	X		
<i>Solenopsis invicta</i>	X			
<i>Solenopsis</i> sp.2		X		
<i>Trachymyrmex</i> sp.1		X		
Riqueza de espécies	12	21	4	7

Não houve diferença significativa entre o número médio de espécies de formigas coletadas nas áreas com diferentes usos do solo (ANCOVA, $F= 2,741$; $P = 0,15$; Figura 5). A riqueza de espécies não foi afetada pela profundidade de serapilheira (ANCOVA, $F= 1,680$; P

= 0,25), temperatura do ar (ANCOVA, $F = 0,115$; $P = 0,75$) e luminosidade (ANCOVA, $F = 0,568$; $P = 0,49$). Embora a complexidade estrutural dos habitats e as outras variáveis ambientais tipicamente influenciem a riqueza de espécies de formigas (VARGAS et al., 2007; MARTINS et al., 2011), não foi possível constatar tais efeitos no presente estudo.

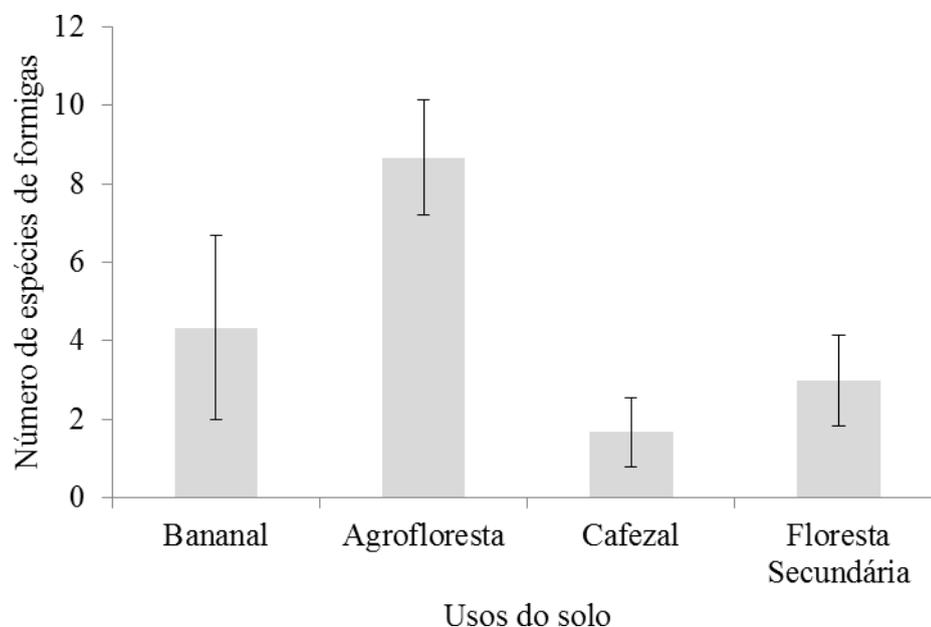


Figura 5. Número médio de espécies de formigas em áreas com diferentes usos do solo, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

A maioria das atividades das formigas observadas foi classificada como potencialmente benéficas para as plantas cultivadas (Tabela 3). As atividades de forrageamento sobre as plantas foram classificadas como potencialmente benéfica para os cultivos, pelas formigas provavelmente predarem espécies de herbívoros sobre as plantas. De fato, foram observadas formigas predando herbívoros no presente estudo. Por outro lado, também foram observadas interações entre formigas e hemípteros fitófagos e formigas-cortadeiras carregando folhas. No caso da interação entre formigas e insetos sugadores, geralmente constitui-se em um mutualismo, onde as formigas se alimentam das fezes açucaradas dos hemípteros e, em contra partida, as formigas protegem os insetos sugadores de inimigos naturais.

Tabela 3. Atividades executadas pelas espécies de formiga em áreas com diferentes usos do solo e a sua classificação, benéfica, prejudicial para as plantas cultivadas, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Área	Espécie de formiga	Atividade	Classificação da atividade	
			Benéfica	Prejudicial
Bananal	<i>Pheidole</i> sp6	FORAGEANDO sobre maracujá	X	
	<i>Pheidole</i> sp6	Predando e carregando anelídeo		X
	<i>Crematogaster evallans</i>	FORAGEANDO sobre bananeira	X	
	<i>Crematogaster evallans</i>	FORAGEANDO sobre maracujá	X	
	<i>Pheidole</i> sp2	Predando (presa não identificada)	X	
Agrofloresta	<i>Camponotus novogranadensis</i>	Alimentando de secreção por Cochonilha		X
	<i>Camponotus novogranadensis</i>	FORAGEANDO sobre gliricídia	X	
	<i>Cephalotes pusillus</i>	Interagindo com cochonilhas		X
	<i>Mycocepurus</i> sp1	Carregando material vegetal não identificado	X	
	<i>Neoponera vilosa</i>	FORAGEANDO sobre gliricídia	X	
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	FORAGEIO em Gliricídia	X	
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	FORAGEANDO sobre palmeira	X	
Cafezal	<i>Camponotus crassus</i>	Interagindo com pulgão		X
	<i>Camponotus crassus</i>	FORAGEANDO sobre planta de café	X	
Floresta Secundária	<i>Atta sexdens rubropilosa</i>	Carregando flores de espécie não identificada		X
	<i>Pachycondyla striata</i>	Predando e carregando lagarta	X	

3.1 Papéis da fauna de formigas em áreas cultivadas

O gênero com maior riqueza de espécies foi *Camponotus* (quatro espécies), sendo coletado em todas as áreas do estudo e nos dois estratos (sobre o solo e plantas). Espécies do gênero *Camponotus* são geralmente onívoras e nidificam e forrageiam sobre solo e plantas (BACCARO *et al.*, 2015). Podem se associar a hemípteros fitófagos que são pragas agrícolas, favorecendo o crescimento populacional dos insetos sugadores (FLEIG, 2011), mas também atuam como predadores de outros insetos (SANTOS & RESENDE, 1996).

Estas formigas são frequentes em áreas cultivadas (ALMEIDA *et al.* 2007). As espécies *C. crassus* e *C. rufipes*, quando presentes na espécie *Caryocar brasiliense* evitam a oviposição por borboletas (SENDOYA *et al.* 2009). Espécies deste gênero são consideradas protetoras contra herbivoria (OLIVEIRA *et al.* 1987, OLIVEIRA & BRANDÃO, 1991). Damon & Perez-Soriano (2005) mencionam que *C. novogranadensis* defendem plantas com nectários extraflorais e se alimentam de fezes açucaradas de hemípteros sugadores (LETOURNEAU & CHOE, 1987).

Atta sexdens rubropilosa (saúva-limão) é uma das principais pragas agrícolas no Brasil por serem desfolhadoras de várias culturas (DELLA LUCIA, 2003). Além dessa interação negativa com as plantas, as saúvas cultivam fungos para a sua alimentação e já foram observadas em competição com outras espécies de formigas. Fujihara *et al.* (2013) mencionam que elas exigem elevada quantidade de material vegetal, utilizando plantas em todas as fases de desenvolvimento e sob vasta distribuição geográfica. Essa espécie provavelmente não foi observada na agrofloreza pela sua preferência por locais abertos (ZANETTI *et al.*, 2014)

Formigas dos gêneros *Mycocepurus* e *Trachymyrmex* também são cultivadoras de fungos, mas geralmente não são consideradas como pragas agrícolas. *Cephalotes* é um gênero de formigas tipicamente arborícolas, mas que também podem ser observadas forrageando sobre o solo, como observado no presente estudo, e são onívoras (BACCARO *et al.*, 2015). Sendoya *et al.* (2009), Byk e Del-Claro (2010) mencionam que não contribui para a proteção de plantas, pois diminuem a fertilização pelo consumo de pólen e não atacam agentes herbívoros. Formigas do gênero *Crematogaster* também forrageiam frequentemente sobre plantas (FELDHARR *et al.* 2016) e são onívoras-detritívoras, incluindo a espécie *Crematogaster evallans* Forel 1907 (SILVESTRE & SILVA, 2002)

O gênero *Pheidole* apresenta 1003 espécies conhecidas pela ciência e essa elevada diversidade taxonômica no mundo acarreta em grande diversidade local, pois geralmente é o gênero com maior riqueza de espécies em levantamentos da fauna de formigas brasileira (FERREIRA, 2016). Como a maioria das formigas, as do gênero *Pheidole* geralmente são onívoras. Esse gênero, juntamente com *Crematogaster* e *Solenopsis*, está entre os mais comuns predadores de pragas do algodoeiro (BASTOS *et al.*, 2005).

O gênero *Solenopsis* apresenta formigas com hábitos alimentares e de nidificação variados, embora forrageiem e formem seus ninhos principalmente na interface solo-serapilheira (ALMEIDA *et al.*, 2007; GOMES *et al.*, 2013). São recrutadoras eficazes e predadoras vorazes, principalmente de outros insetos. Muitos ninhos da espécie *Solenopsis invicta* (formiga lava-pés) são encontrados no SIPA (ALMEIDA *et al.*, 2007) e sabe-se que é predadora de várias espécies de insetos praga em áreas agrícolas (EUBANKS, 2001).

O gênero *Labidus*, cujos indivíduos são chamados vulgarmente de formigas decorreição, são vorazes predadoras que forrageiam principalmente sobre o solo.

As espécies da subfamília Ponerinae, *Pachycondyla striata*, *Neoponera villosa* e *Odontomachus bauri* são predadoras que se alimentam principalmente de outros artrópodes, contudo consomem partes nutritivas de sementes e frutos, inclusive dispersam sementes na Mata Atlântica (GIANOTTI & MACHADO, 2012; ALMEIDA *et al.* 2013; AMARAL *et al.* 2017).

As espécies do gênero *Pseudomyrmex*, são arborícolas, nidificando e forrageando sobre plantas em sua grande maioria, inclusive pode proteger as plantas de herbivoria e se alimentam de substâncias secretadas por nectários extraflorais (HEIL *et al.* 2014). Gonzalez – González-Teuber & Heil (2010) apresentaram que o mutualismo de formigas do gênero *Pseudomyrmex ferruginea* Smith com acácia, combate ameaças microbianas.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente estudo é possível afirmar que a fauna de formigas participa de diversas interações ecológicas úteis para o desenvolvimento de atividades agrícolas, em diferentes sistemas de plantio. Contudo, houve interações negativas como a associação mutualística com outros ordens de insetos que são pragas fitossanitárias, além da atividade de formigas-cortadeiras, por exemplo, *Atta sexdens rubropilosa*. Pode-se concluir que a agrofloresta é a que obteve maior atividade e interações ecológicas da fauna de formigas, por se tratar de uma área com maior quantidade de recursos alimentares distribuídos ao longo das estações chuvosa e seca.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S.; MAYHE-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M. The Importance of Poneromorph Ants for Seed Dispersal in Altered Environments. **Sociobiology**, v. 60, p. 229-235, 2013.

ALMEIDA, F.S.; QUEIROZ, J. M. ; MAYHE-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. 34-44, 2007.

ALMEIDA, F.S.; VARGAS, A.B. Bases para a gestão da biodiversidade e o papel do Gestor Ambiental. **Diversidade e Gestão**, v.1, p.10-32, 2017.

AMARAL, G. C.; VARGAS, A. B.; ALMEIDA, F. S. Forrageio diurno de *Odontomachus bauri* Emery (Hymenoptera: Formicidae) em plantio de *Eucalyptus* sp. no município de Volta Redonda-RJ. **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 3, p. 143-147, 2017.

BACCARO, F.B.; FEITOSA, R.M.; FERNANDEZ, F.; FERNANDES, I.O.; IZZO, T.J.; SOUZA, J.L.P. DE; SOLAR, R. Guia para os gêneros das formigas do Brasil. **Editora Inpa**. Manaus, 2015.

BASTOS, C. S.; TORRES, J. B. Controle biológico e o manejo de pragas do algodoeiro. Embrapa Algodão-Circular **Técnica (INFOTECA-E)**, 2005.

BYK, J.; DEL-CLARO, K. Nectar- and pollen-gathering *Cephalotes* ants provide no protection against herbivory: a new manipulative experiment to test ant protective capabilities. **Acta Ethologica**, v.13, n.1, p. 33–38, 2010.

DAMON, A.; PÉREZ-SORIANO, M.A. Interaction between ants and orchids in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. **Entomotropica**, v.20, n.1, p.59-65, 2005.

DELLA LUCIA, M.T.C. Hormigas de Importancia Económica em la Región Neotropical. In: Fernandez F, editor. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Acta Noturna, Bogotá, Colombia. p.p 337. 2003.

ESTRADA, M.E. **A diversidade e o papel da fauna de formigas em áreas agrícolas submetidas ao cultivo orgânico e convencional**. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.

EUBANKS, M.D. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control**, v.21, p.35-43, 2001.

FELDHAAAR, Heike; MASCHWITZ, Ulrich; FIALA, Brigitte. Taxonomic Revision of the Obligate Plant-Ants of the Genus *Crematogaster* Lund (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae), Associated with *Macaranga Thouars* (Euphorbiaceae) on Borneo and the Malay Peninsula. **Sociobiology**, v. 63, n. 1, p. 651-681, 2016.

FERREIRA, A.C. **O Gênero Pheidole (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) no Paraná: Levantamento e delimitação de espécies**. PósGraduação em Ciências Biológicas (Mestrado) Universidade Federal do Paraná. 387p., 2016.

FILLMAN, D. A.; STERLING, W. L. Killing power of the red imported fire ant [Hym.: Formicidae]: a key predator of the boll weevil [Col.: Curculionidae]. **Entomophaga**, v. 28, n. 4, p. 339-344, 1983.

FLEIG, E.D. **Estudo da interação entre a formiga *Camponotus punctulatus* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) e o pulgão-preto-dos-citros *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae)**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre-RS, 2011.

FORTI, L.C. Se o produtor vacilar, o exército das formigas invade a lavoura. **Revista Granja**, n.56, p.12-17, 2000.

FUJIHARA, R. T.; DE SOUZA SILVA, M.; FORTI, L. C. Manejo de Formigas Cortadeiras. In: BALDIN, E. LL; FUJIHARA, R. T.; SOUZA, A. **Tópicos Especiais em Proteção de Plantas**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. 1a ed. Botucatu-SP. 164p. 2013.

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

GOMES, D.S.; ALMEIDA, F.S.; VARGAS, A.B.; QUEIROZ, J.M. Resposta da assembleia de formigas na interface solo-serapilheira a um gradiente de alteração ambiental. *Iheringia. Série Zoologia*, v.103, p.104-109, 2013.

GONZÁLEZ-TEUBER, M.; HEIL, M. *Pseudomyrmex* ants and Acacia host plants join efforts to protect their mutualism from microbial threats. **Plant Signal Behav**, v.5, n.7, p.890- 892, 2010.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **Paleontological Statistics – PAST**. 2003. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em: 08 janeiro 2017.

HEIL, M.; BARAJAS-BARRON, A.; ORONA-TAMAYO, D.; WIELSCH, N.; SVATOS, A. Partner manipulation stabilises a horizontally transmitted mutualism. **Ecology Letters**, v.17, p.185–192, 2014.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, 732p., 1990.

LETOURNEAU, D.K. & CHOE, J.C. Homopteran attendance by wasps and ants: the stochastic nature of interactions. **Psyche**, v.94, p.81-92, 1987.

MARINHO, C.G.S.; ZANETTI, Z.; DELABIE, J.H.C.; SCHLINDWEIN, M.N.; RAMOS, L.S. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v.31, n.2, p.187-195, 2002.

MARTINS, L.; ALMEIDA, F.S.; MAYHE-NUNES, A.J.; VARGAS, A.B. Efeito da complexidade estrutural do ambiente sobre as comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) no município de Resende, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências (Online)**, v. 9, p. 174-179, 2011.

OLIVEIRA, D. A. M. A mirmecofauna como bioindicador em agroecossistema: estudo de caso em áreas de restauração no Vale do Ribeira. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. Sete Barras, SP. 40p. 2013.

OLIVEIRA, P. S.; DA SILVA, A. F.; MARTINS, A. B. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation: ants as potential antiherbivore agents. *Oecologia*, v. 74, n. 2, p. 228-230, 1987.

OLIVEIRA, Paulo S.; BRANDÃO, C. R. F. The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados. Huxley, C, R., Cutler, D, F ed (s). *Ant-plant interactions*. Oxford Univ. Press: Oxford, p. 198-212, 1991.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, v.90, p.517–528, 2002.

PERES, M. B., VERCILLO, U. E., & de SOUZA DIAS, B. F. Avaliação do Estado de Conservação da Fauna Brasileira e a Lista de Espécies Ameaçadas: o que significa, qual sua importância, como fazer?. **Biodiversidade Brasileira**, (1), 2011.

PIMM, S.L.; JENKINS, C.N.; ABELL, R.; BROOKS, T.M.; GITTLEMAN, J.L.; JOPPA, L.N.; RAVEN, P.H.; ROBERTS, C.M.; SEXTON, J.O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, n6187, 2014.

QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, F. S.; PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e ambiente**, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2006.

RODRIGUES, C. A., DA SILVA ARAÚJO, M., CABRAL, P. I. D., LIMA, R., BACCI, L., & OLIVEIRA, M. A. Comunidade de formigas arborícolas associadas ao pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) em fragmento de Cerrado Goiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, (57), 39, 2008.

RODRIGUES, D. M., FERREIRA, L. O., DA SILVA, N. R., DOS SANTOS GUIMARÃES, E., MARTINS, I. C. F., & DE ASSIS OLIVEIRA, F.. Diversidade de artrópodes da fauna edáfica em agroecossistemas de estabelecimento agrícola familiar na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 59(1), 32-38, 2016.

SANTO, M.M.E. Secondary seed dispersal of *Ricinus communis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation in Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.31, p.1013-1018, 2007.

SANTOS, G. M. de M.; RESENDE, J. J. Predação de *Syntermes molestus* (Burmeister, 1839) (Isoptera-Termitidae) por *Camponotus blandus* (Fr. Smith, 1858) (Hymenoptera-Formicidae) em Feira de Santana-Ba. **Sitientibus**, n.15, p.175-182, 1996.

SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. VL; OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. **The American Naturalist**, v. 174, n. 1, p. 134-140, 2009.

SILVA, E. R. D. A. **Efeito de borda sobre a comunidade de formigas em remanescentes de mata atlântica nordestina em relação ao agroecossistema de cana-de-açúcar**. Tese (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE. 70f. Fevereiro, 2012.

SILVESTRE R.; SILVA, R.R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio – SP. Sugestões para aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, v.14, n.1, p.37-69, 2001.

VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ J. M.; SOUZA, G.O.; RAMOS, E. F. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidade de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology** 36(1):28-37, 2007.

WILSON, E. O. The arboreal ant fauna of Peruvian Amazon forests: a first assessment. **Biotropica**, 245-251. 1987.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.C.; SANTOS, J.C.; SILVA, W.L.P.; RIBEIRO, G.T.; LEMES, P.G. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests**, n.5, p.439-454, 2014.

ZELIKOVA, T.J.; BREED, M.D. Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v.24, p. 309-316, 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

A serapilheira foi a variável de maior atuação presente sobre a fauna de formigas no estudo. Por conta de sua diversidade de matéria orgânica morta na superfície do solo, fez com que o ambiente proporcionasse maiores e melhores condições de riqueza de espécies e interações ecológicas da fauna de formigas. Essa diversidade vegetal favoreceu a disponibilidade de recursos alimentares na estação seca. A heterogeneidade da agrofloresta possibilitou o maior número de interações ecológicas incluindo muitas benéficas e corroborando com a hipótese testada no decorrer deste estudo.