



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Gracieli Araujo Castilho

Estrutura da fauna de formigas epígeas em fragmentos de Floresta
Atlântica Semidecidual com diferentes tamanhos

São José do Rio Preto
2013

Gracieli Araujo Castilho

Estrutura da fauna de formigas epígeas em fragmentos de Floresta
Atlântica Semidecidual com diferentes tamanhos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Sistemática e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Barbosa Noll
Coorientador: Dr. Rogério Rosa da Silva

São José do Rio Preto
2013

Castilho, Gracieli Araujo.

Estrutura da fauna de formigas epígeas em fragmentos de Floresta Atlântica Semidecidual com diferentes tamanhos / Gracieli Araujo Castilho. - São José do Rio Preto: [s.n.], 2013.

97 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Fernando Barbosa Noll

Coorientador: Rogério Rosa da Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ecologia animal. 2. Formiga. 3. Formiga - Composição. 4. Florestas - Influências. I. Noll, Fernando Barbosa. II. Silva, Rogério Rosa da. III. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU - 591.5

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
Campus de São José do Rio Preto - UNESP

Gracieli Araujo Castilho

Estrutura da fauna de formigas epígeas em fragmentos de Floresta
Atlântica Semidecidual com diferentes tamanhos

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Sistemática e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Dr. Rogério Rosa da Silva
Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo
Coorientador

Prof^a. Dr^a Maria Santana de Castro Morini
Universidade de Mogi das Cruzes- SP

Prof. Dr. Rodrigo Machado Feitosa
Universidade Federal do Paraná- PR

São José do Rio Preto, 28 de março de 2013

*A minha mãe, Juscelina
por todo amor, apoio
e confiança, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Fernando Noll, obrigada primeiramente pela oportunidade de ser aluna de um grande ser humano, me sinto lisonjeada por ter feito parte do seu grupo de trabalho. Agradeço pela confiança.

Ao meu coorientador, Rogério Rosa da Silva, por sua fundamental orientação desde a elaboração do projeto, análises estatísticas, identificações e confirmações das espécies de Formicidae e conclusão deste trabalho. Principalmente agradeço por ter tanta paciência em me explicar às mesmas coisas várias e várias vezes.

A todos os integrantes do laboratório de Hymenoptera do Museu de Zoologia da USP pela companhia, boa recepção e ajuda nas identificações e/ou confirmação das espécies de Formicidae. Principalmente ao Rodolfo Probst, Monica A. Ulysséa, Emília A. Zoppas (*Cyphomyrmex*), Thiago S. Ranzani (Dacetini) e ao Carlos Eduardo D. Sanhudo (*Acromyrmex* e *Trachymyrmex*).

A Maria Santana e ao Peterson Demite pelas valiosas sugestões durante o exame de qualificação.

A todo o pessoal do Laboratório de Aculeata, pela companhia e horas bem humoradas, especialmente as “meninas do lab.”, Cintia, Marjorie, Naila e Naysa pela grande amizade, muitas risadas, cafezinhos agradáveis e boa disposição em sempre me ajudarem em tudo.

A Naysa Crespo e ao Fernando Carnimeo por me ajudarem nas triagens do material e identificação dos invertebrados.

Ao Alberto Basílio nas coletas de campo, inclusive pelas agradáveis conversas durante nossas viagens.

Ao Sr. Paulinho, nosso motorista, que gentilmente nos auxiliou algumas vezes nas atividades de campo, além de nos transportar com o maior zelo.

Às professoras da Unesp, Lilian Casatti, Denise de C. Rossa Feres, Andréa A. Rezende e Elenice de Cássia Conforto por sugestões e empréstimos de alguns materiais de coleta.

A minha família pelo apoio constante, respeito às minhas escolhas, por todo amor e dedicação.

Ao Alex, meu grande companheiro, pela força constante, compreensão e incentivo para seguir em frente.

Ao Gatão, meu animal de estimação por sua companhia extremamente necessária nas horas de escrever este texto.

A CAPES e o Programa de Pós Graduação de Biologia Animal da Unesp pela bolsa concedida.

A todos que direta e indiretamente auxiliaram na execução deste trabalho, meu muito obrigada!

"Levantem os olhos sobre o mundo e vejam o que está acontecendo à nossa volta, para que amanhã não sejamos acusados de omissão se o homem, num futuro próximo, solitário e nostálgico de poesia, encontrar-se sentado no meio de um parque forrado com grama plástica, ouvindo cantar um sabiá eletrônico, pousando no galho de uma árvore de cimento armado."

Manoel Pedro Pimentel

RESUMO

A fragmentação de habitats é um processo cada vez mais comum e uma das principais ameaças à biodiversidade mundial, mas seus efeitos sobre o funcionamento dos ecossistemas é um tema relevante para a biologia da conservação. Tendo em vista o cenário de fragmentação do noroeste do estado de São Paulo, o objetivo deste trabalho foi inventariar a fauna de formigas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e investigar se a riqueza, a composição de espécies e grupos funcionais das formigas são influenciadas pelo tamanho e características dos fragmentos, por fatores abióticos, estrutura da vegetação e disponibilidade de recursos alimentares. Foram testadas as seguintes hipóteses: H1 - A fragmentação de habitats altera a composição de espécies de formigas, aumentando a proporção de espécies generalistas nos fragmentos menores; H2 - Fragmentos menores são invadidos pelas espécies da matriz adjacente e da borda, resultando em maior similaridade borda-interior nos fragmentos menores; H3 - Fragmentos maiores possuem maior riqueza de espécies especialistas e uma maior riqueza total de espécies. O estudo foi realizado em seis fragmentos florestais, com duas coletas em cada uma das áreas. Armadilhas do tipo *pitfall* foram instaladas ao longo de três transectos (interior do fragmento, borda e matriz adjacente); foram montadas 20 armadilhas espaçadas 20m entre si, totalizando 60 armadilhas por área. Em cada transecto, sete variáveis foram medidas (variáveis abióticas e bióticas), espaçadas 80m (cinco pontos ao longo do transecto). Dois conjuntos de dados foram usados para testar a relação entre variáveis explicativas e riqueza de espécies: (i) foram considerados os dados de riqueza dos *pitfalls* onde as variáveis foram medidas (5 *pitfalls*/transecto, Modelo I), e (ii) dados de *pitfalls* adjacentes ao local de medida das variáveis foram agrupados para descrever riqueza de espécies (20 *pitfalls*/transecto, Modelo II). No total, foram amostradas 173 espécies de formigas distribuídas em 49 gêneros e 10 subfamílias. Os grupos funcionais com maior riqueza de espécies foram: Onívoros Epígeos com 67 espécies, seguido por Attini (29), Arborícolas (29), Predadores Crípticos (22), Predadores Epígeos (16), Onívoros Crípticos (seis) e formigas de Correição (quatro). De acordo com a expectativa (hipótese 1), fragmentos menores têm valores relativamente maiores de riqueza de espécies generalistas. Entretanto, contrário à

expectativa das hipóteses 2 e 3, borda e interior não apresentam diferenças de composição de espécies e fragmentos maiores não têm maior riqueza de espécies. A matriz adajacente tem consistentemente menor número de espécies que a borda ou interior dos fragmentos. A variável recurso alimentar está significativamente associada com a riqueza de formigas nos *pitfalls* em todos os modelos testados. O modelo I identificou, em geral, medidas de complexidade da vegetação, número e tamanho dos galhos e abundância de invertebrados como indicadores de riqueza de espécies de formigas. O modelo de análise II sugeriu que diferenças na luminosidade, umidade relativa e número de galhos foram variáveis determinantes da riqueza de espécies de formigas na borda e no interior quando comparado com transectos da matriz. Em conjunto, fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual têm alta diversidade de formigas e representantes de todos os grupos funcionais. Fragmentos menores apresentam maior incidência de espécies onívoras, sugerindo efeito de borda (hipótese 1). A estrutura da fauna de formigas está correlacionada com medidas de complexidade de habitat, disponibilidade de sítios para nidificação e abundância de recursos alimentares. Considerando a escala de tamanho dos fragmentos (110 ha a 1500 ha), não foram detectadas diferenças de riqueza de espécie entre fragmentos maiores e menores. Nossos resultados têm implicações para estudos sobre estratégias de conservação de remanescentes menores, indicando a necessidade de análises que envolvam aspectos funcionais das comunidades, medidas de variáveis associadas à estrutura do fragmento e da disponibilidade de alimento.

Palavras-chave: Formicidae, Fragmentação, Riqueza de espécies, Grupo funcional

ABSTRACT

Habitat fragmentation is an increasingly common process common and a major threat to global biodiversity. However its effects on ecosystems functioning are still largely under evaluated. Given the remnants landscape at northwestern of São Paulo State, the goal of this study was to survey the ant fauna in Semideciduous Forest fragments from this region and investigate if the species richness, taxonomic composition and functional groups of ants are influenced by remnants size, site characteristics described by abiotic factors, habitat complexity, food resources availability, and nesting sites (twigs). The following hypotheses were tested: H1 – habitats fragmentation changes the composition of ant species, increasing the ratio of generalist species in smaller fragments compared to larger ones; H2 – smaller remnants are invaded by species from adjacent matrix and edge, leading to greater similarity core-edge; H3 – larger remnants have higher richness of specialized species and higher richness of total species. The study was carried out in six forest remnants; two surveys were performed in each area. Pitfall traps were installed along three transects (fragment core, edge and matrix); were used 20 traps spaced 20 meters, totaling 60 traps by area. In each transect, seven local variables were measured (biotic and abiotic variables), spaced 80 meters (five plots along the transect). Were used two data sets to test the relationship between species richness and site characteristics (biotic and abiotic variables): (i) we considered the pitfalls where the variables were measured (5 pitfalls/transect, Model I) and (ii) groups of adjacent pitfalls were combined to describe species richness along the transect (20 pitfalls/transect, Model II). Were sampled 173 ant species, 49 genera and 10 subfamilies. Functional groups with higher species richness were: Epigaeic Omnivores with 67 species, followed by Attini (29), Arboreal (27), Cryptic Predators (22), Epigaeic Predators (18), Omnivores Cryptic (six) and Army Ants (four). According to hypothesis 1, smaller fragments have relatively higher richness of generalist species. Meanwhile, hypotheses 2 and 3 were not corroborated: edge and core transects of the fragments have no differences in species composition and larger fragments have no greater species richness. The matrix transect of the fragments has significantly fewer species than edge and core transects of the fragments. A measure of food resource was significantly associated with ant richness

on the pitfalls in all tested models. The model I identified measures of habitat complexity, number and size of twigs and invertebrate abundance as predictors of ant species richness. The model II suggest differences in luminosity, relative humidity and number of twigs as determinants of ant species richness in edge and interior when compared to matrix transects. Together, Semideciduous Forest remnants have high diversity of ants and all ant functional groups were represented. Smaller remnants have a higher incidence of omnivorous species, suggesting the presence of edge effects (hypothesis 1). The ant community structure was correlated with measures of habitat complexity, availability of nesting sites and food resources. Considering the scale of fragment size (110 ha to 1500 ha), there were no differences in species richness between larger and smaller remnants. Our results have important implications for studies on conservation strategies of small remnants, indicating the need for analyzes involving functional aspects of communities, measures of variables associated with fragments structural attributes and food availability.

Key-words: Formicidae. Fragmentation. Richness of species. Functional group.

SUMÁRIO

1.1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Formigas	1
1.2 Fragmentação	3
2. MATERIAL E MÉTODOS	7
2.1 Áreas do estudo	7
2.2 Coleta das formigas	9
2.3 Identificações	11
2.4 Grupos Funcionais	12
2.5 Atributos estruturais dos fragmentos: estrutura da vegetação, fatores abióticos e recursos alimentares	13
2.6 Análise dos dados	15
2.6.1 Organização das matrizes para análises	15
2.6.2 Hipótese 1: Análises sobre a relação entre a riqueza de espécies generalistas e tamanho dos fragmentos	15
2.6.3 Hipótese 2: Similaridade de composição de espécies borda-interior	16
2.6.4 Hipótese 3: Análises de riqueza total entre fragmentos grandes e pequenos..	17
2.6.5 Determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos.....	17
3. RESULTADOS.....	20
3.1 Caracterizações da fauna de Formigas	20
3.2 Hipótese 1: Relação entre tamanho do fragmento e riqueza de espécies generalistas	26
3.2.1 Riqueza total de espécies generalistas e tamanho do fragmento (H1)	27
3.3 Hipótese 2: Similaridade borda-interior e tamanho dos fragmentos	28
3.4 Hipótese 3: Relação entre riqueza total de espécies e tamanho do fragmento ..	29
3.5 Determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos.....	31
3.5.1 Análises considerando os <i>pitfalls</i> em que as variáveis foram medidas (cinco <i>pitfalls</i> /transecto)	32
3.5.2 Análises considerando todas as amostras do transecto (20 <i>pitfalls</i> /transecto)	34
4. DISCUSSÃO	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6. REFERÊNCIAS.....	50

ANEXOS.....	66
-------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagens aerofotográficas dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do noroeste do estado de São Paulo, Brasil. G1- Sales, G2- Nova Granada, G3- São Joao de Iracema; P1- Taquaritinga, P2- Palestina e P3- Pindorama. (Imagens: Necchi Junior, 2012).	8
Figura 2. Armadilha de interceptação e queda- pitfall com placa de isopor, apoiada em palitos de madeira, formando um pequeno “telhado” para proteção.....	10
Figura 3. Esquema de coleta nos fragmentos. Cada transecto de 400 m está representado pelos 20 pontos de coleta espaçados a 20 m um do outro. Os pontos em vermelho representam locais de coleta das variáveis relacionadas à complexidade estrutural da vegetação e fatores abióticos	11
Figura 4. Esquema de coleta de dados: A) ponto de instalação do pitfall; B) pontos de medição da profundidade da serapilheira; C) pontos de medição do número de toques na vegetação; D) metodologia empregada para medição do número de toques na vegetação, usando uma haste de 1,5 m apoiada sobre estrutura de madeira de um metro.	15
Figura 5. Distribuição das espécies em cada grupo funcional amostradas nos seis fragmentos da região noroeste do estado de São Paulo, Brasil.	26
Figura 6. Curvas de rarefação de espécies de formigas coletadas em pitfalls nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do noroeste do Estado de São Paulo.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características gerais dos fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na região noroeste do estado de São Paulo....	7
Tabela 2. Espécies de formigas classificadas em grupos funcionais e distribuição das espécies nos transectos amostrados nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.	21
Tabela 3. Resultados do modelo GLMM para testar a relação entre riqueza de espécies generalistas de formigas (Onívoros Epígeos), tamanho e a posição do transecto nos fragmentos (matriz, borda, interior)	27
Tabela 4. Riqueza dos grupos funcionais de formigas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.	28
Tabela 5. Resultados do teste de similaridade (ANOSIM, similaridade de Jaccard) entre transectos da borda e interior para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual..	28
Tabela 6. Análise de similaridade com dados quantitativos (distância de Bray-Curtis) da fauna de formigas (comparações borda x interior usando número de registro das espécies em <i>pitfalls</i>), valores de riqueza e espécies compartilhadas entre transectos da borda (B) e do interior (I), em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.	29
Tabela 7. Riqueza de formigas observada e estimada (estimador Bootstrap) em seis fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.....	30
Tabela 8. Resultados do modelo GLMM aplicados para testar a relação entre riqueza de espécies de formigas registradas em <i>pitfalls</i> , tamanho dos fragmentos, posição do transecto (matriz, borda, interior) e recurso alimentar (abundância de invertebrados).	31
Tabela 9. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando todos os transectos dos fragmentos (matriz, borda e interior), descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual	32
Tabela 10. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos da borda e interior dos fragmentos (excluiu matriz adjacente) descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual	32

Tabela 11. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos do interior dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.....	33
Tabela 12. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos da borda dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.....	33
Tabela 13. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando todos os transectos dos fragmentos (matriz, borda e interior), descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.....	34
Tabela 14. Resultados do modelo GLMM considerando os transectos da borda e interior dos fragmentos (transectos da matriz excluídos) descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.	35
Tabela 15. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando os transectos do interior dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual....	36
Tabela 16. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando os transectos da borda dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em <i>pitfalls</i> para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual....	36

1. INTRODUÇÃO

1.1 Formigas

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera, superfamília Vespoidea, família Formicidae. Hymenoptera apresenta cerca de 115.000 espécies descritas (Triplehorn & Johnson, 2005). Para a região Neotropical, Fernández & Sharkey (2006) reconhecem 76 famílias e 24.000 espécies. No Brasil, são conhecidas cerca de 10 mil espécies desta ordem (Rafael *et al.*, 2012).

Até o ano de 2013, foram descritas 12.760 espécies de formigas (Antbase www.antbase.org) embora se estime que possa haver cerca de 22.000 espécies em todo o mundo (Agosti & Johnson, 2003). Uma das classificações de Formicidae propõe a existência das 21 subfamílias viventes, sendo que aproximadamente 15 subfamílias e 3.100 espécies são encontradas na região neotropical (Bolton, 2003). Especificamente no Brasil ocorrem cerca de 2.500 espécies (estimadas 5.000); no estado de São Paulo, são conhecidas 250 espécies (estimadas 600 espécies) (Brandão, 1999).

Saux *et al.* (2004), com base em estudos de filogenia molecular, excluem Apomyrminae e sugerem, então, 21 subfamílias, das quais 15 ocorrem no Brasil: Agroecomyrmecinae, Amblyoponinae, Cerapachyinae, Dolichoderinae, Ecitoninae, Ectatomminae, Formicinae, Heteroponerinae, Leptanilloidinae, Myrmicinae, Paraponerinae, Ponerinae, Proceratiinae e Pseudomyrmecinae (Fernández & Sendoya, 2004). Podemos incluir nessa lista a nova subfamília Martialinae que também ocorre no Brasil, totalizando então para seu território 15 das 21 subfamílias existentes (Rabeling *et al.*, 2008).

A estrutura das colônias de formigas está entre as mais complexas no reino animal, com algumas atingindo 30 milhões de indivíduos em um só ninho (Caetano *et al.*, 2002). Todas as espécies conhecidas são eussociais, caracterizadas pela sobreposição de gerações, castas estéreis e reprodutivas e cuidado cooperativo à prole (Wilson, 1976). São distribuídas por todos os ambientes terrestres, desde o Equador até latitudes de 50 graus, do nível do mar a altitudes de cerca de 3.000 m (Brandão, 1999).

As formigas desempenham interações com outros organismos e participam de forma significativa dos processos funcionais dos ecossistemas, como na

regulação da abundância de outros artrópodes, na ciclagem de nutrientes, promovendo modificações na estrutura física do solo, no fluxo de energia e de materiais dos ecossistemas (Wuo *et al.*, 2012).

Em sua maior parte, as espécies são forrageadoras oportunistas e generalistas, alimentando-se principalmente de secreções vegetais, sementes e material animal vivo ou morto (Fowler *et al.*, 1991; Kaspari, 2000). No entanto, alguns grupos de formigas possuem uma dieta mais especializada, como é o caso de Attini, que cultivam fungos que crescem sobre um substrato composto principalmente por material vegetal e/ou animal recolhido por suas operárias (Weber, 1972). Outras formigas são particularmente bem adaptadas a uma alimentação líquida (Dolichoderinae e Formicinae), que pode ser obtida diretamente através de nectários extraflorais ou outras estruturas secretoras, ou então através de interações com alguns Hemípteros (Sternorrhyncha e Auchenorrhyncha) que liberam uma secreção nutritiva conhecida como “honeydew” (Delabie & Fernández, 2003). Muitos gêneros incluem ainda formigas predadoras, que podem ser generalistas ou especialistas, como por exemplo, em *Cerapachys*, *Neivamyrmex*, *Strumigenys* e *Thaumatomyrmex*, que se alimentam de alguns grupos restritos de artrópodes (Kaspari, 2000).

As formigas são consideradas excelentes bioindicadores, pois apresentam ampla distribuição geográfica, alta diversidade, dominância numérica, uma base razoável de conhecimento taxonômico e biológico, facilidade de coleta e sensibilidade às mudanças ambientais (Alonso & Agosti, 2000).

Trabalhos realizados na Austrália, principalmente por Andersen (1991, 1992, 1997), propõem uma simplificação da descrição da estrutura de comunidades de formigas usando grupos funcionais, determinados por características comportamentais e respostas preditivas às mudanças de habitats (como produtividade e biomassa). No Brasil, os primeiros estudos que fazem referência ao uso de grupos funcionais ou estrutura em guildas foram elaborados por Delabie *et al.* (2000) na Floresta Atlântica e Silvestre *et al.* (2003) no cerrado. As publicações mais recentes que discutem propostas de classificação de formigas em guilda no Brasil são Brandão *et al.* (2009) e Silva & Brandão (2010).

O termo guilda define um grupo de espécies que exploram a mesma classe de recursos no meio ambiente, mostrando padrões similares de exploração desses

recursos (Root, 1967). A descrição dos grupos funcionais ou guildas tem demonstrado ser uma ferramenta valiosa que permite comparações entre diferentes condições de ambientes (Macedo *et al.*, 2011).

1.2 Fragmentação

O desenvolvimento da civilização tem levado à modificação da paisagem e à fragmentação florestal. Muitos biomas estão passando por processos de desflorestamento por motivos variados, o que tem originado muitas discussões sobre os problemas que poderão surgir com a fragmentação de habitats.

Fragmentos florestais são áreas de vegetação naturais interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais (Laurance, 2008). O resultado desse processo é a completa imersão dos fragmentos em matrizes não florestais (Tabarelli *et al.*, 2004), que podem ser compostas por culturas vegetais, pastos para animais, cidades e estradas (Primack & Rodrigues, 2001). Especialmente nas florestas tropicais, esse processo tem sido bastante acelerado e representa uma das ameaças mais sérias à biodiversidade (Laurance *et al.*, 2002, Ewers & Didham, 2006).

Um exemplo claro e perturbador refere-se à devastação da vegetação da região noroeste do estado de São Paulo. Esta formação vegetal, composta essencialmente por Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, estando localizados em sua maioria em áreas particulares ou estação experimental, ocupam atualmente cerca de 9% de sua área original (Necchi Junior, 2012). A região é considerada a mais desmatada e fragmentada do estado e com o menor número de unidades de conservação (Kronka *et al.*, 2005; Hirota & Ponzoni, 2010). Segundo Xavier *et al.* (2008) o noroeste paulista possui apenas cinco unidades de conservação das 237 destinadas a esse fim no estado de São Paulo. As informações sobre biodiversidade desta região são muito escassas, sendo as espécies remanescentes destes fragmentos muitas vezes desconhecidas.

O tamanho e o isolamento dos fragmentos influenciam diretamente a complexidade de uma área (Fahrig, 2003; Laurance, 2008; Gomes *et al.*, 2010). A interação entre fragmentos florestais e a matriz adjacente resulta no efeito de borda (Murcia, 1995), que é o principal processo ecológico comprovadamente associado à fragmentação de habitat (Fahrig, 2003). De modo sintético, existem três tipos de efeitos de borda: (1) os efeitos abióticos, que envolvem mudanças em variáveis

físicas do ambiente como temperatura, umidade e luz (Murcia, 1995); (2) efeito biológico direto, que consiste em mudanças nos padrões de distribuição e abundância de espécies que são causadas por alterações das condições físicas próximas da borda, como a proliferação de plantas pioneiras em detrimento de espécies tolerantes à sombra (Oliveira *et al.*, 2004; Nascimento *et al.*, 2006); (3) efeito biológico indireto, que modifica os padrões de interações entre espécies com a proximidade da borda, tais como dispersão de sementes (Silva *et al.*, 2007), herbivoria (Wirth *et al.*, 2008), parasitismo (Almeida *et al.*, 2008) e predação (Rao, 2001).

A influência do aparecimento de bordas nas comunidades depende de vários fatores, por exemplo, o tempo decorrido após o aparecimento da borda, a orientação, o isolamento, a forma e tamanho do restante da remanescente e do bioma estudado (Kapos *et al.*, 1997). Outro fator importante é a identidade das espécies estudadas, pois os organismos respondem de diferentes formas para o mesmo nível de fragmentação (Braschler & Baur, 2003) e, pelo menos em invertebrados, existe um consenso de que as espécies não respondem de modo uniforme para a criação de borda (Didham *et al.*, 1998). Algumas espécies de insetos (principalmente formigas e besouros) se comportam como especialistas de borda (Majer *et al.*, 1997; Didham *et al.*, 1998) e são positivamente afetados pela fragmentação (Didham *et al.*, 1998). Já outras espécies, são afetadas, podendo tornar-se localmente extintas (Didham *et al.*, 1996; Zheng & Chen, 2000). Além de provocar alterações na composição das espécies, podem criar um habitat que facilita a entrada de espécies invasoras (Sobrinho *et al.*, 2003).

Os habitats de matrizes dos fragmentos também podem exercer uma forte influência sobre a dinâmica da comunidade em áreas remanescentes (Sobrinho *et al.*, 2003). Especificamente, espécies associadas com a matriz, podem invadir os fragmentos, alterando a sua composição. As espécies de formigas da matriz são geralmente mais tolerantes ao efeito de borda (remanescentes de borda) do que as do interior do fragmento (Sobrinho *et al.*, 2003).

A fragmentação pode afetar a composição e riqueza de espécies, bem como a abundância da população em áreas remanescentes (Sobrinho & Schoereder, 2007). Isso ocorre porque habitats mais heterogêneos disponibilizam maior variedade de sítios para nidificação, alimento, microclimas e interações

interespecíficas para as formigas se estabelecerem do que habitats menos complexos. (Holldobler & Wilson, 1990; Reyes-Lopes *et al.*, 2003; Corrêa *et al.*, 2006).

Vários estudos relatam alterações na composição de espécies (Didham, 1997; Brown & Hutchings, 1997; Didham *et al.*, 1998; Vasconcelos & Delabie, 2000; Bruhl *et al.*, 2003; Krauss *et al.*, 2003; Sobrinho *et al.* 2003) e na riqueza de espécies de diferente taxa devido à fragmentação (DeSouza & Brown 1994; Vasconcelos, 1999; Carvalho & Vasconcelos, 1999; Sobrinho *et al.*, 2003; Schoederer *et al.*, 2004b).

Aparentemente, não há um padrão definido de como o aparecimento de bordas pode afetar as comunidades de formigas, uma vez que os resultados obtidos são controversos. A riqueza de espécies pode aumentar (Majer *et al.*, 1997) ou diminuir em direção ao interior dos remanescentes (Carvalho & Vasconcelos, 1999; Kotze & Samways, 2001). Normalmente, os padrões de aumento ou diminuição da riqueza de espécies estão relacionados com gradientes de matéria orgânica e biomassa vegetal (Didham 1998). Há um consenso de que a composição de espécies muda em habitat de borda, quando comparado com a matriz e o interior florestal (Didham 1998).

Estudos sobre comunidades de formigas podem embasar programas de avaliação e conservação de ecossistemas (Andersen *et al.*, 2002; Andersen & Majer, 2004; Majer *et al.*, 2007) sendo os inventários ferramentas importantes para o início dos trabalhos. A utilização de inventários biológicos auxilia no entendimento das eventuais alterações dos diferentes componentes da diversidade de um ecossistema ao longo de gradientes abióticos naturais ou em resposta às perturbações locais naturais ou resultantes de atividades humanas (Lewinsohn *et al.*, 2001; Morini *et al.*, 2012).

Tendo em vista o cenário de fragmentação do noroeste paulista apresentado, o objetivo deste trabalho foi descrever a fauna de formigas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da região noroeste do estado de São Paulo e investigar se a riqueza, a composição de espécies e grupos funcionais das formigas são influenciados pelo tamanho e características locais dos fragmentos.

Neste trabalho, foram testadas as seguintes hipóteses:

H1- A fragmentação de habitats altera a composição de espécies de formigas, aumentando a riqueza de espécies generalistas nos fragmentos menores em comparação a fragmentos maiores;

H2- Fragmentos menores são invadidos pelas espécies da matriz adjacente e da borda, resultando em maior similaridade borda-interior nos fragmentos menores;

H3- Fragmentos maiores possuem maior riqueza de espécies especialistas e uma maior riqueza total de espécies.

A premissa do presente estudo é que fragmentos menores têm seus processos ecológicos mais alterados e, portanto, são mais susceptíveis à invasão por espécies de formigas da matriz adjacente ou borda. Espera-se que a riqueza de espécies generalistas aumente, resultando em uma homogeneização na composição de espécies nos fragmentos menores. Espécies generalistas de formigas têm maior taxa de colonização em fragmentos menores, enquanto formigas especialistas de florestas mantêm maior número de populações nos fragmentos maiores, aumentando a riqueza dentro dos fragmentos (Schoereder *et al.*, 2004a).

Adicionalmente, foi investigado se heterogeneidade ambiental, condições microclimáticas e estimativas de recurso alimentar para comunidades de formigas são determinantes da coexistência de um maior número de espécies em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas do estudo

O estudo foi realizado em seis fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da região noroeste do estado de São Paulo, em propriedades particulares e uma em estação experimental, localizados nas cidades de Sales (G1), Nova Granada (G2), São João de Iracema (G3); Taquaritinga (P1), Palestina (P2) e Pindorama (P3). Definiu-se como critério de tamanho mais adequado aos propósitos do projeto, a delimitação de duas classes de fragmentos, a saber: fragmentos maiores com área superior a 1.500 hectares (G1, G2 e G3); fragmentos menores, com área inferior a 110 hectares (P1, P2 e P3). Os fragmentos foram descritos quanto às coordenadas geográficas, perímetro, área, índice de forma e matriz adjacente (Tabela 1); características da vegetação (Anexo I) e fotografias aéreas digitais (Figura 1) (Necchi Junior, 2012).

Tabela 1. Características gerais dos fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual amostrados na região noroeste do estado de São Paulo.

Fragmento	Município	Coordenadas Geográficas		Perímetro (m)	Área (ha)	Índice de forma	Matriz adjacente
G1	Sales, Fazenda Águas Claras	21° 24' 17"	49° 30' 01"	30.258,3	1.799,6	2,01	Pastagem
G2	Nova Granada, Fazenda São João	20° 32' 37"	49° 14' 47"	81.659,7	1.796,9	5,39	Laranja
G3	São João de Iracema, Fazenda São Francisco	20° 28' 25"	50° 17' 36"	41.367,0	1.656,2	2,87	Cana
P1	Taquaritinga, Fazenda Santa Lucia	21° 24'08"	48° 41' 14"	3.374,2	55,6	1,28	Laranja
P2	Palestina, Fazenda Boa Vista	20° 19' 16"	49° 30' 17"	4.634,3	95,7	1,34	Cana
P3	Pindorama, Estação Experimental	21° 13' 12"	48° 55' 04"	7.877,8	107,8	2,10	Crotalária/ Soja

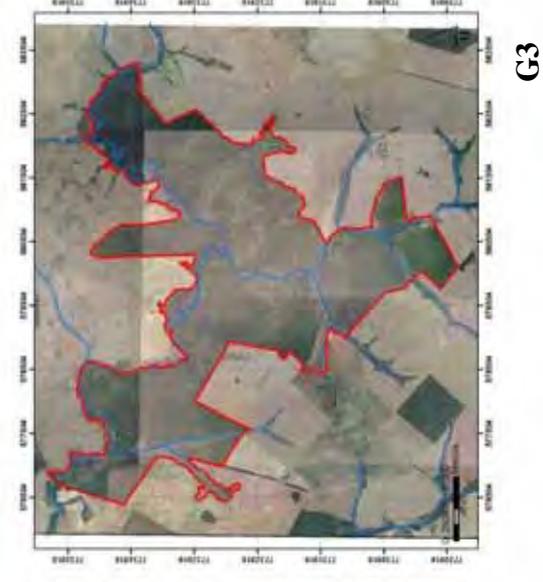
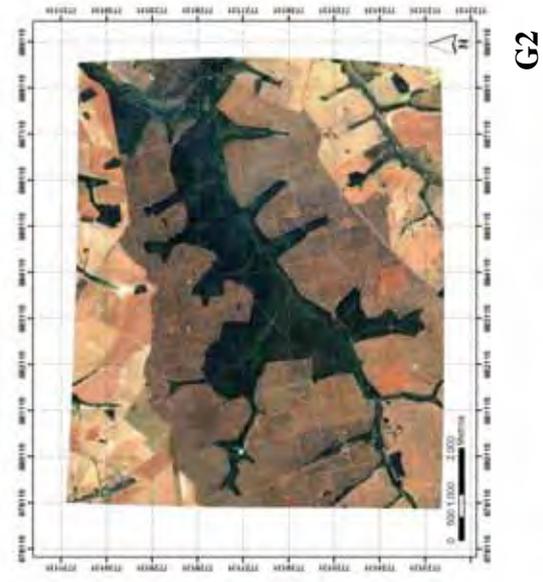
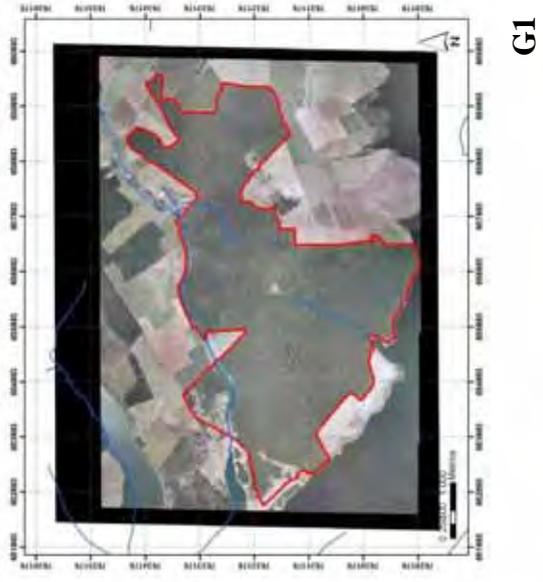


Figura 1. Imagens aerofotográficas dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do noroeste do estado de São Paulo, Brasil. G1 - Sales, G2- Nova Granada, G3- São Joao de Iracema; P1 - Taquaritinga, P2- Palestina e P3- Pindorama. (Imagens: Necchi Junior, 2012).

O clima da região noroeste do estado de São Paulo é do tipo Tropical Quente e Úmido (Aw de Köppen). As temperaturas médias anuais são sempre maiores que 25°C, com as médias dos meses mais frios (junho e julho) de cerca de 20°C e a dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) de cerca de 30°C (Barcha & Arid, 1971). O regime de precipitação pluviométrica é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa (entre outubro e março), que recebe cerca de 85% da precipitação total anual; e a seca (entre abril e setembro), com apenas 15% da precipitação total anual, a qual varia entre 1.100 e 1.250 mm (± 225 mm) (Barcha & Arid, 1971). Janeiro é o mês mais chuvoso (18% da precipitação anual), enquanto que agosto é o mais seco (1,3%). É importante ressaltar que, o mês de início da estação chuvosa, bem como a constância e o volume total de chuvas, tem variado consideravelmente de um ano para outro (Rossa-Feres & Jim, 2001, Silva & Rossa-Feres, 2007).

A topografia da região é suave e o relevo ondulado, relativamente uniforme, com amplos e baixos espigões (Arid *et al.*, 1970). Os solos apresentam condições altamente favoráveis para a infiltração e boa capacidade de absorção (Arid *et al.*, 1970). São arenosos e resultam da decomposição de rocha da Formação Bauru, com predominância da fração arenosa e uma contribuição menor da porção mais fina (silte-argila) (Necchi Junior, 2012).

A vegetação dos fragmentos é predominantemente de espécies arbóreas, como *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, *Copaifera langsdorfii* Desf., *Myracrodruon urundeuva* Alemão, *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Aspidosperma cylindrocarpon* Mull. Arg., *Cedrela fissilis* Vell. e *Trichilia catigua* A. Juss (Ranga *et al.*, 2012).

2.2 Coleta das formigas

Foram realizadas duas coletas em cada uma das seis áreas, em diferentes estações do ano, a primeira de 15 a 25 de Agosto de 2011 e a segunda de 31 de Janeiro a 15 de fevereiro de 2012.

Para o estudo da fauna de formigas foram utilizadas armadilhas de interceptação e queda- *pitfall*, as quais capturam passivamente os espécimes que estão, na maioria dos casos, em forrageio sem interferir no recrutamento de outros espécimes. *Pitfalls* são frequentemente empregados em estudos sobre fauna de formigas (Bestelmeyer *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2004; Vargas *et al.*, 2007; Gotelli *et*

al., 2011), incluindo estudos sobre o efeito de fragmentação (Schoereder *et al.*, 2003; Schoereder *et al.*, 2004a; Schoereder *et al.*, 2004b; Ribas *et al.*, 2005; Madureira *et al.*, 2012).

Os *pitfalls* consistiram em copos plásticos de 500 mL, enterrados no nível do solo, contendo em seu interior propilenoglicol (umectante, agente plastificante e conservante) a 30% (aproximadamente 200 mL) e algumas gotas de detergente para a quebra da tensão superficial (Figura 2). Para proteção das armadilhas, sobre cada uma foram colocadas placas de isopores, apoiados em palitos de madeira, de forma a montar um pequeno “telhado” suspenso que não impedia a entrada de formigas, mas sim o acúmulo de água de chuva, detritos e folhas (Aquino *et al.*, 2006) (Figura 2). Essas armadilhas permaneceram ativas por sete dias (Bestelmeyer *et al.*, 2000).



Figura 2. Armadilha de interceptação e queda- *pitfall* com placa de isopor, apoiada em palitos de madeira, formando um pequeno “telhado” para proteção.

As armadilhas foram montadas ao longo de três transectos de 400 m de comprimento cada um. O transecto da matriz adjacente foi traçado paralelo e a 50 m do fragmento, o segundo transecto, da borda, foi traçado a 10 m dentro do fragmento e o transecto do interior a 100 m da borda. Ao longo de cada transecto, foram montadas 20 armadilhas espaçadas a 20 m uma da outra, totalizando 60 armadilhas por área (Figura 3). Segundo Baccaro *et al.* (2011), transectos com distâncias entre iscas de 10 a 20 m são apropriados para caracterização da fauna de delineamento que usam transectos.

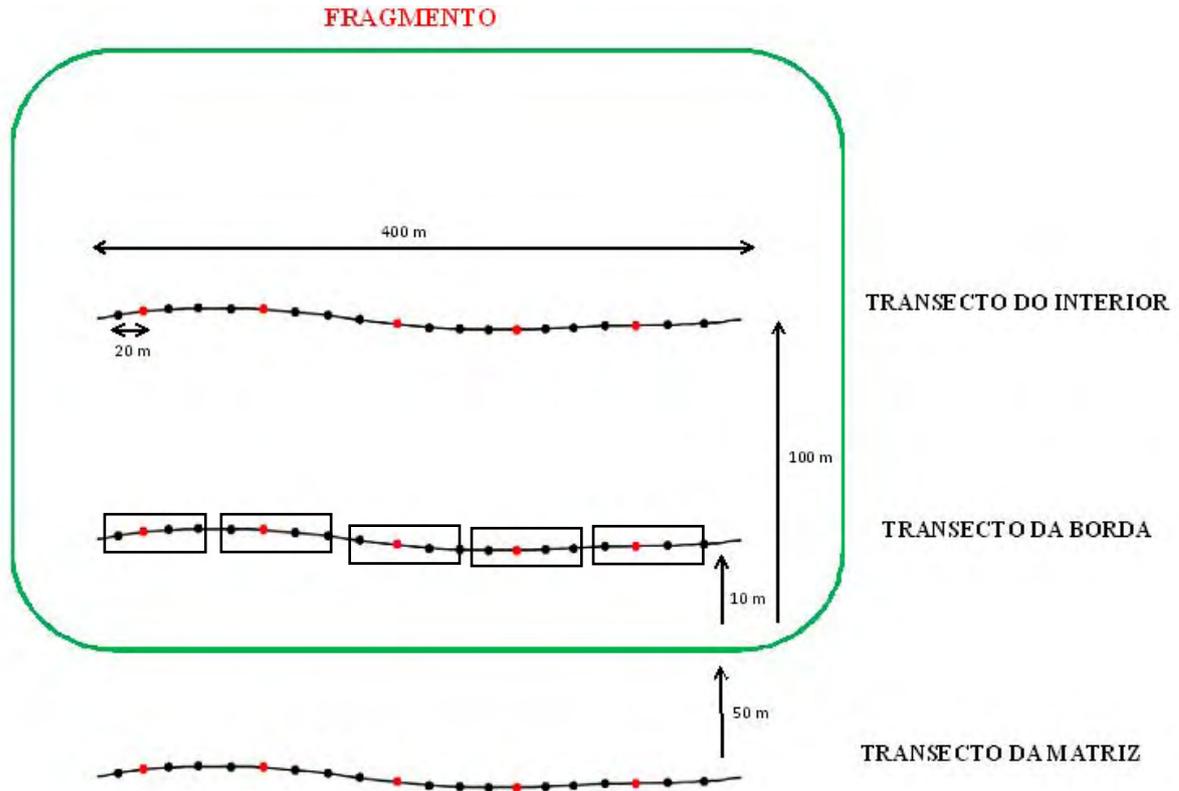


Figura 3. Esquema de coleta nos fragmentos. Cada transecto de 400 m está representado pelos 20 pontos de coleta espaçados a 20 m um do outro. Os pontos em vermelho representam locais de coleta das variáveis relacionadas à complexidade estrutural da vegetação e fatores abióticos. O transecto da matriz adjacente foi traçado a 50 m do início do fragmento, o transecto da borda a 10 m do início do fragmento e o transecto do interior foi traçado a 100 m do início do fragmento. Os retângulos no transecto da borda representam a junção dos pitfalls adjacentes ao pitfall em que as variáveis foram medidas para análises (veja Modelo II de análise para a relação entre as variáveis e diversidade de formigas nos fragmentos).

2.3 Identificações

As formigas e outros invertebrados coletados foram triados e depositados em frascos com etanol a 70% devidamente rotulados. Em seguida, exemplares de formigas de cada amostra foram montados em alfinetes entomológicos devidamente etiquetados e armazenados no Laboratório de Aculeata da Unesp de São José do Rio Preto- SP. O material foi identificado inicialmente em gênero e, em seguida, em morfoespécies (numeração de acordo com a coleção de referência da pesquisadora). A determinação específica foi realizada por comparação com a coleção entomológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

(MZUSP) e usando literatura pertinente. Identificação segue Bolton et al. (2006); Baroni-Urbani & Andrade (2007); Feitosa & Fernández (no prelo); Fernandez & Ospina (2003). “Vouchers” foram depositados no Laboratório de Aculeata da Unesp e MZUSP.

Os outros invertebrados foram contados e identificados em nível taxonômico de ordem utilizando-se Triplehorn & Johnson (2011) e Rafael *et al.* (2012).

2.4 Grupos Funcionais

Além da realização de levantamentos da fauna de determinadas áreas, os táxons registrados foram classificados em guildas, com o objetivo de representar sua estrutura e fazer previsões a um nível mais prático, geral e mais informativo do que o nível de espécies taxonômicas (Bem-Moshe *et al.*, 2001). A caracterização de guildas pode ser utilizada em estudos comparativos entre comunidades, permitindo avaliar grupos de espécies que compartilham síndromes comportamentais e ecológicas (Silvestre & Silva, 2001; Silva & Brandão, 1999, 2003; Silvestre *et al.*, 2003).

Para as formigas de serapilheira da região neotropical, Delabie *et al.* (2000) propôs uma classificação com base em informações disponíveis sobre forrageio e alimentação dos gêneros neotropicais. Para avaliar a resposta de grupos de espécies de formigas à fragmentação, empregamos um modelo simplificado de guildas modificado de Delabie *et al.* (2000), com sete grupos definidos de forma ampla pela posição trófica na comunidade:

1) Predadores Crípticos (PC) – espécies de tamanho pequeno a diminuto que nidificam principalmente dentro do solo, folhas e troncos podres; especializadas na predação de artrópodes vivos ou seus ovos;

2) Onívoros Crípticos (OC) – espécies de tamanho pequeno a diminuto que forrageiam dentro da serapilheira; generalistas em termos de itens alimentares coletados;

3) Predadores Epígeos (PE) – espécies de tamanho médio a grande que forrageiam na superfície do solo e são predadoras generalistas de outros artrópodes;

4) Onívoras Epígeas (ON) – espécies de tamanho grande, generalistas e forrageiam na superfície do solo;

- 5) Arborícolas (AR) – espécies altamente ativas e agressivas com grandes colônias nidificam em árvores e sazonalmente usam o solo para forrageio;
- 6) Attini (AT) – categoria trófica bem definida; espécies usam substratos vegetais ou animais para cultivar fungos simbiotes;
- 7) Formigas de Correição (CO) – altamente agressivas, espécies nômades com forrageamento do tipo legionário.

2.5 Atributos estruturais dos fragmentos: estrutura da vegetação, fatores abióticos e recursos alimentares

A riqueza e a composição de espécies de formigas podem estar diretamente relacionadas a diversos fatores ambientais, históricos e biológicos que atuam em escalas que vão desde local até global. Entre estes fatores temos: a quantidade de recursos, a complexidade e heterogeneidade estrutural, temperatura, umidade, a disponibilidade de locais para nidificação, a estrutura do micro-habitat e as interações competitivas entre as espécies (Kaspari, 2000; Vasconcelos, 1999; Ribas et al., 2003).

De acordo com literatura pertinente (Ribas *et al.*, 2003; Corrêa *et al.*, 2006; Schoereder *et al.*, 2007; Vargas *et al.*, 2007; Rodrigues & Silva, 2009; Leal *et al.*, 2012; Gomes *et al.*, 2010), variáveis foram escolhidas para analisar os determinantes de riqueza de espécies nos fragmentos de estudo.

Foram selecionadas variáveis relacionadas à complexidade estrutural da vegetação, fatores abióticos e estimativas de recurso alimentar. As medidas foram realizadas em cinco pontos ao longo de cada transecto, espaçadas 80 metros entre pontos adjacentes (Figura 3). Os pontos foram escolhidos para representar as características ambientais e de recursos para a fauna de formigas ao longo do transecto e não para todos os pontos amostrais (cada um dos 20 *pitfalls* de cada transecto). Um compromisso entre um grande número de variáveis mensuradas e a representação espacial desta informação nos transectos foi adotado no presente estudo. As seguintes variáveis foram medidas:

- 1) Profundidade da serapilheira: determinada em cinco pontos (aleatórios) equidistantes, localizados a 1 m de cada *pitfall*, utilizando régua graduada (Figura 4);
- 2) Para estimar a complexidade da vegetação, foi estabelecido um 'índice de complexidade' para diferentes estratos, adaptado de Bullock (1996). Determinou-

se o número de ramos da vegetação que tocavam uma haste de 1,5 m, posicionada a um metro de altura, perpendicular ao solo. A medida foi feita em quatro pontos ao redor do *pitfall* (cerca de 1,5 m do *pitfall*), de modo perpendicular à linha da parcela. O índice assume que quanto mais densa e complexa é a estrutura da vegetação, maior será o número de toques na haste (Figura 4);

3) Circunferência das árvores (DAP): dentro de um raio de 1 m do *pitfall*, usando uma fita métrica, a circunferência de todas as plantas vivas foram medidas;

4) Porcentagem de cobertura da serapilheira: a cobertura da serapilheira representa o acúmulo de matéria morta e não decomposta fornecida pelas árvores (folhas, galhos, e outros) sobre o solo. Através de estimativa visual, mediram-se as porcentagens de cobertura de serapilheira (0-100%), área verde e área de solo exposto (sem vegetação ou serapilheira) (Fournier, 1974; Ribas *et al.*, 2007; Cantor *et al.*, 2009; Benati *et al.*, 2011);

5) Tamanho, circunferência, número de troncos, número de galhos e número de frutos: dentro de um raio de 1 m do *pitfall*, determinamos possíveis locais de nidificação e alimentação para formigas, caracterizando número e tamanho de troncos, bem como o número de frutos no solo dos fragmentos;

6) Medidas abióticas: as condições microclimáticas dos transectos foram determinadas, medindo a intensidade da luz com luxímetro digital (LD-200), a umidade e a temperatura com termo higrômetro digital (Instrutherm HT-300), bem como pH e umidade do solo (Instrutherm PH- 2500);

7) Estimativa de recurso alimentar: o número de invertebrados capturados em todas as amostras foi quantificado para avaliar recursos alimentares disponíveis para a fauna de formigas. O número de invertebrados foi a única variável quantificada em escala de cada unidade amostral (*pitfall*).

Para evitar eventuais erros de medições, as variáveis foram determinadas pelo mesmo pesquisador ao longo do estudo.

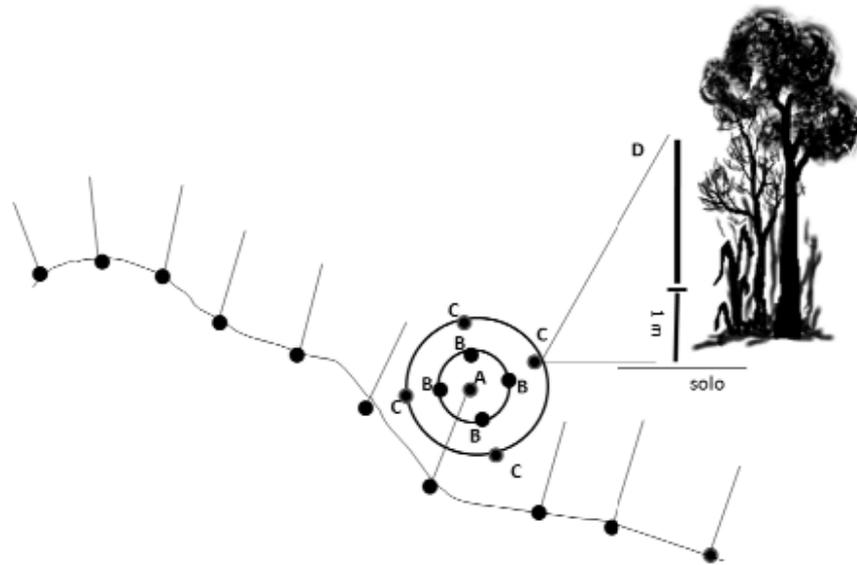


Figura 4. Esquema de coleta de dados: A) ponto de instalação do pitfall; B) pontos de medição da profundidade da serapilheira; C) pontos de medição do número de toques na vegetação; D) metodologia empregada para medição do número de toques na vegetação, usando uma haste de 1,5 m apoiada sobre estrutura de madeira de um metro.

2.6 Análise dos dados

2.6.1 Organização das matrizes para análises

Para as análises dos dados, foram usadas matrizes de incidência das espécies nas amostras de *pitfall* (presença/ausência). Cada fragmento foi representado por 60 amostras de *pitfall*, indicando a presença/ausência das espécies no interior do fragmento, na borda e matriz adjacente. Em adição, foram organizadas matrizes com o número de registros de cada espécie para calcular similaridade entre os transectos de cada fragmento. Nesse caso, a matriz representava a soma do número de registros de espécies em 20 amostras de *pitfall* de cada transecto (isto é, matrizes com valores variando entre 0-20).

2.6.2 Hipótese 1: Análises sobre a relação entre a riqueza de espécies generalistas e tamanho dos fragmentos

Para testar a hipótese que fragmentos menores têm mais espécies generalistas, as espécies foram classificadas em grupos funcionais e a riqueza de espécies de Onívoros Epígeos foi avaliada em relação ao tamanho do fragmento (pequeno ou grande) e posição do transecto no fragmento (matriz, borda ou interior).

O termo aleatório do modelo foi fragmento dado o transecto (matriz/borda/interior) e o período de coleta (seco ou chuvoso). O modelo formulado apresentava a seguinte estrutura:

Riqueza de Onívoros Epígeos ~ Tamanho do Fragmento + Transecto + (Área/ Transecto/ Coleta).

Foi usado um modelo linear geral misto (GLMMs) com distribuição de erros de Poisson. Os GLMMs permitem especificar efeitos fixos e aleatórios, através de uma estrutura de erro no modelo (que permite corrigir os graus de liberdade do modelo e os valores de probabilidade), sendo considerados, por isso, bastante robustos e flexíveis em análises de dados em ecologia, como aqueles obtidos em estudos de ecologia de comunidades (Bolker *et al.*, 2009). Foi usado a função *lmer* do pacote estatístico lme4 (Bates *et al.*, 2011) e a função *glmmPQL* do pacote MASSSS (Venables & Ripley, 2002) escrito em linguagem R.

Adicionalmente, a riqueza total de espécies generalistas encontrada em cada fragmento foi comparada entre os fragmentos de forma descritiva, para avaliar se fragmentos menores têm maior riqueza total de espécies generalistas (isso é, na escala das comunidades locais).

2.6.3 Hipótese 2: Similaridade de composição de espécies borda-interior

Estudos sobre fragmentação e comunidades de formigas sugerem que frequentemente é difícil detectar alterações nos valores de riqueza. Desse modo, para testar a hipótese de que fragmentos menores são mais frequentemente invadidos pelas espécies da matriz adjacente e borda, avaliou-se a composição faunística entre borda-interior para cada fragmento. A hipótese foi testada com um teste de similaridade (ANOSIM) aplicado às matrizes de presença-ausência das espécies em *pitfalls*. Para calcular a similaridade entre as amostras de *pitfall* foi usado um índice de presença-ausência (Jaccard). ANOSIM é um procedimento não paramétrico para testar a hipótese de que não há diferença entre dois ou mais grupos de amostras (McCune & Grace, 2002). A similaridade entre dois grupos é avaliada pela estatística R, que é uma medida de similaridade entre os locais. Valores de R próximos de zero indicam similaridade, enquanto que os valores de R próximos de um indicam alta dissimilaridade (Clarke & Green, 1988). Adicionalmente, calculou-se uma medida de similaridade geral entre borda-interior

para cada transecto, combinando o número de registros das espécies em 20 amostras (*pitfalls*). Foi empregada a distância de Bray-Curtis como medida de dissimilaridade.

2.6.4 Hipótese 3: Análises de riqueza total entre fragmentos grandes e pequenos

Para testar a hipótese de que fragmentos maiores têm maior riqueza de espécies, a riqueza de espécies capturadas em *pitfalls* foi comparada entre fragmentos, considerando a posição do transecto (interior, borda ou matriz). Em adição, a abundância de espécies de invertebrados foi considerada uma variável explicativa da riqueza de espécies, como uma estimativa de recurso alimentar disponível para formigas nos fragmentos. Foi usado um modelo linear misto generalizado (GLMMs) com distribuição de erros de Poisson. Os parâmetros do modelo foram calculados com a função *lmer* do pacote estatístico lme4 (Bates *et al.*, 2011). O termo aleatório do modelo foi fragmento dado o transecto de coleta (matriz/borda/interior) e o período de coleta. O modelo especificado tinha a seguinte estrutura:

Riqueza de espécies (*pitfalls*) ~ Tamanho do Fragmento + Transecto + Abundância de invertebrados.

Em adição a resposta da riqueza de espécies na escala dos *pitfalls*, diferenças de riqueza total entre os fragmentos foram avaliados com curvas de rarefação de espécies. As curvas foram plotadas (calculadas) em função do número de registros de espécies (eixo x), o que é uma medida melhor para comparar riqueza de espécies (Gotelli & Colwell, 2001). As curvas de rarefação foram calculadas usando a função *rarc* do pacote rich (Rossi, 2011). A riqueza esperada para cada fragmento foi obtida com o método bootstrap usando a função *specpool* do pacote vegan (Oksanen *et al.*, 2012).

2.6.5 Determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos

Para as análises foram considerados os valores médios de cada variável. Colinearidade entre variáveis foi avaliada com o valor de VIF (“Variance Inflation Factors”). Valores altos de VIF indicam um sério problema de colinearidade entre variáveis porque a variável resposta pode ser explicada por outras variáveis.

Variáveis com valores de VIF maiores que cinco foram excluídas das análises; esse é o caso de porcentagem de cobertura da serapilheira e circunferência dos troncos que foram retiradas de todos os modelos testados. Com muitos valores ausentes, pH e umidade relativa do solo também foram excluídas das análises. Em adição, temperatura foi excluída dos modelos porque originava problema numéricos em muitos modelos testados com a função `glmPQL`. As variáveis foram transformadas (padronizadas) com a função `scale` do programa R para corrigir problemas de assimetria na distribuição dos valores de algumas variáveis.

Modelos lineares gerais mistos (GLMMs) com distribuição Poisson foram usados para avaliar a relação entre riqueza de espécies e as variáveis selecionadas, usando a função `glmPQL` do pacote MASS (Venables & Ripley, 2002). Dois conjuntos de dados foram usados para a variável resposta (riqueza de formigas): (1) valores de riqueza de espécies registrados nos pontos em que as variáveis foram medidas (cinco *pitfalls* para cada transecto, chamado de Modelo I); (2) em um modelo alternativo, dados de riqueza foram agrupados em *pitfall* adjacentes ao *pitfall* em que as variáveis foram medidas (chamado de Modelo II). Nesse caso, a suposição do Modelo II é que os valores das variáveis são representativos dos *pitfall* adjacentes que não foram medidos; assim, os valores de riqueza de quatro *pitfalls* foram combinados (Figura 3). O modelo geral testado foi: Riqueza de espécies ~ complexidade da vegetação + Profundidade da serapilheira + DAP + Luminosidade + Umidade + Frutos + Número de Troncos + Tamanho dos Troncos.

Para o modelo (1) abundância de invertebrados também foi adicionada como variável preditora como último termo de modelo.

Para cada conjunto de dados da variável resposta (*pitfalls* não agrupados ou agrupados), três modelos foram testados. No primeiro, todas as amostras foram usadas para avaliar os determinantes da riqueza (180 amostras = 6 fragmentos x 3 transectos x 2 coletas x 5 *pitfalls*). O termo aleatório do modelo foi Área: Transecto: Coleta.

Para o segundo modelo, os transectos da matriz adjacente de cada fragmento foram excluídos. Considerando a grande dissimilaridade entre matriz e os demais transectos (borda ou interior dos fragmentos), os transectos da matriz foram excluídos do modelo. O objetivo foi determinar a importância das variáveis quando o transecto da matriz que tem valores altamente contrastantes é excluído dos

modelos. Nesse caso, o número de unidades amostrais do conjunto de dados era de 120 *pitfalls* (6 fragmentos x 2 transectos x 2 coletas x 5 *pitfalls*). O termo aleatório do modelo foi Área: Transecto: Coleta.

Finalmente, no terceiro modelo, a importância das variáveis foi determinada para os transectos da borda ou para os transecto do interior. Nesses casos, o número de unidades amostrais do conjunto de dados era de 60 *pitfalls* (6 fragmentos x 2 coletas x 5 *pitfalls*). O termo aleatório do modelo foi Área: Coleta.

Para determinar o modelo ótimo, variáveis não significativas foram retiradas uma a uma, e o modelo foi recalculado até que todos os termos tivessem valores significantes ($P < 0,05$) ou marginalmente significantes ($P < 0,10$).

3. RESULTADOS

3.1 Caracterizações da fauna de Formigas

No total foram amostradas 173 espécies de formigas, distribuídas em 49 gêneros e 10 subfamílias. O número de espécies em cada subfamília tem a seguinte distribuição: Myrmicinae (86 espécies), Formicinae (26 espécies), Ponerinae (18 espécies), Dolichoderinae e Pseudomyrmecinae (ambas com 13 espécies), e Ectatomminae (10 espécies), Ecitoninae (quatro espécies), Amblyoponinae, Cerapachyinae e Paraponerinae (ambas com uma espécie). Os gêneros mais ricos foram: *Pheidole* (22 espécies), *Camponotus* (17), *Pseudomyrmex* (13), *Solenopsis* (11) e *Trachymyrmex* (sete) (Anexo II).

Apenas 22 espécies foram encontradas em todos os fragmentos (pelo menos em um dos transectos), sendo elas: *Atta laevigata*; *Brachymyrmex* sp.1; *B.* sp.3; *Camponotus crassus*; *Crematogaster limata*; *Cyphomyrmex* sp.1; *Ectatomma edentatum*; *Mycocepurus smithii*; *Odontomachus chelifer*; *O. meinerti*; *Pheidole* sp.1, *P.* sp.3, *P.* sp.4, *P.* sp.5, *P.* sp.9; *Pseudomyrmex oculatus*; *Sericomyrmex* sp.1; *Solenopsis* sp.1; *S.* sp.2; *Tapinoma melanocephalum*; *Trachymyrmex* sp.3; *Wasmannia auropunctata* (Anexo II).

O transecto do interior dos fragmentos apresentou 23 espécies exclusivas, representando 13%, sendo a grande maioria pertencente ao grupo funcional de Onívoros Epígeos (Tabela 2, Anexo II).

Na borda foram registradas 25 espécies exclusivas (15%), a maioria das espécies do grupo de Arborícolas (Tabela 2, Anexo II).

Na matriz adjacente, 21 espécies foram exclusivas (12%), sendo a maioria pertencente também aos Onívoros Epígeos. As outras 104 espécies ocorreram em mais de um transecto, representando 60% das espécies (Tabela 2, Anexo II).

Tabela 2. Espécies de formigas classificadas em grupos funcionais e distribuição das espécies nos transectos amostrados nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Asterisco indica espécies coletadas em um único fragmento. Siglas: PC- Predadores Crípticos; AR- Arborícolas; ON- Onívoros; PE- Predadores Epígeos; AT- Attini; OC- Onívoros Crípticos e CO- Correição.

Grupo funcional	Espécies	Exclusivas			Mais de um transecto
		Interior	Borda	Matriz	
PC	<i>Prionopelta punctulata</i>		X		
PC	<i>Cylindromyrmex brasiliensis*</i>		X		
AR	<i>Azteca trigona</i>				X
AR	<i>Dolichoderus lutosus</i>				X
AR	<i>Dolichoderus</i> sp.1*		X		
AR	<i>Dolichoderus</i> sp.2		X		
ON	<i>Dorymyrmex brunneus</i>				X
ON	<i>Dorymyrmex</i> sp.1				X
ON	<i>Linepithema micans</i>				X
ON	<i>Linepithema</i> sp.1			X	
ON	<i>Linepithema</i> sp.2			X	
ON	<i>Linepithema</i> sp.3			X	
ON	<i>Tapinoma melanocephalum</i>				X
ON	<i>Tapinoma</i> sp.1*		X		
ON	<i>Tapinoma</i> sp.2*			X	
CO	<i>Labidus praedator</i>				X
CO	<i>Labidus coecus</i>				X
CO	<i>Neivamyrmex</i> sp.*	X			
CO	<i>Nomamyrmex esenbeckii*</i>		X		
PE	<i>Ectatomma brunneum</i>			X	
PE	<i>Ectatomma edentatum</i>				X
PE	<i>Ectatomma opaciventre</i>				X
PE	<i>Ectatomma permagnum</i>				X
PE	<i>Ectatomma planidens</i>				X
PE	<i>Ectatomma tuberculatum</i>				X
PC	<i>Gnamptogenys acuminata*</i>			X	
PC	<i>Gnamptogenys regularis</i>				X
PC	<i>Gnamptogenys striatula</i>				X
PC	<i>Typhlomyrmex major*</i>		X		
ON	<i>Brachymyrmex</i> sp.1				X
ON	<i>Brachymyrmex</i> sp.2				X

Continuação

ON	<i>Brachymyrmex</i> sp.3			X
ON	<i>Brachymyrmex</i> sp.4			X
ON	<i>Camponotus atriceps</i>			X
ON	<i>Camponotus blandus</i>		X	
ON	<i>Camponotus crassus</i>			X
ON	<i>Camponotus depressus*</i>	X		
ON	<i>Camponotus latangulus*</i>	X		
ON	<i>Camponotus renggeri</i>			X
ON	<i>Camponotus sericeiventris</i>			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.1*		X	
ON	<i>Camponotus</i> sp.2			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.3			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.4			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.5			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.6			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.7			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.8			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.9			X
ON	<i>Camponotus</i> sp.10			X
AR	<i>Myrmelachista gallicola*</i>		X	
AR	<i>Myrmelachista</i> sp.1			X
ON	<i>Nylanderia</i> sp.1			X
ON	<i>Nylanderia</i> sp.2			X
ON	<i>Nylanderia</i> sp.3		X	
AT	<i>Acromyrmex aspersus</i>			X
AT	<i>Acromyrmex balzani</i>		X	
AT	<i>Acromyrmex coronatus*</i>	X		
AT	<i>Acromyrmex</i> pr. <i>hystrix</i>			X
AT	<i>Apterostigma</i> sp.1			X
AT	<i>Apterostigma</i> sp.2*		X	
AT	Attini Gen. Novo			X
AT	<i>Atta laevigata</i>			X
PC	<i>Basiceros stenognathum*</i>	X		
ON	<i>Cardiocondyla emeryi</i>		X	
OC	<i>Carebara urichi</i>			X
OC	<i>Carebara</i> sp.1*		X	
AR	<i>Cephalotes pinelii</i>			X
AR	<i>Cephalotes pusillus</i>			X

Continuação

AR	<i>Cephalotes</i> sp.1	X			
AR	<i>Creumatogaster crinosa</i> *	X			
AR	<i>Creumatogaster curvispinosa</i> *		X		
AR	<i>Creumatogaster evallans</i>			X	
AR	<i>Creumatogaster limata</i>				X
AR	<i>Creumatogaster victima</i> *			X	
AT	<i>Cyphomyrmex olitor</i> *	X			
AT	<i>Cyphomyrmex laevigatus</i>	X			
AT	<i>Cyphomyrmex</i> sp.1				X
AT	<i>Cyphomyrmex</i> sp.2*	X			
AT	<i>Cyphomyrmex</i> sp.3				X
AT	<i>Cyphomyrmex</i> sp.4				X
AT	<i>Kalathomyrmex emeryi</i> *		X		
AT	<i>Mycetarotes parallelus</i>				X
AT	<i>Mycocepurus goeldii</i>				X
AT	<i>Mycocepurus smithii</i>				X
AT	<i>Myrmicocrypta squamosa</i> *		X		
AT	<i>Myrmicocrypta</i> sp.1*	X			
AR	<i>Nesomyrmex</i> sp.1				X
AR	<i>Nesomyrmex</i> sp.2*		X		
PC	<i>Oxyepoecus browni</i> *	X			
ON	<i>Pheidole</i> sp.1				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.2				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.3				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.4				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.5				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.6*	X			
ON	<i>Pheidole</i> sp.7*		X		
ON	<i>Pheidole</i> sp.8		X		
ON	<i>Pheidole</i> sp.9				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.10*	X			
ON	<i>Pheidole</i> sp.11				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.12				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.13				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.14				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.15*	X			
ON	<i>Pheidole</i> sp.16				X
ON	<i>Pheidole</i> sp.17*			X	

Continuação

ON	<i>Pheidole</i> sp.18		X	
ON	<i>Pheidole</i> sp.19			X
ON	<i>Pheidole</i> sp.20*	X		
ON	<i>Pheidole</i> sp.21			X
ON	<i>Pheidole</i> sp.22*		X	
ON	<i>Pogonomyrmex naegelii</i>		X	
OC	<i>Rogeria</i> sp.1*	X		
AT	<i>Sericomyrmex</i> sp.1			X
AT	<i>Sericomyrmex</i> sp.2			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.1			X
OC	<i>Solenopsis</i> sp.2			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.3			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.4			X
OC	<i>Solenopsis</i> sp.5	X		
ON	<i>Solenopsis</i> sp.6			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.7			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.8*		X	
OC	<i>Solenopsis</i> sp.9			X
ON	<i>Solenopsis</i> sp.10*		X	
ON	<i>Solenopsis</i> sp.11*		X	
PC	<i>Strumigenys eggersi</i>			X
PC	<i>Strumigenys elongata</i> *	X		
PC	<i>Strumigenys emeryi</i> *		X	
PC	<i>Strumigenys smithii</i>			X
PC	<i>Strumigenys xenochelyna</i>			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> (gr. Cornetzi) sp.			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.1			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.2			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.3			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.4			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.5			X
AT	<i>Trachymyrmex</i> sp.6*		X	
ON	<i>Wasmannia auropunctata</i>			X
ON	<i>Wasmannia rochai</i>			X
PE	<i>Paraponera clavata</i> *	X		
PC	<i>Anochetus neglectus</i>			X
PC	<i>Anochetus altisquamis</i>			X
PC	<i>Centromyrmex brachycola</i>			X

Continuação

PC	<i>Hypoponera</i> sp.1				X
PC	<i>Hypoponera</i> sp.2				X
PC	<i>Hypoponera</i> sp.3				X
PC	<i>Hypoponera</i> sp.4*	X			
PC	<i>Hypoponera</i> sp.5				X
PE	<i>Odontomachus bauri</i>		X		
PE	<i>Odontomachus chelifer</i>				X
PE	<i>Odontomachus meinerti</i>				X
PE	<i>Pachycondyla commutata</i>		X		
PE	<i>Pachycondyla harpax</i>				X
PE	<i>Pachycondyla marginata*</i>	X			
PE	<i>Pachycondyla obscuricornis</i>				X
PE	<i>Pachycondyla striata</i>				X
PE	<i>Pachycondyla villosa</i>				X
PC	<i>Thaumatomyrmex mutilatus*</i>		X		
AR	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>				X
AR	<i>Pseudomyrmex</i> (gr.Gracilis) sp.1*			X	
AR	<i>Pseudomyrmex</i> (gr.Gracilis) sp.2				X
AR	<i>Pseudomyrmex oculatus</i>				X
AR	<i>Pseudomyrmex simplex</i>				X
AR	<i>Pseudomyrmex tenuis</i>				X
AR	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>			X	
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1*		X		
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.2*			X	
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.3*		X		
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.4				X
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.5*	X			
AR	<i>Pseudomyrmex</i> sp.6				X
TOTAL		23	25	21	104

Os grupos funcionais com maior riqueza de espécies foram Onívoros Epígeos com 67 espécies (39% da riqueza total), seguido por Attini com 29 espécies (17%), Arborícolas com 29 espécies (17%), Predadores Crípticos com 22 espécies (13%), Predadores Epígeos com 16 espécies (9%), Onívoros Crípticos com seis espécies (3%) e formigas de Correição com quatro espécies (2%) (Figura 5; Anexo II).

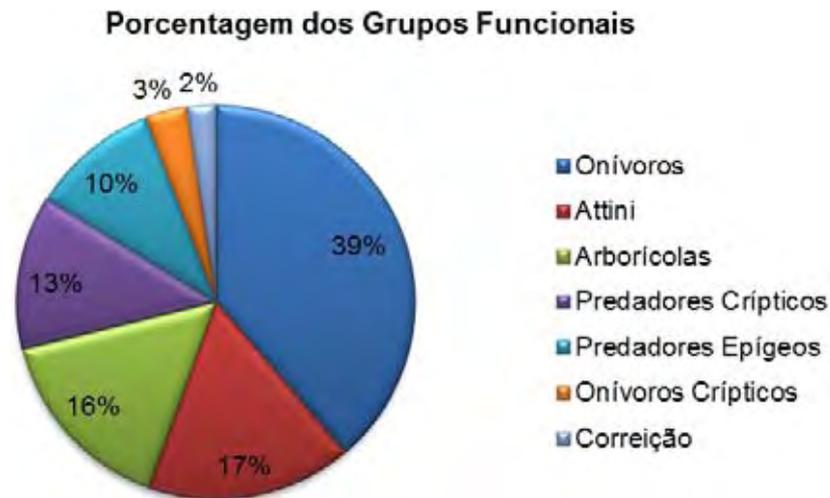


Figura 5. Distribuição das espécies em cada grupo funcional amostradas nos seis fragmentos da região noroeste do estado de São Paulo, Brasil.

3.2 Hipótese 1: Relação entre tamanho do fragmento e riqueza de espécies generalistas

A hipótese foi testada usando o grupo funcional de Onívoros Epígeos porque este foi o grupo mais frequente nas amostras. A predição desta hipótese é que a riqueza de espécies generalistas seria, em média, maior nos *pitfalls* dos fragmentos menores. O modelo linear generalizado suporta, em parte, a hipótese que fragmentos menores têm maior riqueza de espécies de Onívoros Epígeos coexistindo em uma escala local (*pitfalls*). Os transectos da borda e interior dos fragmentos não apresentaram diferenças de riqueza de espécies, mas o número de espécies generalistas na matriz adjacente é significativamente menor que no interior dos fragmentos, independentemente do tamanho dos fragmentos. Ainda, uma relação positiva entre riqueza de Onívoros Epígeos e abundância de invertebrados nas amostras foi significativa (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados do modelo GLMM para testar a relação entre riqueza de espécies generalistas de formigas (Onívoros Epígeos), tamanho e a posição do transecto nos fragmentos (matriz, borda, interior). Valores em negrito indicam valores significantes ($P < 0,05$).

Fragmentos/Transectos	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatística z	Pr(> z)
Tamanho: Maior	-0,043	0,170	-0,254	0,800
Tamanho: Menor	0,267	0,160	1,674	0,000
Local: Interior	0,118	0,102	1,151	0,250
Local: Matriz	-0,745	0,110	-6,777	0,000
Invertebrados	0,290	0,032	9,113	0,000

3.2.1 Riqueza total de espécies generalistas e tamanho do fragmento (H1)

Com base na literatura sobre grupos funcionais de formigas, em fragmentos grandes a predição era maior riqueza de espécies dos grupos funcionais de Predadores Crípticos, Onívoros crípticos, Predadores Epígeos, Arborícolas e Attini.

Para as análises de riqueza de espécies generalistas, fragmentos menores apresentam valores relativamente maiores de riqueza de espécies (isto é, a soma de espécies generalistas encontradas nos transectos do interior, da borda e da matriz dos fragmentos). O fragmento P1 apresentou a maior riqueza de espécies de Onívoros Epígeos (49) (Tabela 4).

Para o grupo funcional de Predadores Crípticos, a maior riqueza encontrada foi no fragmento P1 (14 espécies), em Onívoros Crípticos não houve um padrão entre os fragmentos maiores e menores. Predadores Epígeos foram mais ricos no fragmento G1 (12 espécies), Arborícolas também no fragmento G1 (17 espécies), Attini no fragmento G2 (17 espécies) e Formigas de Correição no fragmento G3 (três espécies) (Tabela 4).

Não há diferença de riqueza total de espécies entre as classes de tamanho avaliadas.

Tabela 4. Riqueza dos grupos funcionais de formigas nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Em negrito os maiores valores para cada grupo funcional.

Grupos Funcionais	Fragmentos grandes			Fragmentos pequenos		
	G1	G2	G3	P1	P2	P3
Predadoras Crípticas	4	6	6	14	10	6
Onívoras Crípticas	3	2	-	3	3	1
Predadoras Epígeas	12	9	7	8	8	11
Onívoras Epígeas	35	32	24	49	32	33
Arborícolas	17	5	11	9	9	6
Attini	12	17	8	16	11	16
Correição	2	1	3	-	1	1
Total	85	72	59	99	74	74

3.3 Hipótese 2: Similaridade borda-interior e tamanho dos fragmentos

Nas análises de composição entre borda e interior dos fragmentos não foi encontrado nenhum suporte às hipóteses testadas. Testes de similaridade usando dados de presença e ausência (índice de Jaccard) nos *pitfalls* não detectaram diferenças quando fragmentos maiores e menores são comparados. Há quatro comparações com resultados significativos (G1, P1, P2 e P3) (Tabela 5); no entanto, quando borda e interior são diferentes em composição, os testes estão na direção oposta da hipótese porque todos os fragmentos pequenos têm composição diferente (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados do teste de similaridade (ANOSIM, similaridade de Jaccard) entre transectos da borda e interior para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$).

Área	Estatística-R	Valor de p
G1	0,076	0,001
G2	0,027	0,051
G3	0,027	0,065
P1	0,058	0,007
P2	0,268	0,001
P3	0,090	0,001

Nas análises de similaridade com dados quantitativos (distância de Bray-Curtis, usando o transecto como unidade de comparação) as comparações da similaridade entre transectos de cada fragmento, as áreas que apresentaram a menor distância foram G1 e P3 (distância de Bray-Curtis = 0,28); o que não corrobora com a expectativa de maior similaridade entre borda-interior nos fragmentos menores. A maior riqueza total observada foi em um fragmento de tamanho relativo menor P1 (82 espécies) (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de similaridade com dados quantitativos (distância de Bray-Curtis) da fauna de formigas (comparações borda x interior usando número de registro das espécies em *pitfalls*), valores de riqueza e espécies compartilhadas entre transectos da borda (B) e do interior (I), em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores com maior similaridade foram destacados em negrito, bem como para maiores valores de riqueza. * Valores de riqueza da borda e interior considerados para testar a hipótese 2.

Fragmentos	Similaridade B_I (Bray-Curtis)	Riqueza total (B + I)	Riqueza na Borda*	Riqueza no Interior*	Espécies Compartilhadas
G1	0,28	68	56	50	38
G2	0,41	65	45	47	27
G3	0,41	51	31	41	21
P1	0,36	82	61	59	38
P2	0,37	68	52	47	31
P3	0,28	59	49	43	33

3.4 Hipótese 3: Relação entre riqueza total de espécies e tamanho do fragmento

A predição de que fragmentos maiores têm maior riqueza total de espécies foi avaliada em duas escalas, chamadas de “comunidade” (riqueza total) e escala local “*pitfalls*”; em adição, a abundância de invertebrados foi incluída como uma variável explicativa nos modelos.

Essa hipótese foi avaliada de duas formas: (1) avaliando curvas de rarefação de espécies com intervalos de confiança (escala de “comunidades”) e (2) um modelo geral sobre a relação entre riqueza de espécies nos *pitfalls*, tamanho do fragmento e posição do transecto (matriz/borda/interior) e uma variável de recurso alimentar para testar se a riqueza de espécies de formigas nos fragmentos está também relacionada à abundância de outros invertebrados.

A figura 6 mostra de modo comparativo curvas de rarefação de espécies para as seis áreas de estudo. A maior riqueza observada foi registrada em um fragmento pequeno, P1 (99 espécies), seguido por G1 (85 espécies) P2 e P3 (ambos com 74 espécies), G2 (72 espécies) e G3 (59 espécies) (Tabela 7, Figura 6). Em geral, curvas de fragmentos maiores ou menores não têm diferenças significativas de acumulação de espécies, (ver curvas em 400 registros de formigas em *pitfalls*), embora um fragmento menor (P1) e um fragmento maior (G3) tenham riqueza acumulada significativamente acima e abaixo, respectivamente; não há evidências de que fragmentos maiores tenham maior riqueza de espécies na escala de comunidades do presente estudo.

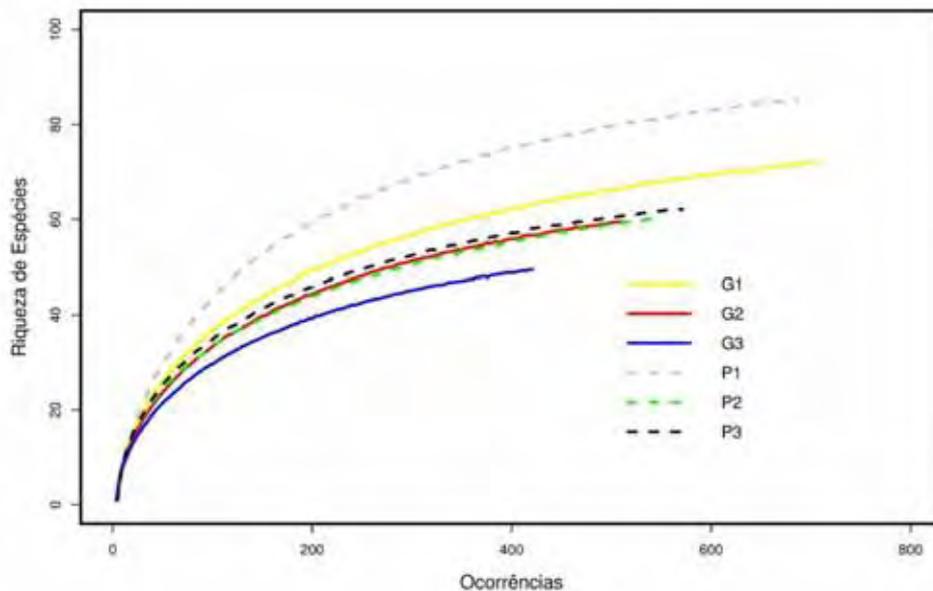


Figura 6. Curvas de rarefação de espécies de formigas coletadas em pitfalls nos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do noroeste do Estado de São Paulo. Linhas contínuas indicam fragmentos classificados como maiores (G1, G2, G3); linhas pontilhadas indicam fragmentos classificados como menores (P1, P2, P3).

Tabela 7. Riqueza de formigas observada e estimada (estimador Bootstrap) em seis fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Em negrito maior riqueza observada.

Fragmentos	Riqueza Observada	Riqueza Estimada (Bootstrap)	Desvio Padrão (estimador)
G1	85	97,91	3,26
G2	72	84,33	3,47

G3	59	68,51	2,65
P1	99	112,55	3,33
P2	74	87,65	3,37
P3	74	85,69	3,56

No modelo geral da relação entre riqueza de espécies nos *pitfalls*, tamanho dos fragmentos, posição do transecto (matriz/borda/interior) e recurso alimentar, não detectamos diferença de riqueza de espécies nos *pitfalls* entre fragmentos maiores e menores (Tabela 8). Também não foi encontrada diferença de riqueza de espécies entre borda e interior dos fragmentos. No entanto, matriz adjacente tem menor riqueza de espécies. Abundância de invertebrados é um significativo preditor da riqueza de espécies de formigas nos *pitfalls* (Tabela 8).

Tabela 8. Resultados do modelo GLMM aplicados para testar a relação entre riqueza de espécies de formigas registradas em *pitfalls*, tamanho dos fragmentos, posição do transecto (matriz, borda, interior) e recurso alimentar (abundância de invertebrados). Nas comparações entre transectos, o transecto de referência é borda.

Fragmentos/ Transectos	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatística z	Pr(> z)
Tamanho: Grande	0,647	0,171	3,784	0,000
Tamanho: Pequeno	0,074	0,187	0,397	0,692
Local: Interior	0,150	0,110	1,364	0,172
Local: Matriz	-1,036	0,116	-8,917	0,001
Abundância de invertebrados	0,292	0,025	11,558	0,000

3.5 Determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos

Médias de todas as variáveis coletadas relacionadas à estrutura da vegetação e fatores abióticos da primeira e da segunda coleta são descritos nos anexos III e IV.

Para invertebrados coletados (recurso alimentar) na primeira coleta, cinco fragmentos (G1, G2, G3, P1, P3) apresentaram os transectos das matrizes adjacentes com a maior abundância de invertebrados, apenas para P2, o transecto da borda foi o mais abundante. Na segunda coleta, três fragmentos apresentaram abundância de invertebrados maior nos transectos das matrizes adjacentes (G3, P1 e P3); dois fragmentos foram mais abundantes no interior (G1 e G2) e P2 novamente mais abundante na borda (Anexos V e VI).

As ordens mais abundantes coletadas nos transectos do interior foram: Collembola, Diptera, Coleoptera e Psocoptera. Nas bordas foram: Collembola, Diptera, Coleoptera e Acari. E para os transectos da matriz adjacente: Collembola, Hemiptera e Diptera. Abundância das ordens coletadas nos *pitfalls* e estatísticas descritivas são apresentadas nos anexos V e VI.

3.5.1 Modelo de Análise I (cinco *pitfalls*/transecto)

1) Modelo com todos os transectos (I, B e M)

Os resultados da análise considerando todos os transectos (interior, borda e matriz adjacente) e todas as amostras, indicam quatro variáveis associadas à riqueza de formigas: o número de espécies aumenta com a complexidade da vegetação, com número de troncos, tamanho dos troncos e recurso alimentar (invertebrados) (Tabela 9).

Tabela 9. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando todos os transectos dos fragmentos (matriz, borda e interior), descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$).

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatístico	Valor- p
Intercepto	1,455	0,109	13,401	0,000
Complexidade da Vegetação	0,111	0,043	2,595	0,011
Número de Troncos	0,191	0,057	3,347	0,001
Tamanho dos Troncos	0,132	0,052	2,512	0,013
Abundância de invertebrados	0,161	0,038	4,188	0,000

2) Modelo excluindo o transecto da matriz (I e B)

O modelo analisado sobre a relação de riqueza de espécies excluindo os transectos da matriz adjacente dos fragmentos indica que duas variáveis são determinantes da riqueza de formigas na borda e no interior dos fragmentos, DAP (circunferência das árvores; marginalmente significativo) e a abundância de invertebrados (com importância relativa maior que DAP) (Tabela 10).

Tabela 10. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos da borda e interior dos fragmentos (excluiu matriz adjacente) descrevendo a relação entre variáveis

explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$) ou marginalmente significativos ($P < 0,10$). GL (grau de liberdade) = 94.

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatístico	Valor- p
Intercepto	1,857	0,089	20,814	0,001
DAP	0,095	0,054	1,752	0,083
Abundância de invertebrados	0,205	0,049	4,160	0,001

3) Modelos considerando os transectos da borda ou do interior

O modelo mínimo GLMM identificou que os determinantes da riqueza de espécies de formigas no interior dos fragmentos foram variáveis relacionadas à estrutura da vegetação e recursos de nidificação ou alimentação (DAP, número de troncos e abundância de invertebrados) (Tabela 11).

Tabela 11. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos do interior dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$).

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatístico	Valor- p
Intercepto	1,823	0,102	17,904	0,000
DAP	0,225	0,098	2,292	0,027
Tamanhos Troncos	0,182	0,080	2,271	0,028
Abundância de invertebrados	0,354	0,096	3,697	0,001

Para o transecto da borda dos fragmentos, o modelo mínimo GLMM identificou duas variáveis determinantes da riqueza de espécies, número de frutos (relação negativa) e abundância de invertebrados (Tabela 12).

Tabela 12. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando transectos da borda dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$) ou marginalmente significativos ($P < 0,10$).

	Parâmetro	Erro	Estatístico	Valor- p
--	-----------	------	-------------	----------

Intercepto	1,807	0,083	21,845	0,000
Número de Frutos	-0,109	0,061	-1,787	0,081
Abundância de invertebrados	0,154	0,060	2,574	0,013

3.5.2 Modelo de Análise II (20 *pitfalls*/transecto):

Os resultados dos modelos apresentados a seguir, consideram informações sobre riqueza de espécies de todos os *pitfalls* dos transectos. A riqueza de espécies em *pitfalls* adjacentes foi somada (representados em retângulos na Figura 3) e as variáveis medidas foram usadas para representar as condições dos transectos nos retângulos delimitados na Figura 3.

1) Modelo com todos os transectos (I, B e M)

Analisando todos os transectos e todas as amostras, três variáveis são determinantes dos valores de riqueza observadas: a riqueza decresce com aumento da luminosidade e aumenta com maior disponibilidade de umidade e disponibilidade de troncos no habitat. A contribuição dessas variáveis é aproximadamente igual (Tabela 13).

Tabela 13. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando todos os transectos dos fragmentos (matriz, borda e interior), descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$) ou marginalmente significativos ($P < 0,10$).

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatístic	Valor- p
Intercepto	2,338	0,119	19,645	0,000
Luminosidade	-0,041	0,025	-1,662	0,099
% Umidade relativa do ar	0,080	0,036	2,200	0,029
Número Troncos	0,066	0,038	1,752	0,082

2) Modelo excluindo o transecto da matriz (I e B)

Quando consideramos os dados de todos os *pitfalls* e transectos, nenhuma variável explica riqueza de formigas, o que sugere que na escala analisada (dados de *pitfalls* agrupados), as diferenças entre a matriz e os transectos da borda ou do interior são determinantes das diferenças reveladas no modelo acima (Tabela 14).

Tabela 14. Resultados do modelo GLMM considerando os transectos da borda e interior dos fragmentos (transectos da matriz excluídos) descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatistic	Valor- p
Intercepto	2,707	0,074	36,564	0,000
Complexidade vegetação	-0,033	0,027	-1,200	0,233
Profundidade da serapilheira	-0,026	0,037	-0,695	0,489
DAP	0,048	0,035	1,358	0,178
Luminosidade	-0,025	0,023	-1,121	0,265
Umidade relativa	0,057	0,031	1,813	0,073
Número Frutos	-0,006	0,022	-0,280	0,780
Número Troncos	0,013	0,037	0,358	0,722
Tamanho Troncos	-0,033	0,034	-0,966	0,337

3) Modelos considerando os transectos da borda ou do interior

Analisando resultados apenas para transectos do interior dos fragmentos, a riqueza de espécies em *pitfalls* tem uma relação negativa com a profundidade da serapilheira, luminosidade, o número de frutos e tamanho dos troncos no habitat (Tabela 15).

Tabela 15. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando os transectos do interior dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$) ou marginalmente significativos ($P < 0,10$).

	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Estatístic	Valor- p
Intercepto	2,785	0,053	52,378	0,000
Profundidade da serapilheira	-0,086	0,043	-1,980	0,054
Luminosidade	-0,042	0,024	-1,730	0,091
Número Frutos	-0,041	0,022	-1,821	0,076
Tamanho Troncos	-0,106	0,046	-2,289	0,027

Uma análise restrita aos *pitfalls* das bordas dos fragmentos sugere que a complexidade da vegetação tem um efeito negativo, diminuindo a riqueza de espécies e que a riqueza de espécies aumenta em locais com maior umidade relativa (Tabela 16).

Tabela 16. Resultados do modelo mínimo GLMM considerando os transectos da borda dos fragmentos descrevendo a relação entre variáveis explicativas e riqueza de formigas em *pitfalls* para os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Valores em negrito indicam valores significativos ($P < 0,05$). GL (grau de liberdade) = 46.

	Parâmetro	Erro Padrão	Estatístic	Valor- p
Intercepto	2,694	0,100	26,960	0,000
Complexidade Vegetação	-0,103	0,045	-2,311	0,025
Umidade relativa	0,116	0,040	2,941	0,005

4. DISCUSSÃO

Riqueza de espécies em matas semidecíduas

De uma maneira geral, o número de espécies coletadas nos fragmento de Floresta Estacional Semidecidual ficou acima do esperado, usando como base de comparação outros levantamentos feitos em vários estados do Brasil, os valores de riqueza de espécies, foram menores (Santos *et al.*, 2006; Ribas *et al.*, 2005; Sobrinho *et al.*, 2003; Sobrinho & Schoereder, 2007; Silva *et al.*, 2007; Leal *et al.*, 2012).

Foram coletadas 10 subfamílias das 15 encontradas na região neotropical. A representatividade das subfamílias de Formicidae neste estudo está de acordo com os resultados de Noll *et al.* (2012) para a região noroeste do estado de São Paulo, Leal (2002) para o estado de Pernambuco, bem como outras regiões brasileiras, como a Floresta Atlântica do Sul e do Sudeste (Leal & Lopes, 1992; Leal *et al.*, 1993; Silva *et al.*, 2007), a Floresta Amazônica (Carvalho & Vasconcelos, 1999) a Caatinga (Leal, 2003) ou o Pantanal (Corrêa *et al.*, 2006). Isso reflete a diversidade geral dos diferentes grupos de formigas na região Neotropical (Hölldobler & Wilson, 1990; Bolton, 1994).

A predominância de Myrmicinae também pode ser explicada por este ser um grupo que se adapta a diversos nichos ecológicos na região Neotropical (Fowler *et al.*, 1991). Segundo Bolton (1995), mais de 45% das espécies e mais de 52% dos gêneros de Formicidae pertencem a essa subfamília.

Pheidole e *Camponotus* foram os gêneros mais ricos, resultados similares aos de Majer & Delabie (1994), Soares *et al.* (1998); Marinho *et al.* (2002) e Schmidt *et al.* (2011); embora métodos de coleta e biomas diferentes tenham sido utilizados. Isso ocorreu certamente porque esses dois gêneros estão entre os mais amplamente distribuídos e frequentes na região Neotropical (Wilson, 1976).

Pheidole apresentou a maior riqueza de espécies. Segundo Wilson (2003), é um gênero hiperdiverso, existindo mais de 600 espécies. O fato de ocorrer em todos os fragmentos como o mais frequente, pode estar relacionado à sua tendência oportunista, patrulhando ativamente o ambiente em busca de alimento (Ramos *et al.*, 2003).

Camponotus apresentou a segunda maior riqueza específica. Este gênero possui um dos maiores números de espécies descritas em nível mundial (Hölldobler & Wilson, 1990), tem ampla distribuição geográfica e grande diversidade de adaptações ecológicas. Possui uma dieta bastante variada, muitas espécies têm alta capacidade de invasão e adaptação para interagir com outros organismos (Wilson, 1976).

Pseudomyrmex aparece como o terceiro gênero em termos de riqueza nos fragmentos de Floresta Semidecidual. As espécies deste gênero patrulham grandes áreas ao redor do ninho solitariamente e são muito ágeis. Podem atuar como predadoras de solo ou visitantes de nectários extraflorais. São espécies de hábito diurno, orientam-se pela visão e evitam interações agressivas com outras espécies. A maioria das espécies nidifica em vegetação, com exceção de algumas que nidificam em troncos caídos (Silvestre *et al.*, 2003). O registro de 13 espécies em *pitfalls* não é algo comum. Levantamentos faunísticos com a mesma metodologia têm registrado no máximo três espécies (Ribas *et al.*, 2005; Corrêa *et al.* 2006; Vargas *et al.* 2007; Schütte *et al.*, 2007; Madureira *et al.* 2012), incluindo amostragens com extratores de Winkler (Silva & Silvestre, 2004; Sobrinho & Schoereder, 2007). A maioria das espécies foi coletada na primeira coleta, representando a estação seca, o que pode estar relacionado à escassez de recursos para alimentação nas árvores, aumentando a atividade de forrageio no chão dos fragmentos.

Solenopsis apresentou 11 espécies, incluindo algumas espécies que se adaptam bem a locais perturbados, como em sistemas de plantio com revolvimento do solo. Alguns estudos têm encontrado algumas espécies exclusivamente em solos sem cobertura de serapilheira (Matos *et al.*, 1994). É apontado como gênero comum em áreas que sofreram antropização, dada à presença e frequência de algumas espécies (Nascimento *et al.*, 2006).

A maioria das formigas encontradas neste estudo nidifica no solo, embora espécies que nidificam em árvores foram coletadas forrageando no solo, mostrando a capacidade desses organismos de explorar fontes de alimento mesmo em locais onde a competição pode ser alta (Lopes *et al.*, 2010).

Espécies representadas por um único registro (Tabela 2; Anexo II) somam aproximadamente 21% das espécies coletadas e podem ser consideradas

localmente raras. Muitos levantamentos neotropicais da fauna de solo demonstram uma alta incidência de espécies raras em comunidades locais de formigas (Olson, 1991; Delabie *et al.*, 2000; Feitosa & Ribeiro, 2005).

Das 22 espécies que foram encontradas em todos os fragmentos (em pelo menos um transecto), 10 delas são espécies de gêneros comuns em todos os biomas do Brasil (*Brachymyrmex* sp.1, *B.* sp.3; *Camponotus crassus*, *Pheidole* sp.1, *P.* sp.3, *P.* sp.4, *P.* sp.5, *P.* sp.9, *Solenopsis* sp.1, *S.* sp.2). Especialmente, *Tapinoma melanocephalum* e *Wasmannia auropunctata* são formigas que estão presentes em diversos habitats, são abundantes principalmente nas camadas superficiais do solo, são onívoras generalistas e dominantes em muitos habitats (Wilson, 2003); a ocorrência dessas espécies está geralmente ligada ao grau de perturbação ambiental (Holway *et al.*, 2002).

Os transectos da borda dos fragmentos apresentaram a maior riqueza de espécies (25) em relação aos outros transectos. De acordo com Risser (1995), na borda estão presentes tanto espécies exclusivas do fragmento de mata, como as comumente encontradas na matriz de entorno, além de algumas espécies que ocupam apenas essa região de transição entre os dois habitats (ecótono) devido à disponibilidade de novos habitats e micro-habitat. Nesses casos, o aumento de riqueza nas bordas pode ser um ruído nas análises (Rosenzweig, 1995; Turner, 1996; Kunin, 1997; Abensperg-Traun & Smith, 1999), proporcionando oportunidades para invasão de espécies, ou mudanças dentro dos remanescentes (DeSouza *et al.*, 2001).

O grupo funcional mais rico foi representado pelas espécies Onívoras Epígeas (67 espécies), resultado similar ao registrado para grupos funcionais de formigas em fragmentos de Floresta Atlântica Nordeste (Leal *et al.*, 2012), exceto por Onívoros Crípticos (20 espécies em Leal *et al.*, 2012) que no presente trabalho foi representado por apenas seis espécies.

Hipótese 1: Relação entre tamanho do fragmento e riqueza de espécies generalistas

De acordo com a expectativa, *pitfalls* de fragmentos menores em geral tiveram valores relativamente maiores de riqueza de espécies generalistas, resultado este que corrobora com a maioria dos trabalhos sobre o assunto (Sobrinho

et al., 2003; Schoereder *et al.*, 2003; Schoereder *et al.*, 2004a; Leal *et al.*, 2012; Madureira *et al.*, 2012). Por outro lado, borda e interior não tiveram diferenças de riqueza de espécies, mas a matriz adjacente teve consistentemente menor número de espécies generalistas que a borda ou o interior dos fragmentos. A significativa redução de riqueza na matriz já era esperada, já que é um habitat pouco estruturado, não disponibilizando variedade de sítios para nidificação, alimento, microclimas e interações interespecíficas para as formigas se estabelecerem. É interessante notar que a variável recurso alimentar está significativamente associada com a riqueza de Onívoros Epígeos nos *pitfalls*, incluindo a matriz.

Estudos não mostram efeitos consistentes de tamanho de fragmento na riqueza de espécies, mas as bordas tendem a ter maior riqueza de espécies do que o interior florestal (Majer *et al.*, 1997; Dejean & Gibernau, 2000; Golden & Crist, 2000; Vasconcelos *et al.*, 2012).

Um dos resultados aplicados sobre os efeitos da fragmentação em comunidades de formigas é que a qualidade da matriz circundante dos fragmentos é importante, e que as matrizes que são mais semelhantes à estrutura da floresta podem estabelecer uma conexão entre fragmentos (Belshaw & Bolton, 1993; Carvalho & Vasconcelos, 1999).

Em geral espécies generalistas têm maior taxa de colonização em fragmentos menores do que espécies especialistas (Schoereder *et al.*, 2004a). Em nosso estudo, esta hipótese foi parcialmente aceita quando recurso alimentar foi inserido no modelo; fragmentos menores têm em geral, maior riqueza de espécies onívoras na escala do *pitfall*. O maior valor de riqueza de Onívoros Epígeos ocorreu em um fragmento de tamanho menor (P1), enquanto a maioria dos grupos funcionais considerados especialistas colonizaram principalmente fragmentos maiores, como em G1 para Predadoras Epígeas e Arborícolas, e Attini em G2. Entretanto, na escala de comunidades, não houve diferença significativa da riqueza total de espécies entre fragmento maiores e menores.

Na maioria dos casos, locais perturbados ou mais homogêneos são dominados por espécies oportunistas ou generalistas, geralmente porque estas espécies podem tirar proveito de mudanças de base de recursos, especialmente quando a perturbação tem uma vantagem competitiva (Philpott *et al.*, 2010). Já

formigas com hábitos mais especializados tendem a ser mais sensíveis à fragmentação florestal, diminuindo em abundância em pequenos fragmentos.

Hipótese 2: Similaridade borda-interior e tamanho dos fragmentos

A segunda hipótese testada, envolvendo similaridade borda-interior e o tamanho do fragmento, não foi confirmada. Testes de similaridade não detectaram diferenças na composição de espécies entre borda e interior quando se comparou fragmentos maiores e menores. O teste apresentou quatro resultados significativos, mas em direção oposta à hipótese (isso é, em fragmentos menores). Sobrinho & Schoereder (2007), também não encontraram diferenças na composição de espécies entre borda e interior. Na Amazônia central, Carvalho & Vasconcelos (1999) relataram grandes alterações na composição de espécies de formigas em bordas e interiores de fragmentos florestais.

Nas análises de similaridade borda-interior na escala dos transectos, as áreas que apresentaram as menores distâncias foram G1 e P3, não corroborando a expectativa de maior similaridade entre borda e interior nos fragmentos menores, já que um fragmento maior compartilha o mesmo número de espécies que um fragmento menor. A maior riqueza total (borda e interior) observada foi em fragmento menor (P1) que apresenta o menor efeito de borda (tabela 1, índice de forma: 1,28). De acordo com Sobrinho & Schoereder (2007), remanescentes com formas irregulares têm menor riqueza de espécies do que os com formas regulares, podendo ser uma explicação para nosso resultado.

Usualmente, remanescentes maiores têm maior área interna em relação à área de borda (Sobrinho & Schoereder, 2007). Este padrão é comumente refletido pela relação negativa entre a complexidade da forma e área remanescente (McGarigal & Marks, 1994). Entretanto, esta relação negativa não parece ser um padrão consistente, porque ambas as relações estão sendo encontradas (Ochoa-Gaona *et al.*, 2004; Louzada, 2000).

Hipótese 3: Relação entre riqueza total de espécies e tamanho do fragmento

Não detectamos correlação entre a riqueza de espécies de formigas e o tamanho dos fragmentos em Florestas Semidecíduas. A maior riqueza observada foi registrada em um fragmento menor (P1). O mesmo resultado também foi verificado

em outros grupos taxonômicos estudados por Noll *et al.* (2012) na mesma região do estudo. De forma semelhante Santos *et al.* (2006) não encontraram correlação entre tamanho dos fragmentos e riqueza de espécies para a Floresta Atlântica do Sudeste. O mesmo padrão foi descrito por Vasconcelos (1998) e Carvalho & Vasconcelos (1999) na Amazônia. Nessa mesma região, Gascon *et al.* (1999) relataram que as formigas respondiam à fragmentação diferentemente dos grupos de vertebrados (sapos, aves e pequenos mamíferos).

Além do tamanho, a forma dos fragmentos também influencia o grau do impacto do efeito de borda, incluindo os fluxos bióticos e abióticos (Farina, 2007). Uma das razões para a falta de influência do tamanho dos fragmentos sobre a riqueza de formigas observada nesse estudo pode estar na alta proporção de borda dos fragmentos grandes, o índice de forma (Tabela 1) em quase todos os fragmentos maiores tem valor superior aos dos fragmentos menores.

Em estudo feito por Kunin (1997), a forma da remanescente teve uma influência muito significativa sobre o número de espécies. Já para Sobrinho & Schoereder *et al.* (2007) esta relação não foi encontrada.

Uma questão em debate que tem preocupado vários pesquisadores é sobre a forma ideal de reservas. Alguns sugerem que as reservas deveriam ser mais circular possível para minimizar a degradação da borda relacionada aos efeitos de potencial peninsularidade (Kunin, 1997). A ideia original de que as reservas devem ser mais redondas o quanto possível (Wilson & Willis, 1975) baseava-se um suposto "efeito peninsular" (Simpson, 1964; MacArthur & Wilson, 1967). Outra pergunta comum para a criação de reservas, é se vários remanescentes pequenos protegem mais espécies do que um único remanescente grande, quando a área total protegida é padronizada (Virolainen *et al.*, 1998; Etienne & Heesterbeek, 2000). Alguns estudos empíricos sugerem que fragmentos menores mantêm uma maior riqueza de espécies do que os maiores (Boecklen, 1997; Virolainen *et al.*, 1998, Honnay *et al.*, 1999), enquanto alguns estudos teóricos sugerem maior riqueza de espécies em fragmentos maiores (Cole, 1981; Margules *et al.*, 1982).

Estudos em fragmentos variando entre 100 e 300 hectares não encontram relação entre riqueza de espécies de formigas e tamanho de fragmentos (Ribas *et al.*, 2005); três hipóteses foram sugeridas: (i) remanescentes de 50 ha preservam a mesma riqueza da paisagem original; (ii) fragmentos de 300 ha não conservam a

riqueza de espécies original, e (iii) as diferenças existem, mas não foram detectadas. Didham (1997) comenta que fragmentos de 100 ha são insuficientes para preservar uma comunidade inalterada, sugerindo que a área necessária para preservar todos os locais de fauna de invertebrados terrestres é entre 500 e 1000 hectares.

Revisão feita por Vasconcelos & Bruna (2012), indica que quase todos os grupos de artrópodes estudados apresentaram algum tipo de resposta para a redução da área de floresta, incluindo dados de abundância, riqueza de espécies ou composição em comparações de diferentes tamanhos de fragmentos, áreas fragmentadas e não fragmentadas, ou em comparações de bordas de matas e interiores florestais.

Analisando a curva de rarefação de espécies das seis áreas de Florestas Semidecíduas, constatou-se que continuam ascendentes, não atingindo a assíntota. Essa situação é clássica em amostragens da fauna de formigas nas regiões tropicais, uma vez que, para grupos hiperdiversos como as formigas, é sempre necessário um grande esforço amostral para que a assíntota da curva seja atingida (Silva & Silvestre, 2000).

Teoricamente, áreas com maior complexidade estrutural (grau de conservação, estratos arbóreos definidos, diversidade de plantas, entre outras), possuem maior disponibilidade de recursos, mais áreas de nidificação, e consequentemente maior diversidade de formigas e áreas com menor complexidade estrutural, como monoculturas devem ter menor diversidade (Souza, 2012).

Segundo Schoereder *et al.* (2007), em fragmentos de 40 hectares ainda é possível observar uma forte influência da variedade de habitats sobre a riqueza de espécies. Isto pode ser mais uma das causas de não termos detectado relações entre riqueza de espécies de formigas e o tamanho dos fragmentos em Florestas Semidecíduas (os fragmentos pequenos, sob a perspectiva do organismo estudado, são ainda grandes). Em fragmentos maiores, outros fatores podem ser determinantes da riqueza de espécies de formigas. Tais fatores incluem a migração de formigas entre ambientes mais isolados e a invasão de espécies generalistas vindas da matriz entre fragmentos. Alguns estudos têm apontado que um dos motivos de não se detectar alterações é porque paisagens modificadas não são estáveis e muitas respostas importantes da fragmentação podem surgir somente após décadas (Metzger *et al.* 2009).

Determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos

Segundo Levings & Traniello (1981) os tipos de recursos utilizados por formigas podem ser divididos em três categorias: os que persistem por um período razoavelmente curto, por exemplo um inseto morto, os que persistem por um período razoavelmente longo, por exemplo frutos ou sementes e os persistentes, por exemplo colônias de afídeos.

A maioria dos invertebrados coletados para estimar recurso alimentar das formigas foi de representantes de Collembola, Diptera e Coleoptera. Os colêmbolos apesar de habitarem diversos tipos de habitats, são animais intimamente relacionados ao solo e, estão entre os artrópodes terrestres mais abundantes, juntamente com os ácaros (Miranda & Palacios, 1992; Zeppelini & Bellini, 2004). Seu tamanho diminuto faz com que se tornem presas para outros pequenos artrópodes (Christiansen & Bellinger, 1998) e há várias espécies de formigas com morfologia e comportamento adaptados à predação de colêmbolos (Deyrup & Cover 2009). Relações sobre diversidade de formigas e diversidade de outros grupos animais têm sido usadas para discutir formigas como bioindicadores de diversidade, como Leal (2003) na Caatinga, que descreve a relação positiva entre riqueza de formigas, besouros e aranhas.

Os resultados desse trabalho, em associação com os modelos estatísticos empregados, revelam pela primeira vez uma relação consistente entre riqueza de formigas e abundância de invertebrados em escalas locais, interpretados como recurso alimentar para comunidades de formigas. As formigas de modo geral são um grupo predominantemente predador e o seu papel estruturador de comunidades de artrópodes tem sido destacado em vários estudos (Carroll & Janzen, 1973; Wilson, 1987; Hölldobler & Wilson, 1990).

Alguns estudos mostram que diferentes grupos de artrópodes respondem diferentemente às alterações nas condições ambientais da serapilheira. A abundância de grupos como Araneae, Blattaria, Formicidae, Coleoptera, por exemplo, correlaciona-se positivamente com a profundidade da serapilheira, enquanto a de Collembola parece não ser influenciada por esse fator ambiental (Leving & Windsor, 1984; Vasconcelos, 1990; Hasegawa, 2001).

Determinantes da riqueza de espécies: Modelo de Análise I (cinco pitfalls/transecto)

Nos resultados da análise feita considerando todos os transectos, quatro variáveis foram identificadas como determinantes da riqueza de espécies nos fragmentos (complexidade da vegetação, número e tamanho de troncos e abundância de invertebrados). A complexidade da vegetação é determinante na estrutura das comunidades por meio do sombreamento (que influi sobre a composição de espécies no solo) (Kaspari, 2000). Para organismos como formigas, a complexidade do ambiente parece estar ligada à quantidade de conexões entre folhas e galhos, que serviriam de “pontes”, aumentando dimensões do estrato e tornando-o importante na riqueza de espécies (Powell *et al.* 2011).

Hölldobler & Wilson (1990) e Leal (2003) discutem que uma densa camada de vegetação aumenta a espessura da serapilheira e a quantidade de galhos caídos no solo, aumentando o número de habitats disponíveis para as formigas nidificarem e a abundância de artrópodes de solo, principais presas das formigas. Monteiro (2011) em seu estudo no bioma amazônico no estado do Mato Grosso, analisando a complexidade da vegetação (com a mesma metodologia empregada aqui), não determinou relação com a riqueza de espécies

Em todos os modelos testados, considerando todos os transectos (I, B e M), excluindo a matriz adjacente (B e I), apenas interior ou apenas a borda, abundância de invertebrados mostrou-se como a variável mais significativa, explicando riqueza de espécies de formigas.

No modelo onde o transecto da matriz adjacente foi excluído, abundância de invertebrados e circunferência das árvores (marginalmente significativa), foram selecionadas como variáveis determinantes da riqueza de espécies. Gomes *et al.* (2010), não detectaram esta relação entre riqueza de espécies e DAP. Para a Floresta Atlântica Mineira, Rodrigues & Silva (2007) também evidenciaram que quanto maior o DAP menor é o número de espécies; sugerindo que árvores mais jovens são fontes de recursos para nidificação, uma vez que seus tecidos são menos resistentes quando comparada às árvores de maior idade. Por outro lado, Cantor *et al.* (2009) encontraram correlação positiva e acreditam que um local com árvores providas de caules mais robustos, provavelmente representaria uma área

mais antiga e/ou em estágio de sucessão mais avançado, que parece suportar uma riqueza maior de formigas.

Nos modelos testados para a borda dos fragmentos, o resultado não esperado foi que o número de frutos influencia negativamente a riqueza de espécies. Os frutos podem agir como atrativos para formigas (Machado & Freitas, 2001; Dutra *et al.*, 2006). Segundo Bieber *et al.* (2009), em florestas tropicais úmidas, a interação de formigas com frutos carnosos é bastante frequente.

Determinantes da riqueza de espécies: Modelo de Análise II (20 *pitfalls*/transecto):

Na análise feita considerando todos os transectos e todos os *pitfalls*, riqueza de espécies decresce com o aumento da luminosidade e aumenta com a disponibilidade de umidade relativa do ar e número de troncos, o que expressa o alto contraste entre as condições microclimáticas da matriz e borda-interior. Wolda (1978) e Levings (1983) em seus estudos também verificaram que o fator umidade é importante para a riqueza de espécies de insetos. Della-Lucia *et al.* (1982) ressalta que a estrutura do dossel, luminosidade e o espaçamento entre plantas podem afetar as comunidades de formicídeos. Para Albuquerque & Diehl (2009) fatores como condições climáticas, como temperatura e umidade, podem influenciar na riqueza e composição de espécies de formigas.

Quando retiramos o transecto da matriz adjacente do modelo, nenhuma variável explicou a riqueza de espécies e apenas umidade relativa foi marginalmente significativa, indicando a grande dissimilaridade que existe as condições da matriz e os outros transectos. No interior dos fragmentos, quanto maior a profundidade da serapilheira, luminosidade, número de frutos e tamanho dos troncos, menor o número de espécies de formigas. A relação negativa entre riqueza e profundidade da serapilheira, número de frutos e tamanho dos troncos é bastante diferente do que observado em outros trabalhos. Por exemplo, a profundidade da serapilheira, que é composta por folhas, galhos e troncos, é um importante sítio para nidificação e obtenção de alimento para as formigas (Benson & Harada 1988, Carvalho & Vasconcelos 1999), proporcionando um microclima favorável à vida de um número maior de espécies (Nakamura *et al.*, 2003).

Alguns estudos também não constataram relação entre riqueza de espécies e profundidade de serapilheira, como Rodrigues & Silva (2007) e Corrêa *et al.* (2006). Por outro lado, para Nakamura *et al.* (2003) e Vargas *et al.* (2007), a profundidade de serapilheira foi o fator preponderante que explicou a riqueza de espécies.

Nos transectos da borda dos fragmentos, umidade relativa do ar, mostrou-se significativa para riqueza de espécies. Nas bordas, a diminuição da umidade, a maior variação na temperatura e o aumento na luminosidade (Kapos *et al.*, 1997) afetam negativamente as plantas e animais adaptados ao interior úmido e sombreado da floresta (Laurance & Vasconcelos, 2009). Bordas recém-criadas são mais abertas e assim apresentam, entre outras características, mudanças mais drásticas na luminosidade, umidade e temperatura (Kapos *et al.*, 1997).

Lara (1992) ressalta que a umidade se manifesta de forma direta (precipitação) e indireta (umidade do ar e do solo, evaporação e disponibilidade de água) e pode influenciar a vida dos insetos de forma geral, visto que, possuem certas preferências, de modo a evitarem um excesso de água ou uma seca.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste estudo revelaram que a fauna de formigas das Florestas Semidecíduas da região noroeste do estado de São Paulo são compostas pelas mesmas subfamílias e gêneros de outros ecossistemas do Brasil; o grupo funcional com maior riqueza de espécies foi o dos Onívoros Epígeos. Nossos resultados apontam que os fragmentos suportam uma considerável riqueza de formigas epígeas, em geral de hábito generalista e oportunista, mas também detectamos a presença de várias espécies com biologia especializada.

Quanto às hipóteses testadas, H1 foi parcialmente aceita, sugerindo que fragmentos menores têm valores relativamente maiores de riqueza de espécies de formigas generalistas; entretanto, contrário à expectativa das hipóteses 2 e 3, borda e interior não apresentaram diferenças de composição e fragmentos maiores não tiveram maior riqueza de espécies; os transectos da matriz têm menor número de espécies que a borda ou interior dos fragmentos. A abundância de outros invertebrados nos foi significativamente associada com a riqueza de formigas nos *pitfalls* na maioria dos modelos testados, sugerindo a importância da quantificação de recurso alimentar para descrever estrutura de comunidades de formigas.

Entre os modelos de análise empregados (I e II), as análises aplicadas para os locais em que as variáveis foram diretamente medidas revelaram variáveis determinantes da riqueza de espécies de formigas nos fragmentos de Florestas Semidecíduas. Por outro lado, os dados agrupados para representar o transecto revelaram somente diferenças entre as condições ambientais da matriz e demais transectos, mas não foram apropriados para revelar associações entre a estrutura dos fragmentos e riqueza de formigas. Os resultados sugerem que análises sobre determinantes da riqueza de espécies exigem medidas na escala do *pitfall*.

Análises com grupos funcionais também sugerem a importância de analisar alterações na composição de espécies. Outros estudos têm concluído que análises somente sobre riqueza de espécies de formigas são insuficientes para revelar efeitos de borda em paisagens fragmentadas (Sobrinho & Schoereder, 2007). Nossos resultados têm implicações importantes para estudos sobre estratégias de conservação de remanescentes, indicando a necessidade de análises que envolvam

aspectos funcionais das comunidades, medidas de variáveis associadas à estrutura do fragmento e da disponibilidade de alimento.

Os ecossistemas naturais estão desaparecendo rapidamente com as modificações antrópicas e num ritmo acelerado, e grande parte da biodiversidade do mundo deve agora responder às paisagens modificadas. Entender o quanto a diversidade da vida vai persistir nesses cenários, exigirá um melhor entendimento dos processos ecológicos que ocorrem quando remanescentes de habitats naturais são incorporados numa matriz dominada por atividades humanas.

É importante destacar que mensurar a riqueza de um determinado grupo taxonômico em vários locais não é uma tarefa simples, e muitas vezes pouco reconhecida. Porém, é uma ação fundamental para o aumento do conhecimento sobre a diversidade biológica que existe em nosso país que, apesar de ser considerado megadiverso, ainda possui imensas lacunas nesse aspecto (Morini *et al.*, 2012).

6. REFERÊNCIAS

- ABENSPERG-TRAUN, M. & SMITH, G. T. 1999. How small is too small for small animals? Four terrestrial arthropod species in different sized remnant woodlands in agricultural Western Australia. **Biodiversity and Conservation** 8: 709–726.
- AGOSTI, D. & JOHNSON, N. F. 2003. La nueva taxonomía de hormigas. In: FERNÁNDEZ, F. (ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, v. 25, 424 p.
- AGOSTI, D. & JOHNSON, N. F. **Antbase**. World Wide Web electronic publication. antbase.org, version (05/2005). Disponível em: <http://antbase.org/>. Acesso em: 19 agost. 2012.
- ALBUQUERQUE, E. Z. & DIEHL, E. 2009. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia** 53: 398–403.
- ALMEIDA, W.; WIRTH, R. & LEAL, I. R. 2008. Edge-mediated reduction of phorid parasitism on leaf-cutting ants in a Brazilian Atlantic Forest. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 129: 251-257.
- ALONSO, L. E. & AGOSTI, D. 2000. 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, p. 1-8.
- ANDERSEN, A. N. 1991. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. **Biotropica** 23: 575–585.
- _____. 1992. Regulation of momentary diversity by dominant species in exceptionally rich ant communities of the Australian seasonal tropics. **American Naturalist** 140: 401–420.
- _____. 1997. Function groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia. **Journal of Biogeography** 24: 433–460.

- _____ ; HOFFMAN, B. D.; MULLER, W. J. & GRIFFITHS, A. D. 2002. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology** 39: 8-17.
- _____ ; MAJER, J. N. 2004. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. **Frontiers in Ecology and Environment** 2: 291-298.
- AQUINO, A. M.; AGUIAR-MENEZES, E. & QUEIROZ, J. M. 2006. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (" Pitfall-Traps"). **Embrapa Agrobiologia**.
- ARID, F. M.; CASTRO, P. R. M. & BARCHA, S. F. 1970. Estudos hidrológicos no município de São José do Rio Preto, SP. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia** 19 :43-69.
- BACCARO, F. B; KETELHUT, S. M. & MORAIS, J. W. 2011. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 1.
- BARCHA, S. F. & ARID, F. M. 1970. Estudo da evapotranspiração na região Norte-Ocidental do estado de São Paulo. **Revista da Faculdade de Ciências e Letras** 1: 94-122.
- BARONI-URBANI, C., & DE ANDRADE, M. L. 2007. The ant tribe Dacetini: limits and constituent genera, with descriptions of new species. **Annali del Museo Civico di Storia Naturale Giacomo Doria** (Genova) 99: 1-191.
- BATES, D.; MAECHLER, M. & BOLKER, B. 2011. **lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes**. R package version 0.999375-42. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- BELSHAW, R. & BOLTON, B. 1993. The effect of forest disturbance on the leaf litter ant fauna in Ghana. **Biodiversity and Conservation** 2: 656-666.
- BENATI, K. R.; PERES, M. C.; BRESCOVIT, A. D.; SANTANA, F. D., & DELABIE, J. H. 2011. Evaluation of two techniques of leaf-litter translocation on spider (Arachnida: Araneae) and ant assemblies (Hymenoptera: Formicidae). **Neotropical Biology and Conservation** 6: 13-26.
- BEN-MOSHE, A.; DAYAN, T. & SIMBERLOFF, D. 2007. Convergent in morphological patterns and community organization between Old and New World rodent guilds. **The American Naturalist** 158: 1- 191.
- BENSON, W. W. & HARADA, A. Y. 1988. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazônica** 18: 275-289.
- BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; BRANDÃO, C. R. F.; BROWN J. R.; W.L.; DELABIE, J. H. C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; TENNANT, DE ALONSO, L. & SCHULTZ, T. (Eds.). **Measuring and monitoring**

biological diversity: standard methods for ground living ants. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., USA, p. 122-144.

- BIEBER, A. G. D.; SILVA, P. S. D.; SENDOYA, S. & OLIVEIRA, P. S. 2009. COMO A FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL AFETA AS INTERAÇÕES ENTRE ESPÉCIES? UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO REDES DE INTERAÇÃO FORMIGA-FRUTO. **Resumo expandido.** Anais XIX. Simpósio de Mirmecologia.
- BOECKLEN, W. L. 1997. Nestedness, biogeographic theory, and the design of nature reserves. **Oecologia** 112: 123–142.
- BOLKER B. M.; BROOKS, M. E.; CLARK, C. J.; GEANGE, S. W.; POULSEN, J. R.; STEVENS, M. H. H. & WHITE, J. S. S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. **Trends in Ecology & Evolution** 24: 127-135.
- BOLTON, B. 1994. **Identification guide to the ant genera of the world.** Harvard University Press, p. 222.
- _____. 2003. **Synopsis and classification of Formicidae.** Memoirs of the American Entomological Institute 71: 1-370.
- _____. 1995. **A new general catalogue of the ants of the world.** Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts, USA.
- BOLTON, B., ALPERT, G., WARD, P. S., NASKRECKI, P. 2006. **Bolton's Catalogue of Ants of the World.** Harvard University Press: 1758 –2005.
- BRANDÃO, C. R. F. 1999. Reino Animalia: Formicidae. In: JOLY, C. A. & CANCELLO, E. M. (Eds.). Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. **Invertebrados terrestres.** São Paulo, FAPESP 5: 58-63.
- _____; SILVA, R. R. & DELABIE, J. H. C. 2009. Formigas (Hymenoptera), p. 323–369. In: PANIZZI, A. R. & PARRA, J. R. P. (eds). Bioecologia e Nutrição de Insetos. **Base para o Manejo Integrado de Pragas.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 1263 p.
- BRASCHLER, B. & BAUR, B. 2003. Effects of experimental small-scale grassland fragmentation on spatial distribution, density, and persistence of ant nests. **Ecological Entomology** 28: 651-658.
- BROWN, Jr. K. S. & HUTCHINGS, R. S. 1997. Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in Amazon forest butterflies. In: LAURANCE, W. F. & BIERREGARD, R. O. (eds). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities.** University of Chicago Press, Chicago.

- BRUHL, C. A.; ELTZ, T. & LINSENMAIR, K. E. 2003. Size does matter—effects of tropical rainforest fragmentation on leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity Conservation** 12: 1371–1389.
- BULLOCK, J. 1996. **Plants**. In: SUTHERLAND, W. J. (ed). Ecological census techniques. Cambridge University Press, p.111-138.
- CAETANO, F. H.; JAFFÉ, K. & ZARA, F. J. 2002. **Formigas: Biologia e Anatomia**. Rio Claro, p. 42.
- CANTOR, M.; MOREIRA, M. C.; ALVES, G. F.; BARBOSA, C.; BEGNINI, R. M.; LOPES, B. C. & HERNÁNDEZ, M. I. M. 2010. Composição da assembleia de formigas epígeas em habitats estruturalmente diferentes In: CANTOR, M.; MACEDO-SOARES, L. C. P. & HANAZAKI, N. **Ecologia de Campo na Lagoa do Peri** – 1. ed. - Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, 193 p.
- CARROLL, C. R. & JANZEN, D. H. 1973. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 231-257.
- CARVALHO, K. S. & VASCONCELOS, H. L. 1999. Forest fragmentation in Central Amazônia and its effects on litter-dwelling ants. **Biological Conservation** 91: 151-157.
- CHRISTIANSEN, K. & BELLINGER, P. 1980. **The Collembola of North America: North of Rio Grande: a Taxonomic Analysis**. Grinnell, I. A: Grinnell College, v. 2.
- CLARKE, K. R. & GREEN, R. H. 1988. "Statistical Design and Analysis for a 'Biological Effects' Study", **Marine Ecology** 46: 213-22.
- COLE, B. J. 1981. Colonizing abilities, island size and number of species on archipelagoes. **The American Naturalist** 117: 629–638.
- CORRÊA, M. M.; FERNANDES, W. D. & LEAL, I. R. 2006. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal sul matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology** 35: 724-730.
- DEJEAN, A.; MCKEY, D.; GIBERNAU, M. & BELIN, M. 2000. The arboreal ant mosaic in a Cameroonian rainforest (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 35: 403-423.
- DELABIE, J. H. C.; AGOSTI, D. & NASCIMENTO, I. C. 2000. Litter and communities of the Brazilian Atlantic rain forest region, In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (Eds). **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for ground living ants**. Washington, Smithsonian Institution, p. 1-15.

- _____ & FERNÁNDEZ, F. 2003. Relaciones entre hormigas y “homopteros” (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha). p. 181-200. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.), **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Instituto Humboldt, Bogotá, 424p.
- DELLA LUCIA, T. M. C.; LOUREIRO, M. C.; CHANDLER, L.; FREIRE, J. A.; GALVÃO, J. D. & FERNANDES, B. 1982. Ordenação de comunidades de Formicidae em quatro agroecossistemas em Viçosa, Minas Gerais. **Experientiae** 28: 68-94.
- DESOUZA, O. F. F. & BROWN V. K. 1994. Effects of habitats fragmentation on Amazon termite communities. **Journal of Tropical Ecology** 10:197–206.
- _____; SCHOEREDER, J. H.; BROWN, V.; BIERREGAARD, Jr. R. O. 2001. A theoretical overview of the processes determining species richness in forest fragments. In: BIERREGAARD, Jr. R. O.; GASCON, C. (Eds.). **Lessons from Amazonia: the Ecology and Conservation of a Fragmented Forest**. Yale University Press, New Haven, pp. 13–21.
- DEYRUP, M. & COVER, S. 2009. Dacetine ants in Southeastern North America (Hymenoptera: Formicidae). **Southeastern Naturalist** 8: 191-212.
- DIDHAM, R. K. 1997. The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf litter invertebrates in Central Amazonia. In: LAURENCE, W.F., BIERREGAARD, R. O. (Eds.), **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. The University of Chicago Press, Chicago, p. 55–70.
- _____; HAMMOND, P. M.; LAWTON, J. H.; EGGLETON, P. & STORK, N. E. 1998. Beetle species responses to tropical forest fragmentation. **Ecological Monographs** 68: 295-323.
- _____; GHAZOUL, N. E. STORK & A. J. DAVIS 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution** 11: 255-260.
- DUTRA, H. P.; FREITAS, A. V. L. & OLIVEIRA, P. S. 2006. Dual ant attraction in the neotropical shrub *urera baccifera* (Urticaceae): the role of ant visitation to pearl bodies and fruits in herbivore deterrence and leaf longevity. **Functional Ecology** 20: 252-260.
- ETIENNE, R. S. & HEESTERBEEK, J. A. P. 2000. On optimal size and number of reserves for metapopulation persistence. **The Journal of Theoretical Biology** 203: 33–50.
- EWERS, R. M. & DIDHAM, R. K. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews** 81: 117-142.
- FAHRIG, L. Effects of fragmentation on biodiversity. 2003. **Annual Review of Ecology and Systematics** 34: 487-515.

- FARINA, A. 2007. Principles and methods in landscape ecology: towards a science of the landscape. **Springer**, v. 3.
- FEITOSA, R. S. M & FERNÁNDEZ, F. **Chaves para as subfamílias e gêneros de formigas do Brasil**. Guia de campo financiado pelo PPBio, INPA. No prelo.
- _____ & RIBEIRO, A. S. 2005. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de serapilheira de uma área de Floresta Atlântica no Parque Estadual da Cantareira–São Paulo, Brasil. **Biotemas** 18: 51-71.
- FERNÁNDEZ, F & SENDOYA, S. 2004. List of Neotropical ants (Hymenoptera: Formicidae). **Biota Colombiana** 5: 3-93.
- _____ & OSPINA, M. 2003. Sinopsis de las hormigas de la región Neotropical. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed), **Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, Bogotá, Colômbia, p.49–64.
- _____ & SHARKEY, M.J. (Eds.). 2006. **Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical**. Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894p.
- FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba** 24: 422-423.
- FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C. & VASCONCELOS, H. L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. Editora Manole Ltda - CNPq, p.131-223.
- FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B. & BROWN Jr., K. S. 2004. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN, Jr. L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, Curitiba, p. 125-151.
- GASCON, C.; LOVEJOY, T. E.; BIERREGAARD, Jr. R. O.; MALCOLM, J. R.; STOUFFER, P. C. & VASCONCELOS, H. L.. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation** 91: 223–229.
- GOLDEN, D. M., & CRIST, T. O. 2000. Experimental effects of habitat fragmentation on rove beetles and ants: patch area or edge? **Oikos** 90: 525-538.
- GOMES, J. P.; IANNUZZI, L. & LEAL, I. R. 2010. Resposta da Comunidade de Formigas aos Atributos dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordestina. **Neotropical Entomology** 39: 898-905.
- GOTELLI, N. J. & COLWELL, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and *pitfalls* in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters** 4: 379-391.

- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M.; DUNN, R. R. & SANDERS, N. J. 2011. Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. **Myrmecological News** 15: 13-19.
- HASEGAWA, M. 2001. The relationships between the organic matter composition of a forest floor and the structure of soil arthropod community. **European Journal of Soil Biology** 37: 281-284
- HIROTA, M. M. & PONZONI, F. J. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2008 a 2010**. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br>. Acesso em: 26 agost. 2010.
- HOLLOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. **The Ants**. Cambridge: Belknap of Harvard University Press, p. 732.
- HOLWAY, D. A.; LACH, L.; SUAREZ, A. V.; TSUTSUI, N. D. & CASE, T.J. 2002. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics** 33: 181-233.
- HONNAY, O., HERMY, M., COPPIN, M., 1999. Effects of area, age and diversity of forest patches in Belgium on plant species richness, and implications for conservation and reforestation. **Biological and Conservation**. 87: 73–84.
- KAPOS, V.; WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L. & GANADE, G. 1997. Edge-Related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia. In: LAURANCE, W. F. & BIERREGARD, R. O. (eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities** 101: 33-44.
- KASPARI, M. 2000. A primer on ant ecology. Pp. 9-24. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R. (Org.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**, 280p.
- KOTZE, D. J. & SAMWAYS, M. J. 2001. No general edge effects for invertebrates at Afromontane forest/grassland ecotones. **Biodiversity and Conservation** 10: 443–446.
- KRAUSS, J.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TSCHARNTKE, T. 2003. How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? **Journal Biogeography** 30: 889–900.
- KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; SHIN-IKE, M. S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L. M. P. R.; GUILLAUMON, J. R.; BAITELLO, J. B.; BORGIO, S. C.; MANETTI, L. A.; BARRADAS, A. M. F.; FUKUDA, C. N.; SHIDA, C. N.; BARBOSA, O.; SOARES, A. P.; JOLY, C. A. & COUTO, H. T. Z. 2005. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Florestal.

Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/publicacoes.html>. Acesso em: 10 agost. 2011.

- KUNIN, W. E. 1997. Sample shape, spatial scale and species counts: implications for reserve design. **Biological Conservation** 82: 369-377.
- LARA, F. M. 1992. **Princípios de Entomologia**. São Paulo, Editora Ícone. 331p.
- LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G. & SAMPAIO, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology** 16: 605–618.
- _____. 2008. Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. **Biological and Conservation** 141, 1731-1744.
- _____; VASCONCELOS, H. L. 2009. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Australis** 13: 434-451.
- LEAL, I. R. & LOPES, B. C. 1992. Estrutura das comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de solo e vegetação no Morro da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. **Biotemas** 5: 107-122.
- _____; FERREIRA, S. O. & FREITAS, A. V. L. 1993. Diversidade de formigas de solo em uma gradiente sucessional de Mata Atlântica, ES, Brasil. **Biotemas** 1: 42-53.
- _____. 2002. Diversidade de formigas no estado de Pernambuco. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds). **Atlas da biodiversidade de Pernambuco**. Recife, Editora da Universidade Federal de Pernambuco, p.483-492.
- _____. 2003. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M. & SILVA, J. M. C. (Eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife, Editora Universitária da UFPE, p. 435-462.
- _____; FILGUEIRAS, B. K. C.; GOMES, J. P.; IANNUZZI, L. & ANDERSEN, A. N. 2012. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. **Biodiversity and Conservation** 21: 1687–1701.
- LEVINGS, S. C. & TRANIELLO, J. F. A. 1981. Territoriality, nest dispersion, and community structure in ants. **Psyche** 88: 265-319
- LEVINGS, S. C. 1983. Seasonal, annual and among site variation in the ground ant community of a deciduous tropical forest: some causes of patch species distribution. **Ecological Monographs** 53:435–455.

- _____ & WINDSOR, D. M. 1984. Litter moisture content as a determinant of litter arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro Colorado Island, Panama. **Biotropica** 16: 125-131.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. K. L. & ALMEIDA, A. M. 2001. Inventários bióticos centrados em recursos: insetos filófagos e plantas hospedeiras. In: GARAY, I. & DIAS, B. F. S. (Orgs). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Petrópolis, p. 174- 189.
- LOPES, D. T.; LOPES, J.; NASCIMENTO, I. C. & DELABIE, J. H. 2010. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera, Formicidae) em três ambientes no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. **Iheringia** 100: 84-90.
- LOUZADA, J. N. C. 2000. **Efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera)**. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1967. **The Theory of Island Biogeography**. Monographs in Population Biology. Princeton University Press.
- MACEDO, L. P. M; BERTI FILHO, E. & DELABIE, J. H. C. 2011. Epigeal ant communities in Atlantic Forest remnants of São Paulo: a comparative study using the guild concept. **Revista Brasileira de Entomologia** 55: 75-78.
- MACHADO, G. & FREITAS, A. V. L. 2001. Larval defence against ant predation in the butterfly *Smyrna blomfieldia*. **Ecological Entomology** 26: 436-439.
- MADUREIRA, M. S.; SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER; J. H. 2012. Why do ant species occur in the matrix and not in the forests? Invasion from other habitats or expansion from forest gaps (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** v.59, n. 3.
- MAJER, J. D. & DELABIE, J. H. C. 1994. Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in Brazilian Amazon. **Insects Sociaux** 41: 343-359.
- _____; DELABIE, J. H. C. & MACKENZIE, N. L. 1997. Ant litter fauna of forest, forest edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux** 44: 255-266.
- _____; ORABI, G. & BISEVAC, L. 2007. Ants (Hymenoptera: Formicidae) pass the bioindicator scorecard. **Myrmecological News** 10: 69-76.
- MARGULES, C.; HIGGS, A. J. & RAFE, R. W. 1982. Modern biogeographic theory: are there any lessons for nature reserve design? **Biological Conservation** 24: 115–128.
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N. & RAMOS, L. S. 2002. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da

serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado em Minas Gerais. **Neotropical Entomology** 31: 187-195.

- MATOS, J. Z.; YAMANAKA, C. N.; CASTELLANI, T. T. & Lopes, B.C. 1994. Comparação da fauna de formigas de solo em áreas de plantio de *Pinus elliottii*, com diferentes graus de complexidade estrutural (Florianópolis, SC). **Biotemas** 7: 57-64.
- MCCUNE, B. & GRACE, J. B. 2002. **Analysis of ecological communities**. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon.
- MCGARIGAL, K., & MARKS, B. J. 1995. **Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; DIXO, M.; BERNACCI, L. C.; RIBEIRO, M. C.; TEIXEIRA, A. M. G. & PARDINI, R. 2009. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic Forest region. **Biological Conservation** 142: 1166-1177.
- MIRANDA-RANGEL, A. & PALACIOS-VARGAS, J. G. 1992. Estudio comparativo de las comunidades de colêmbolos edáficos de bosque de *Abies religiosa* y cultivo de haba (*Vicia faba*). **Agrociência** 3: 7-18.
- MONTEIRO, D. S. 2011. **Efeito da Complexidade Ambiental Sobre Compartimentalização de Comunidades de Formigas (Formicidae: Hymenoptera) em Estratos Verticais na Amazônia Meridional**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso Instituto de Biociências.
- MORINI, M. S. C.; SILVA, R. R.; SUGUITURU, S. S.; PACHECO, R. & NAKANO, M. A. A. 2012. Fauna de formigas da Serra do Itapeti. In: MORINI, M. S.C. & MIRANDA, V. F. O. **Serra do Itapeti: Aspectos Históricos, Sociais e Naturalísticos**, p. 400,
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. **Trends in Ecology & Evolution** 10: 58-62.
- NAKAMURA, A.; PROCTOR, H. & CATTERALL, C. P. 2003. Using soil and litter arthropods to assess the state of rainforest restoration. **Ecological Management & Restoration** 4: 20-28.
- NASCIMENTO, E. M.; ANDRADE, A. C. S.; CAMARGO, J. L. C.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. & RIBEIRO, J. E. L. 2006. Effects of surrounding matrix on tree recruitment in Amazonian forest fragments. **Conservation biology** 20: 853-860.
- NECCHI JUNIOR, O. BRANCO, L. H. Z.; CASSATTI, L.; CASTILHO-NOILL, M. S. M.; FERES, R. J. F.; NOLL, F. B.; REZENDE, A. A. & ROSSA-FERES, D. C. 2012. Características da região noroeste do estado de São Paulo e dos

- fragmentos florestais remanescentes. In: NECCHI JUNIOR, O. **Fauna e Flora de Fragmentos Florestais Remanescentes da Região Norte do Estado de São Paulo**. Ed. Holos, Ribeirão Preto, p. 15-36.
- NOLL, F. B.; LOPES, C. E.; SANTOS, E. F. DOS.; TANAKA JUNIOR, G. M.; PIZARRO, L. E. C.; CANEVAZZI, N. C. DE S. & SOLEMAN, R. A. 2012. Fauna de Hymenoptera de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In: NECCHI JUNIOR, O. **Fauna e Flora de Fragmentos Florestais Remanescentes da Região Norte do Estado de São Paulo**. Ed. Holos, Ribeirão Preto, p. 181-195.
- OCHOA-GAONA, S.; GONZALEZ-ESPINOSA, M.; MEAVE, J. A., & SORANI, V. 2004. Effect of forest fragmentation on the woody flora of the highlands of Chiapas, Mexico. **Biodiversity and Conservation** 13: 867-884.
- OKSANEN J.; GUILLAUME, B. F.; ROELAND K.; PIERRE L.; PETER, R. M.; O'HARA, R. B. ; GAVIN, L. S.; PETER S.; HENRY H. S. & HELENE, W. 2012. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.0-3. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A. A. & TABARELLI, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx** 38: 389-394.
- OLSON, D. M. 1991. A comparison of the efficacy of litter sifting and pitfall traps for sampling leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical wet forest, Costa Rica. **Biotropica** 23: 166-172.
- PHILPOTT, S. M.; PERFECTO, I.; ARMBRECHT, I. & PARR, C. L. 2010. Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. LACH, L.; PARR, C. L. & ABBOTT, K. L. (Eds.). **Ant Ecology**, p 137-157.
- POWELL, S.; COSTA, A. N.; LOPES, C. T. & VASCONCELOS, H. L. 2011. Canopy connectivity and the availability of diverse nesting resources affect species coexistence in arboreal ants. **Journal of Animal Ecology** 80: 352-360.
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 327 p.
- RABELING, C.; BROWN, J. M. & VERHAAGH, M. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105: 14913-14917.
- RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C.J.B.; CASARI, S. A. & CONSTANTINO, R. 2012. **Insetos do Brasil**. Diversidade e Taxonomia. 1ª Ed. Ribeirão Preto: Holos, 810 p.
- RAMOS, L. S.; BUENO, O. C.; DELABIE, J. H. C.; RAMOS, L. S. & LACAU, S. 2003. Dinâmica do forrageamento em condições naturais em *Cyphomyrmex*

transversus Spinola, 1851 (Myrmicinae: Attini). XVI Simpósio de Mirmecologia, Florianópolis. **Anais de Congresso**, p.281-284.

- RANGA, N. T.; REZENDE, A. A.; CAVASSAN, O.; TONIATO, M. T. Z.; FILHO, R. C. & STRANGHETTI, V. 2012. Caracterização florística de remanescentes de vegetação nativa da região noroeste do estado de São Paulo. In: NECCHI JUNIOR, O. **Fauna e Flora de Fragmentos Florestais Remanescentes da Região Norte do Estado de São Paulo**. Ed. Holos. Ribeirão Preto, p. 15-36.
- RAO, M. 2001. Variation in leaf-cutter ant (*Atta* sp.) densities in forest isolates: the potential role of predation. **Journal of Tropical Ecology** 16: 209-225.
- REYES-LOPES, J.; RUIZ, N. & FERNÁNDES-HAEGER, J. 2003. Community structure of ground-ants: The role of single trees in a Mediterranean pastureland. **Acta Oecologica** 24: 195-202.
- RIBAS, C. R.; SCHOEREDER, J. H.; PIC, M. & SOARES, S. M. 2003. Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale process regulating arboreal ant species richness. **Austral Ecology** 28: 305-314.
- _____; SOBRINHO, T. G.; SCHOEREDER, J. H.; SPERBER, C. F.; LOPES-ANDRADE, C. & SOARES, S. M. 2005. How large is large enough for insects? Forest fragmentation effects at three spatial scales. **Acta Oecologica** 27: 31-41.
- _____; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C.; SCHOEREDER, J. H.; VALENTIM, C. L.; SANCHES, A. L. P., & ENDRINGER, F. B. 2007. Formigas Podem Ser Utilizadas Como Bioindicadoras De Recuperação Após Impactos Ambientais? **Biológico** 69: 57-60.
- RISSER, P. G. 1995. The status of the science examining ecotones. **Bioscience Journal** 45: 318-325,
- RODRIGUES, M. S; & SILVA, E. A. **Amostragens da riqueza de formigas da borda para o interior da mata, dos recursos e condições que determinam essa riqueza**. Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.
- ROOT, R. B. 1967. The niche exploration pattern of the blue-grey gnatcatcher. **Ecological Monographs** 37: 317–350.
- ROSENZWEIG, M. L. 1995. **Species Diversity in Space and Time**. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROSSA-FERES, D. C & JIM. J. 2001. Similaridade no sitio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 18: 439-45.
- ROSSI, J. P. 2011. Rich: an R package to analyse species richness. **Diversity** 3: 112-120.

- SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C. & NASCIMENTO, I. C. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia** 96: 95-101.
- SAUX, C.; FISCHER, B.L. & SPICER, G. S. 2004. Dracula ant phylogeny as inferred by nuclear 28S rDNA sequences and implications for ant systematics (Hymenoptera, Formicidae, Amblyoponinae). **Molecular Phylogenetics and Evolution** 33: 457-468.
- SCHMIDT, K.; CORBETTA, R. & CAMARGO, A. J. A. 2011. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas** 18: 57-71.
- SCHOEREDER, J. H.; SPERBER, C. F.; SOBRINHO, T.G.; RIBAS, C.R.; GALBIATI, C. & MADUREIRA, M. S. 2003. Por que a riqueza de espécies de insetos é menor em fragmentos menores? **Processos locais e regionais. Ecossistemas Brasileiros: Manejo e Conservação**. 1º ed. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, p.31-38.
- _____; SOBRINHO, T. G.; RIBAS, C. R. & CAMPOS, R. B. F. 2004a. The colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. **Austral Ecology** 29: 391–398.
- _____; GALBIATI, C.; RIBAS, C. R.; SOBRINHO, T. G.; SPERBER, C. F.; DESOUSA, O. & LOPES-ANDRADE, C. 2004b. Should we use proportional sampling for species-area studies? **Journal of Biogeography** 31: 1219-1226.
- _____; RIBAS, C. R.; SANTOS, I. A. 2007. BIODIVERSIDADE DE FORMIGAS EM TIPOS VEGETACIONAIS BRASILEIROS: O EFEITO DAS ESCALAS ESPACIAIS. **Biológico** 69: 139-143.
- SCHÜTTE, M. D. S.; QUEIROZ, J. M.; MAYHÉ-NUNES, A. J. & PEREIRA, M. P. D. S. 2007. Inventário estruturado de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em floresta ombrófila de encosta na ilha da Marambaia, RJ. **Iheringia** 97: 103-110.
- SILVA, F. R. & ROSSA-FERES, D. C. 2007. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do Estado de São Paulo. **Biota Neotropica** 7: 1-7.
- SILVA, R. R. & BRANDÃO, C. R. F. 2010. Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages. **Ecological Monographs** 80: 107–124.
- _____; FEITOSA, R. S. M.; EBERHARDT, F. 2007. Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management** 240: 61-69,

- _____; SILVESTRE, R. 2000. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, oeste de Santa Catarina. **Biotemas** 13: 85-105.
- _____; SILVESTRE, R. 2004. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos Zoologia** 44: 1-11.
- SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F. & SILVA, R. R. 2003. **Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios del Cerrado**. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Bogotá, Colômbia, p. 113-148.
- _____; SILVA, R. R. 2001. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luís Antônio-SP – sugestões para aplicação de guildas como bioindicadores ambientais. **Biotemas** 14: 37-69.
- SIMPSON, G. G. 1964. Species density of North American recent mammals. **Systematic Zoology** 13: 57-73.
- SOARES, S. M.; MARINHO, C. G. S. & DELLA LUCIA, T. M. C. 1998. Diversidade de invertebrados edáficos em áreas de eucalipto e mata secundária. **Acta Biologica Leopoldensia** 19: 157-164.
- SOBRINHO, T. G. & SCHOEREDER, J. H. 2007. Edge and shape effects on ant (Hymenoptera: Formicidae) species richness and composition in forest fragments. **Biodiversity and Conservation** 16: 1459-1470.
- _____; SCHOEREDER, J. H; SPERBER, C. F. & MADUREIRA, M. S. 2003. Does fragmentation alter species composition in ant communities (Hymenoptera: Formicidae)? **Sociobiology** 42: 329-342.
- SOUZA, K. K. F. D. 2012. **Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epigéicas em áreas de plantios de Pinus SP., Mata Nativa e pastagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.
- TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. & GASCON, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. **Biodiversity and Conservation** 13: 1419-1425.
- TRIPLEHORN, C. A. & JOHNSON, N. F. 2011. **Estudo dos Insetos** -Tradução da sétima edição de Borror and DeLong's "Introduction to the study of insects". Editora Cengage Learning, São Paulo, 809 p.
- TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology** 33: 200–209.
- VARGAS, A. B.; MAYHÉ-NUNES, A. J.; QUEIROZ, J. M.; SOUZA, G. O. & RAMOS, E.F. 2007. Efeitos de fatores ambientais sobre a mirmecofauna em comunidades de restinga no Rio de Janeiro, RJ. **Neotropical Entomology** 6: 28-37.

- VASCONCELOS, H. L. 1990. Foraging activity of two species of leaf-cutting ants (*Atta*) in a primary Forest of the Central Amazon. **Insectes Sociaux** 37: 131-145.
- _____. 1998. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série técnica IPEF** 12: 95-98.
- _____. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation** 8: 409–420.
- _____ & DELABIE, J. H. C. 2000. Ground ant communities from Central Amazonia forest fragments. Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, L. & SCHULTZ, T. (eds) **Curtin University School of Environmental Biology Bulletin** 18: 59-20.
- _____ & BRUNA, E. M. 2012. Arthropod responses to the experimental isolation of Amazonian forest fragments. **Zoologia** 29: 515-530.
- VENABLES, W. N. & RIPLEY, B. D. 2002. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. **Springer**.
- VIROLAINEN, K. M.; SUOMI, T.; SUHONEN, J. & KUITUNEN, M. 1998. Conservation of vascular plants in single large and several small mires: species richness, rarity and taxonomic diversity. **Journal of Applied Ecology** 35: 700-707.
- WEBER, N. A. 1972. Gardening ants, the attines. **Memoirs of the American Philosophical Society** 92: 1-146.
- WILSON, E. O. & WILLIS, E. O. 1975. Applied biogeography. **Ecology and Evolution of Communities**, p.522-534.
- _____. 1976. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomologica** 19: 187-200,
- _____. 1987. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). **Conservation Biology**, p. 344-346.
- _____. **Pheidole in the New World, a dominant, hyperdiverse ant genus**. Cambridge, Massachusetts, Harvard University, 794 p., 2003.
- WIRTH, R.; MEYER, S. T.; LEAL, I. R. & TABARELLI, M. 2008. Plant-herbivore interactions at the forest edge. **Progress in Botany** 68: 423-448.
- WOLDA, H. 1978. Fluctuations in abundance of tropical insects. **American Naturalist** 112: 1017-1045.

- WUO, M.; MUNHAE, B. C.; MORINI, M. S. C.; MIRANDA, V. F. O.; CLIVATI, D.; NUNES, R. L. & OLIVEIRA, C. B. L. R. 2012. Biodiversidade na Serra do Itapeti: pesquisa para o ensino. In: MORINI, M. S.C; MIRANDA, V. F. O **Serra do Itapeti: Aspectos Históricos, Sociais e Naturalísticos**. Ed. Canal 6, Bauru, p. 400.
- XAVIER, A. F.; BOLZANI, B. M. & JORDÃO, S. 2008. Unidades de conservação da natureza no estado de São Paulo. In: **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo**. Orgs: RODRIGUES, R. R. & BONONI, V. L. R. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 22–42.
- ZEPPELINI, D. F. & BELLINI, B. C. 2004. Introdução ao estudo dos Collembola. João Pessoa. Editora Universitária, **Universidade Federal da Paraíba**, 82 p.
- ZHENG, D. & CHEN, J. 2000. Edge effects in fragmented landscapes: a generic model for delineating area of edge influences (D-AEI). **Ecological Modelling** 132:175-190.

ANEXOS

Anexo I. Características da vegetação (área ocupada e respectivo percentual em relação à área total) dos fragmentos amostrados na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. Códigos das variáveis da vegetação: CU- Campo Úmido; FESA- Estacional Semidecidual de Estágio Avançado de Sucessão; FESI- Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Inicial de Sucessão; FESM- Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Médio de Sucessão; FESP- Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Pioneiro de Sucessão (Fonte: Necchi Junior, 2012).

Fragmento	Variações da vegetação do fragmento										
	Área total (ha)	CU (ha)	CU (%)	FESP (ha)	FESP (%)	FESI (ha)	FESI (%)	FESM (ha)	FESM (%)	FESA (ha)	FESA (%)
G1	1.799,6	0,8	0,0	103,6	5,8	744,5	41,4	950,6	52,8	0,0	0,0
G2	1.828,2	0,0	0,0	214,2	11,7	1.171,8	64,1	442,2	24,2	0,0	0,0
G3	1.656,2	0,0	0,0	102,9	6,2	700,5	42,3	852,8	51,5	0,0	0,0
P1	55,6	0,0	0,0	3,8	6,8	17,2	30,9	34,6	62,3	0,0	0,0
P2	95,7	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	45,1	52,5	54,9	0,0	0,0
P3	107,8	0,0	0,0	5,1	4,7	6,1	5,7	96,6	89,6	0,0	0,0

Continuação

Dolichoderinae	ON	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	1		4	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	ON	<i>Tapinoma</i> sp.1		1														
	ON	<i>Tapinoma</i> sp.2					4											
Ecitoninae	CO	<i>Labidus praedator</i>	2	5					2	3							3	
	CO	<i>Labidus coecus</i>	1			1				1								
	CO	<i>Neivamyrmex</i> sp.											1					
	CO	<i>Nomamyrmex esenbeckii</i>								2								
	PE	<i>Ectatomma brunneum</i>			25							2						1
Ectatomminae	PE	<i>Ectatomma edentatum</i>	30	22		14	9	17	11	5			1	2	7	6		1
	PE	<i>Ectatomma opaciventre</i>	10	23	19		1	1	1									
	PE	<i>Ectatomma permagnum</i>	12	10		17	20		3	3					3	3	5	7
	PE	<i>Ectatomma planidens</i>	1	4	1	1												
	PE	<i>Ectatomma tuberculatum</i>				1	2					1			13	1	5	4
	PC	<i>Gnamptogenys acuminata</i>											3					
	PC	<i>Gnamptogenys regularis</i>					2	1						2				
	PC	<i>Gnamptogenys striatula</i>				2	1			1		2	2	1	2	2	1	

Continuação

Myrmicinae	ON	<i>Pheidole</i> sp.3	13	9		11	6		14	10	12	8		18	3	2	1	
	ON	<i>Pheidole</i> sp.4	5	4	3			1	11	16	7	1	8	3	11	22	26	6
	ON	<i>Pheidole</i> sp.5	1	1			1			1	2	2		1	11	1	1	
	ON	<i>Pheidole</i> sp.6												1				
	ON	<i>Pheidole</i> sp.7										1						
	ON	<i>Pheidole</i> sp.8					1			1								
	ON	<i>Pheidole</i> sp.9		1		2	2		2		5	5		1	2	7	6	
	ON	<i>Pheidole</i> sp.10				2												
	ON	<i>Pheidole</i> sp.11				6	2		1		1			6	1	1	2	
	ON	<i>Pheidole</i> sp.12	7		4		3	13	8	6	1			3	1			
	ON	<i>Pheidole</i> sp.13	11	8														
	ON	<i>Pheidole</i> sp.14									1	3	1			2		
	ON	<i>Pheidole</i> sp.15									1							
	ON	<i>Pheidole</i> sp.16								1								
	ON	<i>Pheidole</i> sp.17																
	ON	<i>Pheidole</i> sp.18									2							

Continuação

Ponerinae	PE	<i>Pachycondyla obscuricornis</i>	1	1	6	2										18	5
	PE	<i>Pachycondyla striata</i>			9	12						16	13			21	24
	PE	<i>Pachycondyla villosa</i>			1	1		2				1	1				
	PC	<i>Thaumatomyrmex mutilatus</i>		1													
Pseudomyrmecinae	AR	<i>Pseudomyrmex gracilis</i>		1				2									
	AR	<i>Pseudomyrmex (gr Gracilis)</i> sp.1		1													
	AR	<i>Pseudomyrmex (gr Gracilis)</i> sp.2						1	1				1				
	AR	<i>Pseudomyrmex oculatus</i>	3	6		1		1				1	1				1
	AR	<i>Pseudomyrmex simplex</i>						1					1				
	AR	<i>Pseudomyrmex tenuis</i>	8	4		1											
	AR	<i>Pseudomyrmex termitarius</i>					2										1
	AR	<i>Pseudomyrmex sp.1</i>											1				
	AR	<i>Pseudomyrmex sp.2</i>					1										
	AR	<i>Pseudomyrmex sp.3</i>		1													
	AR	<i>Pseudomyrmex sp.4</i>		1									1				1

Anexo III. Média dos resultados dos atributos da estrutura da vegetação, fatores abióticos da primeira coleta (15 a 25 de Agosto de 2011) realizada nos fragmentos de: G1- Sales, G2- Nova Granada, G3- São João de Iracema, P1- Taquaritinga, P2- Palestina, P3- Pindorama, nos transectos do I- Interior, B- Borda e M- Matriz. **Códigos das variáveis:** CV- Complexidade da vegetação (Número de toques); **PS-** Profundidade da Serapilheira (cm); **%CS-** Porcentagem de Cobertura da Serapilheira; **pH solo;** **UR solo-** Umidade do solo; **Lux-** Intensidade de Iluminação, **T°C-** Temperatura Ambiental (°C); **%UR-** Porcentagem de Umidade Relativa do ar; **N° troncos-** Número de Troncos e Galhos; **Tam. T-** Tamanho dos Troncos e Galhos; **Circ. T-** Circunferência dos Troncos e Galhos; **DAP-** Diâmetro das Árvores; **N° frutos-** Número de Frutos.

Local	Trans.	PS	CV	%CS	pH solo	UR solo	Lux	T°C	%UR	N° T	Tam. T	Circ. T	DAP	N° F.
G1	I	2,75	0,96	79,00	7,00	0,02	270,20	32,04	24,26	9,80	43,33	4,60	5,70	-
G1	B	3,16	1,08	87,00	7,00	-	250,40	30,14	28,88	14,00	41,28	3,22	3,87	0,40
G1	M	2,81	-	29,10	7,00	-	743,40	28,78	26,66	-	-	-	0,75	-
G2	I	3,81	1,12	94,00	6,24	5,00	350,80	25,48	45,52	22,80	47,54	4,30	2,75	1,00
G2	B	4,46	1,40	87,00	6,44	5,40	169,00	19,58	62,30	22,60	47,16	3,74	2,59	0,20
G2	M	1,50	-	33,00	6,22	1,60	497,80	30,10	27,24	-	4,60	0,20	-	-
G3	I	4,35	0,72	89,00	-	-	772,20	27,64	34,28	15,60	37,15	4,83	1,45	9,80
G3	B	4,76	1,12	82,00	-	-	914,60	31,30	28,14	17,00	61,21	6,49	1,55	8,20
G3	M	6,12	-	100,00	6,04	5,64	962,20	37,40	20,74	-	-	-	4,33	-
P1	I	3,66	1,44	81,00	7,00	-	207,00	31,84	23,86	17,80	43,35	4,54	3,74	11,60
P1	B	4,92	1,44	97,00	-	-	113,80	30,04	28,30	17,80	56,93	5,37	4,96	3,20
P1	M	-	1,52	8,00	6,86	0,60	573,80	28,48	30,98	3,80	-	-	17,90	-
P2	I	5,18	1,52	81,00	7,00	-	351,80	22,18	51,84	16,00	36,15	4,95	2,53	-
P2	B	5,30	0,56	91,00	6,52	4,00	286,00	22,18	33,32	15,20	52,24	6,29	2,93	9,80
P2	M	-	-	-	6,44	4,00	1082,80	32,52	26,62	-	-	-	6,50	-
P3	I	6,22	0,96	70,00	-	-	246,00	21,96	33,32	14,60	37,32	5,70	1,59	5,20
P3	B	5,20	0,96	87,00	-	-	308,40	28,80	31,22	5,00	28,67	6,75	7,75	-
P3	M	1,02	1,20	11,00	-	-	954,60	35,10	21,92	1,40	3,75	0,65	2,19	0,20

Anexo IV. Média dos resultados dos atributos da estrutura da vegetação, fatores abióticos da segunda coleta (31 de Janeiro a 15 de fevereiro de 2012) realizada nos fragmentos de G1- Sales, G2- Nova Granada, G3- São João de Iracema, P1- Taquaritinga, P2- Palestina, P3- Pindorama, nos transectos do I- Interior, B- Borda e M- Matriz. **Códigos das variáveis:** **CV**- Complexidade da vegetação (Número de toques); **PS**- Profundidade da Serapilheira (cm); **%CS**- Porcentagem de Cobertura da Serapilheira; **pH solo**; **UR solo**- Umidade do solo; **Lux**- Intensidade de Iluminação, **T°C**- Temperatura Ambiental (°C); **%UR**- Porcentagem de Umidade Relativa do ar; **N° troncos**- Número de Troncos e Galhos; **Tam. T**- Tamanho dos Troncos e Galhos; **Circ. T**- Circunferência dos Troncos e Galhos; **DAP**- Diâmetro das Árvores; **N° frutos**- Número de Frutos.

Local	Trans.	PS	CV	%CS	pH solo	UR solo	Lux	T°C	%UR	N° T.	Tam. T	Circ. T	DAP	N° F.
G1	I	1,74	1,44	75,00	7,00	-	1.220,80	30,14	64,42	14,60	48,40	3,05	3,56	6,40
G1	B	1,16	0,88	70,00	-	-	532,40	32,54	50,14	14,00	63,39	3,62	4,03	6,00
G1	M	-	-	1,00	6,66	3,48	461,20	30,96	61,78	-	-	-	0,75	-
G2	I	3,48	1,36	86,00	6,28	3,12	910,60	26,98	67,02	17,00	42,51	3,73	5,53	2,40
G2	B	3,63	1,00	82,00	6,32	3,10	289,20	23,30	69,92	15,60	54,19	5,31	2,52	12,00
G2	M	-	0,04	55,00	6,82	2,00	594,00	35,72	46,56	-	-	-	19,50	-
G3	I	2,08	1,00	72,00	6,72	0,40	374,40	32,38	62,48	15,20	36,63	4,76	2,68	41,40
G3	B	3,24	1,48	78,00	6,66	0,80	423,40	30,48	64,70	17,00	37,07	3,92	3,36	19,60
G3	M	2,48	-	13,00	6,48	3,30	582,20	28,44	62,56	-	-	-	9,57	-
P1	I	2,65	0,68	75,00	6,36	6,70	480,20	30,14	64,54	12,60	43,35	4,54	3,74	10,00
P1	B	4,99	2,24	86,00	6,42	6,20	321,20	30,50	59,32	13,40	56,93	5,37	4,96	2,00
P1	M	-	-	13,00	6,34	6,00	632,80	28,60	59,26	-	-	-	17,90	-
P2	I	2,90	1,40	85,00	6,98	1,48	452,60	27,94	73,98	14,60	39,16	6,08	5,56	8,80
P2	B	3,46	1,40	84,00	6,78	0,60	520,60	30,24	60,64	16,00	48,24	4,69	4,35	4,80
P2	M	-	-	2,00	6,38	2,60	810,40	26,92	70,32	-	-	-	2,20	-
P3	I	5,10	2,60	74,00	6,36	3,88	436,02	29,14	66,80	8,80	32,50	3,45	6,33	0,20
P3	B	3,39	2,08	95,00	6,44	6,38	348,80	27,58	66,64	4,00	36,90	4,02	6,13	-
P3	M	-	-	11,00	6,08	4,80	477,20	27,00	63,84	-	-	-	-	-

Anexo V. Ordens coletadas, abundância, média de indivíduos e amplitude da primeira coleta feita nos transectos do interior, borda e matriz adjacente dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. Sales (G1); Nova Granada (G2); São João de Iracema (G3); Taquaritinga (P1); Palestina (P2) e Pindorama (P3).

G1- Interior			
Ordem	Abundância	Média ind.	Amplitude
Acari	93	4,65	1; 69
Araneae	22	1,10	1; 3
Blattaria	36	1,80	1; 7
Coleoptera	44	2,20	1; 6
Collembola	236	11,80	1; 36
Diptera	234	11,70	1; 32
Hemiptera	30	1,50	1; 6
Hymenoptera	76	3,80	1; 13
Isoptera	12	0,60	1; 5
Lepidoptera	10	0,50	1; 6
Orthoptera	12	0,60	1; 4
Psocoptera	31	1,55	1; 5
Siphonaptera	1	0,05	1
Thisanoptera	12	0,60	1; 3
Total	849		
G1- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	22	1,10	1; 6
Araneae	20	1,00	1; 3
Blattaria	42	2,10	1; 11
Coleoptera	102	5,10	1; 15
Collembola	451	22,55	4; 58
Diptera	259	12,95	3; 38
Embiidina	1	0,05	1
Hemiptera	35	1,75	1; 4
Hymenoptera	69	3,45	1; 7
Isoptera	1	0,05	1
Lepidoptera	2	0,10	1; 1
Orthoptera	21	1,05	1; 5
Psocoptera	48	2,40	1; 8
Scutigeromorpha	2	0,10	1; 1
Siphonaptera	1	0,05	1
Thisanoptera	40	2,00	1; 10
Total	116		

G1- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	55	2,75	1; 12
Araneae	25	1,25	1; 5
Blattaria	1	0,05	1
Coleoptera	97	4,85	1; 70
Collembola	1475	73,75	10; 305
Diptera	67	3,35	1; 25
Hemiptera	288	14,40	1; 57
Hymenoptera	21	1,05	1; 3
Isoptera	2	0,10	2
Lepidoptera	1	0,05	1
Mantodea	1	0,05	1
Orthoptera	25	1,25	1; 5
Psocoptera	20	1,00	1; 3
Thisanoptera	6	0,30	1; 3
Total	2084		
G2- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	10	0,50	1; 2
Araneae	25	1,25	1; 4
Blattaria	5	0,25	1; 1
Coleoptera	125	6,25	1; 17
Collembola	52	2,60	1; 7
Diptera	48	2,40	1; 7
Hemiptera	43	2,15	1; 16
Hymenoptera	31	1,55	1; 7
Isoptera	29	1,45	1; 23
Lepidoptera	4	0,20	1; 1
Orthoptera	7	0,35	1; 3
Psocoptera	8	0,40	1; 3
Siphonaptera	5	0,25	1; 2
Thisanoptera	3	0,15	1; 1
Total	395		

G2- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	4	0,20	1; 1
Araneae	15	0,75	1; 4
Blattaria	10	0,50	1; 6
Coleoptera	91	4,55	1; 18
Collembola	31	1,55	1; 6
Dermaptera	1	0,05	1
Diptera	48	2,40	1; 10
Hemiptera	18	0,90	1; 5
Hymenoptera	20	1,00	1; 7
Isoptera	64	3,20	1; 22
Lepidoptera	5	0,25	1; 1
Orthoptera	4	0,20	1; 1
Psocoptera	8	0,40	1; 4
Siphonaptera	4	0,20	1; 3
Thisanoptera	1	0,05	1
Total	324		
G2- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Araneae	11	0,55	1; 4
Blattaria	5	0,25	1; 1
Coleoptera	74	3,70	1; 36
Collembola	448	22,40	1; 104
Diptera	72	3,60	1; 10
Hemiptera	14	0,70	1; 3
Hymenoptera	10	0,50	1; 2
Julida	11	0,55	1; 4
Lepidoptera	1	0,05	1
Psocoptera	12	0,60	1; 3
Thisanoptera	1	0,05	1
Total	659		
G3- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	88	4,40	1; 15
Araneae	48	2,40	1; 10
Blattaria	19	0,95	1; 5
Coleoptera	33	1,65	1; 8
Diptera	160	8,00	1; 28
Hemiptera	17	0,85	1; 4
Hymenoptera	32	1,60	1; 9

Continuação			
Isoptera	1	0,05	1
Lepidoptera	1	0,05	1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	50	2,50	1; 13
Psocoptera	196	9,80	1; 25
Siphonaptera	2	0,10	2
Thisanoptera	21	1,05	1; 9
Total	691		
G3- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	112	5,60	1; 14
Araneae	81	4,05	1; 51
Blattaria	19	0,95	1; 4
Coleoptera	63	3,15	1; 10
Collembola	31	1,55	1; 4
Dermaptera	6	0,30	6
Diptera	272	13,60	1; 30
Hemiptera	34	1,70	1; 4
Hymenoptera	29	1,45	1; 4
Isoptera	1	0,05	1
Lepidoptera	2	0,10	1; 1
Orthoptera	36	1,80	1; 6
Psocoptera	265	13,25	1; 35
Scorpiones	7	0,35	1; 5
Thysanoptera	38	1,90	1; 6
Total	996		
G3- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	34	1,70	1; 8
Araneae	21	1,05	1; 3
Blattaria	2	0,10	1; 1
Coleoptera	49	2,45	1; 15
Collembola	502	25,10	1; 75
Diptera	245	12,25	1; 37
Hemiptera	23	1,15	1; 10
Hymenoptera	15	0,75	1; 3
Isoptera	1	0,05	1
Julida	2	0,10	2
Orthoptera	83	4,15	1; 10
Psocoptera	187	9,35	1; 31

Continuação			
Siphonaptera	1	0,05	1
Thisanoptera	1	0,05	1
Total	1166		
P1- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	43	2,15	1; 13
Araneae	42	2,10	1; 8
Blattaria	10	0,50	1; 5
Coleoptera	182	9,05	1; 58
Collembola	36	1,80	1; 7
Dermaptera	8	0,40	1; 3
Diptera	54	2,70	1; 18
Hemiptera	17	0,85	1; 3
Isoptera	1	0,05	1
Lepidoptera	2	0,10	2
Opiliones	1	0,05	1
Orthoptera	10	0,50	1; 2
Psocoptera	23	1,15	1; 4
Thisanoptera	7	0,35	1; 3
Total	436		
P1- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	44	2,20	1; 5
Araneae	32	1,60	1; 5
Blattaria	19	0,95	1; 4
Coleoptera	57	2,85	1; 13
Collembola	59	2,95	1; 9
Diptera	244	12,20	1; 43
Hemiptera	22	1,10	1; 4
Hymenoptera	9	0,45	1; 4
Isoptera	3	0,15	1; 2
Lepidoptera	3	0,15	1; 1
Mantodea	1	0,05	1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	3	0,15	1; 2
Psocoptera	32	1,60	1; 3
Thisanoptera	12	0,60	1; 4
Total	541		

P1- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	36	1,80	1; 24
Araneae	9	0,45	1; 2
Coleoptera	66	3,30	1; 11
Collembola	195	9,75	1; 58
Diptera	74	3,70	1; 9
Hemiptera	332	16,60	1; 35
Hymenoptera	10	0,50	1; 4
Isoptera	1	0,05	1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	5	0,25	1; 2
Psocoptera	63	3,15	1; 7
Siphonaptera	3	0,15	3
Thisanoptera	12	0,60	1; 3
Total	807		
P2- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	34	1.70	8; 1
Araneae	57	2,85	25; 28
Blattaria	27	1,60	1; 4
Coleoptera	25	1,25	1; 7
Collembola	28	1,40	1; 4
Dermaptera	3	0,15	1; 2
Diptera	75	3,75	1; 12
Hemiptera	41	2,05	1; 8
Hymenoptera	35	1,75	1; 4
Isoptera	9	0,45	6; 1
Lepidoptera	11	0,55	1; 4
Orthoptera	15	0,75	1; 3
Psocoptera	37	1,85	1; 8
Thisanoptera	4	0,20	1; 2
Total	401		
P2- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	20	1,00	1; 8
Araneae	92	4,60	1; 54
Blattaria	6	0,30	1; 1
Coleoptera	126	6,30	1; 13
Collembola	233	11,65	1; 58
Diptera	163	8,15	1; 19

Continuação			
Hemiptera	40	2,00	1; 5
Hymenoptera	24	1,20	1; 5
Isoptera	1	0,05	1; 1
Lepidoptera	9	0,45	1; 2
Orthoptera	7	0,35	1; 2
Psocoptera	29	1,45	1; 4
Siphonaptera	1	0,05	1
Thisanoptera	4	0,20	1; 2
Total	755		
P2- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Araneae	11	0,55	1; 3
Coleoptera	25	1,25	1; 4
Collembola	103	5,15	1; 19
Dermaptera	13	0,65	1; 7
Diptera	77	3,85	1; 25
Hemiptera	19	0,95	1; 6
Hymenoptera	5	0,25	1; 3
Orthoptera	6	0,30	1; 4
Psocoptera	5	0,25	1; 2
Total	264		
P3- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	92	4,60	1; 27
Araneae	110	5,50	1; 86
Blattaria	21	1,05	1; 3
Coleoptera	42	2,10	1; 6
Collembola	65	3,25	1; 12
Dermaptera	1	0,05	1
Diptera	137	6,85	1; 35
Hemiptera	30	1,50	1; 7
Hymenoptera	15	0,75	1; 2
Lepidoptera	3	0,15	1; 2
Orthoptera	23	1,15	1; 6
Psocoptera	30	1,50	1; 7
Thisanoptera	11	0,55	1; 3
Total	580		

P3- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	73	3,65	1; 10
Araneae	122	6,10	1; 83
Blattaria	30	1,50	1; 11
Coleoptera	49	2,45	1; 12
Collembola	163	8,15	1; 26
Dermaptera	1	0,05	1
Diptera	232	11,60	1; 43
Hemiptera	42	2,10	1;10
Hymenoptera	13	0,65	1; 3
Lepidoptera	6	0,30	1; 1
Mantodea	1	0,05	1
Julida	1	0,05	1
Opiliones	1	0,05	1
Orthoptera	16	0,80	1; 3
Psocoptera	31	1,55	1; 17
Thisanoptera	15	0,75	1; 5
Total	796		
P3- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	293	14,65	1; 42
Araneae	10	0,50	1; 2
Blattaria	2	0,10	2
Coleoptera	582	29,10	1; 125
Collembola	47	2,35	1; 14
Diptera	400	20,00	1; 69
Hemiptera	384	19,20	1; 262
Hymenoptera	10	0,50	1; 3
Lepidoptera	1	0,05	1
Orthoptera	42	2,10	1; 7
Psocoptera	16	0,80	1; 4
Thisanoptera	177	8,85	1; 29
Total	1964		

Anexo VI. Ordens coletadas, abundância, média de indivíduos e amplitude da segunda coleta feita nos transectos do interior, borda e matriz adjacente dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual no noroeste do estado de São Paulo. Sales (G1); Nova Granada (G2); São João de Iracema (G3); Taquaritinga (P1); Palestina (P2) e Pindorama (P3).

G1- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	33	1,65	1; 7
Araneae	21	1,05	1; 3
Blattaria	10	0,50	1; 3
Coleoptera	19	0,95	1; 3
Collembola	129	6,45	2; 21
Dermaptera	21	1,05	1; 13
Diptera	295	14,75	3; 41
Hemiptera	28	1,40	1; 10
Hymenoptera	10	0,50	1; 4
Isoptera	45	2,25	1; 14
Orthoptera	31	1,55	1; 5
Psocoptera	4	0,20	1; 3
Scutigeromorpha	4	0,20	1; 1
Thisanoptera	5	0,25	1; 2
Total	655		
G1- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	52	2,60	1; 9
Araneae	15	0,75	1; 4
Blattaria	14	0,70	1; 3
Coleoptera	66	3,30	1; 44
Collembola	61	3,05	1; 11
Dermaptera	4	0,20	1; 2
Diptera	81	4,05	1; 17
Hemiptera	3	0,15	1; 1
Hymenoptera	15	0,75	1; 3
Isoptera	68	3,40	2; 26
Orthoptera	21	1,05	1; 3
Pseudoscorpiones	5	0,25	1; 2
Psocoptera	1	0,05	1
Scorpiones	1	0,05	1
Scutigeromorpha	1	0,05	1
Thisanoptera	3	0,15	1; 1

Total	411		
G1- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	5	0,25	1; 2
Araneae	28	1,40	1; 3
Coleoptera	14	0,70	1; 4
Collembola	106	5,30	1; 32
Diptera	27	1,35	1; 7
Hemiptera	36	1,80	1; 16
Hymenoptera	2	0,10	1; 1
Isoptera	1	0,05	1
Orthoptera	8	0,40	1; 2
Psocoptera	5	0,25	1; 1
Scutigermorpha	1	0,05	1
Thisanoptera	2	0,01	1; 1
Total	235		
G2- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	87	4,35	1; 21
Araneae	62	3,10	1; 16
Blattaria	28	1,40	1; 4
Coleoptera	40	2,00	1; 5
Collembola	416	20,80	3; 54
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diptera	213	10,65	1; 24
Hemiptera	18	0,90	1; 3
Hymenoptera	22	1,10	1; 6
Isoptera	173	8,65	1; 101
Julida	2	0,10	1; 1
Neoptera	1	0,05	1
Orthoptera	9	0,45	1; 2
Pseudoscorpiones	1	0,05	1
Psocoptera	18	0,90	1; 15
Scorpiones	1	0,05	1
Siphonaptera	3	0,15	1; 2
Thisanoptera	4	0,20	1; 1
Total	1100		

G2- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	96	4,80	1; 28
Araneae	89	4,45	1; 36
Blattaria	54	2,70	1; 6
Coleoptera	74	3,70	1; 14
Collembola	176	8,80	2; 22
Dermaptera	3	0,15	1; 1
Diptera	310	15,50	1; 40
Hemiptera	24	1,20	1; 5
Hymenoptera	13	0,65	1; 3
Isoptera	5	0,25	1; 1
Julida	4	0,20	1; 2
Lepidoptera	1	0,05	1
Orthoptera	4	0,20	1; 2
Psocoptera	1	0,05	1
Scutigermorpha	1	0,05	1
Siphonaptera	2	0,10	1; 1
Thysanoptera	6	0,30	1; 5
Total	863		
G2- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	43	2,15	1; 9
Araneae	17	0,85	1; 3
Coleoptera	209	10,45	2; 27
Collembola	69	3,45	1; 35
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diptera	67	3,35	1; 13
Hemiptera	44	2,20	1; 11
Hymenoptera	12	0,60	1; 3
Julida	9	0,45	1; 1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	1	0,05	1
Psocoptera	1	0,05	1
Rhynchobdellida	1	0,05	1
Thisanoptera	1	0,05	1
Total	477		

G3- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	102	5,10	1; 33
Araneae	23	1,15	1; 3
Blattaria	16	0,80	1; 6
Coleoptera	23	1,15	1; 4
Collembola	250	12,50	2; 38
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diptera	50	2,50	1; 9
Hemiptera	13	0,65	1; 3
Hymenoptera	23	1,15	1; 5
Isoptera	146	7,30	8; 64
Julida	7	0,35	1; 1
Lepidoptera	3	0,15	1; 1
Opiliones	1	0,05	1
Orthoptera	2	0,10	1; 1
Siphonaptera	1	0,05	1
Thysanoptera	3	0,15	1; 1
Total	665		
G3- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	147	7,35	1; 36
Araneae	30	1,50	1; 4
Blattaria	2	0,10	1; 1
Coleoptera	19	0,95	1; 4
Collembola	248	12,40	1; 32
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diplura	1	0,05	1
Diptera	86	4,30	1; 12
Hemiptera	19	0,95	1; 3
Hymenoptera	9	6,00	1; 3
Isoptera	7	0,35	1; 6
Julida	24	1,20	1; 3
Neoptera	1	0,05	1
Orthoptera	10	0,50	1; 2
Pseudoscorpionida	2	0,10	1; 1
Psocoptera	4	0,20	1; 1
Thysanoptera	5	0,25	1; 2
Total	616		

G3- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	907	45,35	1; 370
Araneae	19	0,95	1; 3
Coleoptera	10	0,50	1; 2
Collembola	1395	69,75	30; 140
Dermaptera	1	0,05	1
Diptera	37	1,85	1; 5
Hemiptera	358	17,90	1; 85
Hymenoptera	3	0,15	1; 1
Julida	1	0,05	1
Lepidoptera	1	0,05	1
Opiliones	1	0,05	1
Scutigeromorpha	1	0,05	1
Thysanoptera	2	0,10	1; 1
Total	2736		
P1- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	71	3,55	1; 31
Araneae	34	1,70	1; 5
Blattaria	6	0,30	1; 2
Coleoptera	60	3,00	1; 13
Collembola	245	12,25	1; 35
Dermaptera	3	0,15	1; 2
Diptera	58	2,90	1; 11
Hemiptera	5	0,25	1; 2
Hymenoptera	21	1,05	1; 3
Orthoptera	9	0,45	1; 3
Psocoptera	1	0,05	1
Thysanoptera	1	0,05	1
Total	514		
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	88	4,40	1; 18
Araneae	36	1,80	1; 6
Blattaria	3	0,15	1; 1
Coleoptera	56	2,80	1; 9
Collembola	275	13,75	3; 44
Dermaptera	1	0,05	1
Diptera	112	5,60	1; 20
Hemiptera	12	0,60	1; 4

Continuação			
Hymenoptera	24	1,20	1; 5
Isoptera	6	0,30	1; 2
Julida	1	0,05	1
Lepidoptera	1	0,05	1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	11	0,55	1; 5
Scutigermorpha	1	0,05	1
Thysanoptera	2	0,10	1; 1
Total	630		
P1- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	46	2,30	1; 17
Araneae	96	4,80	1; 19
Coleoptera	70	3,50	1; 13
Collembola	1895	94,75	21; 238
Dermaptera	15	0,75	1; 5
Diptera	233	11,65	1; 46
Hemiptera	91	4,55	1; 11
Hymenoptera	21	1,05	1; 3
Lepidoptera	3	0,15	1; 1
Neuroptera	1	0,05	1
Orthoptera	4	0,20	1; 1
Psocoptera	1	0,05	1
Thysanoptera	3	0,15	1; 1
Total	2479		
P2- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	147	7,35	1; 52
Araneae	55	2,75	1; 13
Blattaria	12	0,60	1; 5
Chilopoda	1	0,05	1
Coleoptera	20	1,00	1; 4
Collembola	729	36,45	8; 79
Diptera	234	11,70	1; 39
Hemiptera	34	1,70	1; 4
Hymenoptera	11	0,55	1; 3
Isoptera	7	0,35	1; 4
Orthoptera	7	0,35	1; 1
Pseudoscorpionida	3	0,15	1; 1

Continuação			
Psocoptera	6	0,30	1; 2
Thysanoptera	4	0,20	1; 3
Total	1270		
P2- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	858	42,90	1; 320
Araneae	28	1,4	1; 6
Blattaria	9	0,45	1; 1
Coleoptera	19	0,95	1; 4
Collembola	599	29,95	4; 76
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diptera	250	12,50	1; 151
Hemiptera	13	0,65	1; 2
Hymenoptera	9	0,45	1; 1
Isoptera	7	0,35	1; 2
Julida	3	0,15	1; 1
Orthoptera	4	0,20	1; 2
Pseudoscorpionida	1	0,05	1
Psocoptera	1	0,05	1
Siphonaptera	1	0,05	1
Total	1804		
P2- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	19	0,95	1; 6
Araneae	15	0,75	1; 4
Blattaria	1	0,05	1
Coleoptera	118	5,90	1; 31
Collembola	730	36,50	3; 95
Dermaptera	20	1,00	1; 6
Diptera	69	3,45	1; 9
Hemiptera	51	2,55	1; 10
Hymenoptera	37	1,85	1; 7
Orthoptera	14	0,70	1; 3
Psocoptera	2	0,10	1; 1
Scutigermorpha	1	0,05	1
Thysanoptera	2	0,10	1; 1
Total	1079		

P3- Interior			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	54	2,70	1; 8
Araneae	31	1,55	1; 7
Blattaria	11	0,55	1; 1
Coleoptera	28	1,40	1; 11
Collembola	245	12,25	2; 27
Diptera	181	9,05	1; 32
Hemiptera	16	0,80	1; 3
Hymenoptera	15	0,75	1; 4
Isoptera	4	0,20	1; 2
Julida	9	0,45	1; 3
Lepidoptera	2	0,10	1; 1
Orthoptera	10	0,50	1; 4
Psocoptera	1	0,05	1
Total	607		
P3- Borda			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	67	3,35	1; 16
Araneae	50	2,50	1; 8
Blattaria	1	0,05	1
Coleoptera	48	2,40	1; 10
Collembola	480	24,00	2; 47
Dermaptera	2	0,10	1; 1
Diptera	162	8,10	2; 17
Hemiptera	13	0,65	1; 2
Hymenoptera	25	1,25	1; 5
Isoptera	4	0,20	1; 3
Julida	3	0,15	1; 2
Orthoptera	19	0,95	1; 4
Psocoptera	1	0,05	1
Siphonaptera	3	0,15	1; 1
Thysanoptera	7	0,35	1; 1
Total	885		
P3- Matriz Adjacente			
Ordem	Abundância	Média	Amplitude
Acari	50	2,50	1; 8
Araneae	92	4,60	1; 9
Blattaria	6	0,30	1; 2
Coleoptera	118	5,90	1; 16
Collembola	2283	114,15	21; 320

Continuação			
Dermaptera	8	0,40	1; 3
Diptera	117	5,85	2; 12
Hemiptera	460	23,00	1; 60
Hymenoptera	24	1,20	1; 5
Orthoptera	137	6,85	1; 24
Psocoptera	3	0,15	1; 2
Thysanoptera	2	0,10	1; 1
Total	3300		

Autorizo a reprodução xerográfica para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, ____/____/____

Assinatura