

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

TESE

**Formigas como engenheiras de ecossistemas: influência
sobre as características químicas do solo e a distribuição
de sementes e plantas**

Fábio Souto de Almeida

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

FORMIGAS COMO ENGENHEIRAS DE ECOSISTEMAS:
INFLUÊNCIA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO
E A DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES E PLANTAS

FÁBIO SOUTO DE ALMEIDA

Sob a Orientação do Professor

Jarbas Marçal de Queiroz

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2012

631.41

A447f

T

Almeida, Fábio Souto de, 1982-

Formigas como engenheiras de ecossistemas: influência sobre as características químicas do solo e a distribuição de sementes e plantas / Fábio Souto de Almeida - 2012.

80 f.: il.

Orientador: Jarbas Marçal de Queiroz.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Inclui bibliografia.

1. Relação inseto-planta - Teses. 2. Química do solo - Teses. 3. Formiga - Aspectos ambientais - Teses. 4. Sementes - Dispersão - Teses. 5. Ecologia vegetal - Teses. I. Queiroz, Jarbas Marçal de, 1968-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

FÁBIO SOUTO DE ALMEIDA

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

TESE APROVADA EM: 28/02/2012

Jarbas Marçal de Queiroz. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Jacques Hubert Charles Delabie. Prof. Dr. CEPLAC/UESC

Leandro Freitas. Dr. IP/JBRJ

Alexandra Pires Fernandez. Prof.^a. Dr.^a. UFRRJ

Carlos Eduardo Lustosa Esbérard. Prof. Dr. UFRRJ

Dedico a todas as pessoas que contribuíram para a elaboração desse trabalho. Dedico também a todos que cultivam a paz, a solidariedade e a liberdade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a meu senhor Jesus Cristo pelo seu amor incondicional e pelas bênçãos que têm me concedido.

Divido a autoria desse trabalho com o Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz e agradeço imensamente pela sua dedicação, orientação e paciência.

Ao Prof. Dr. Roberto Carlos Costa Lelis, antigo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e ao atual coordenador Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca.

Agradeço à CAPES pela bolsa de doutorado.

Agradeço ao Prof. Dr. Antônio José Mayhé Nunes pela identificação da mirmecofauna e pelos ensinamentos.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Análise de Solo, Planta e Resíduos (DS/IA/UFRRJ), onde foi realizada a análise química do solo, em especial ao Prof. Dr. Everaldo Zonta.

À Prof^ª. Dr^ª. Sílvia Regina Goi pelo auxílio na identificação das plantas germinadas nas amostras de solo, por me aceitar como tutor de suas disciplinas, pela sua paciência e pelos seus ensinamentos.

Meus sinceros agradecimentos às pessoas que me ajudaram na identificação das sementes e plantas, entre tais pessoas estão a MSc. Kelly Cristina da Silva (dicas sobre Melastomataceae), a Prof^ª Dr^ª. Alexandra Pires Fernandez (semente de *Astrocaryum aculeatissimum*), o graduando em Engenharia Florestal Pedro e o Prof. MSc. Pedro Germano Filho. Dentre as pessoas que me ajudaram na identificação das sementes e plantas, cabe um agradecimento especial à Prof^ª MSc. Marilena de Menezes Silva Conde e à graduanda em Engenharia Florestal Letícia Maria Souto, pois tiveram participação fundamental nessa etapa do trabalho.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial ao Prof. Dr. Lenício Gonçalves.

Agradeço aos colegas do Instituto Três Rios/UFRRJ.

Aos colegas de laboratório Diego, Elaine, Guilherme, Leandro, Luana, Marcel, Maria, Renata, Sérgio e Luciano, pelo conhecimento que compartilharam e pelas horas de descontração. Peço desculpas caso tenha esquecido de alguém.

Agradeço ao Dr. André Barbosa Vargas por ter me apresentado aos proprietários das fazendas em Vassouras onde os dados do trabalho foram coletados, por ter feito uma leitura crítica da tese e pela sua amizade.

Aos meus primos Caio e Márcio, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Agradeço a boa acolhida dada pelo senhor Maturino e sua família, além dos demais proprietários de fazendas que visitei em Vassouras fazendo coleta de dados preliminares. Aos proprietários da Fazenda Galo Vermelho e aos administradores da COFEL, onde estão os fragmentos florestais estudados. Aos administradores da Reserva Biológica do Tinguá pela boa acolhida, embora não tenha utilizado no presente trabalho os dados coletados na Reserva.

Agradeço à minha mãe, Vilma Fernandes Souto de Almeida, a meu pai, Afonso Maria de Almeida, e a meu irmão, Felipe Souto de Almeida, pelo apoio e compreensão.

Agradeço especialmente à minha esposa Nathalia dos Santos Silva de Almeida, pela compreensão, carinho e apoio.

BIOGRAFIA

Fábio Souto de Almeida, filho de Afonso Maria de Almeida e Vilma Fernandes Souto de Almeida, nasceu no dia 28 de janeiro de 1982 no Município de Queimados, que na época era Distrito do Município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. Concluiu o Ensino Médio no Centro Educacional de Paracambi, Paracambi-RJ, no ano de 1998. Em 2000, ingressou no Curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Nesse mesmo ano, teve a oportunidade de estagiar na Prefeitura Municipal de Paracambi, mais especificamente na Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município, onde participou do “Programa de Recuperação de Áreas Degradadas” até junho de 2002. Em julho de 2002, iniciou estágio no Laboratório de Ecologia de Insetos do Prof. Dr. Lenicio Gonçalves (Departamento de Ciências Ambientais/IF/UFRRJ). Como estagiário do laboratório, participou de projetos sobre bioecologia de insetos envolvendo as espécies *Edessa meditabunda* (Fabricius) (Hemiptera) e *Dysdercus maurus* (Distant) (Hemiptera). Também participou de um projeto sobre controle biológico de *Oxydia vesulia* (Cramer) (Lepidoptera). Em 2004 defendeu sua monografia sobre os efeitos da dieta e da temperatura no desenvolvimento e reprodução de *D. maurus*. No início de 2005 colou grau no curso de Engenharia Florestal. No mês de janeiro de 2005 participou do Projeto Rondon, onde colaborou para o levantamento dos problemas e necessidades socioeconômicas e ambientais do município de Tefé, Amazonas. Em 2006 foi aceito no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ, ao nível de Mestrado. Orientado pelo Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz, teve a oportunidade de estudar assuntos relativos às formigas, elaborando a sua dissertação de mestrado intitulada “Ecologia de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) em um agroecossistema diversificado sob manejo orgânico”, defendida em 2007. Assim, obteve o título de Mestre em Ciências. Durante o curso de mestrado adquiriu conhecimento sobre taxonomia de formigas, através do contato com o Prof. Dr. Antônio José Mayhé-Nunes, IB/UFRRJ. Em uma das disciplinas em que se matriculou durante o curso de mestrado, também teve a oportunidade de estudar aspectos relacionados a populações de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (pau-jacaré). Em 2008 foi aceito como aluno de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ. Como bolsista Reuni, cumpriu Estágio Docência em 2008 e 2009, sendo tutor de disciplinas de graduação lecionadas pela Prof^a. Dr^a. Silvia Regina Goi na UFRRJ. Durante o período de 2008 a 2009 também teve a oportunidade de cursar disciplinas do Programa de Pós-Graduação onde estudou aspectos da ecologia de formigas e coletou dados para a publicação de artigos científicos. Além disso, participou da elaboração de um artigo sobre califorídeos. Em 2009 foi aprovado em primeiro lugar em um concurso público para o cargo de professor da UFRRJ, onde trabalharia a partir de 2010 no campus do município de Três Rios-RJ. Em janeiro de 2011 se casou com Nathalia dos Santos Silva. Para a sua tese de doutorado, estudou a remoção de sementes por formigas e as alterações que esses insetos podem causar no banco de sementes, na distribuição espacial das plantas e nas características do solo, sob a orientação do Prof. Dr. Jarbas Marçal de Queiroz.

RESUMO GERAL

ALMEIDA, Fábio Souto. **Formigas como engenheiras de ecossistemas: influência sobre as características químicas do solo e a distribuição de sementes e plantas.** 2012. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Os engenheiros de ecossistemas são importantes para a manutenção da biodiversidade, por aumentarem a heterogeneidade ambiental. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos das formigas sobre as características químicas do solo e a distribuição de sementes e plantas. A pesquisa foi realizada em fragmentos florestais denominados mata 1 (6 ha), mata 2 (36 ha) e mata 3 (780 ha) e em uma pastagem no município de Vassouras-RJ, Vale do Paraíba. Em cada ambiente, foram estabelecidas 40 estações de observação contendo seis sementes de *Carica papaya* L. (mamão), para avaliar a taxa e a distância de remoção de sementes. Para o estudo das sementes germinadas e das características químicas do solo, amostras foram coletadas nos ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. Smith e em locais adjacentes. Parcelas foram demarcadas sobre os ninhos dessas espécies e em locais adjacentes, onde a abundância e a riqueza de espécies de plantas, entre 5cm e 30cm de altura, foram obtidas. Dezesete espécies de formigas removeram 316 sementes (32,92% do exposto), sendo que *P. striata* foi a espécie que removeu o maior número de sementes, seguida de *O. chelifer*. Nas 120 amostras de solo, germinaram 980 plantas pertencentes a 46 espécies. Em geral, a abundância de sementes germinadas, a abundância de plantas e a riqueza de espécies foram maiores nos ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* que nos locais adjacentes (Teste t pareado, $P < 0,05$). A taxa de remoção de sementes é potencializada em ambientes com elevada densidade de ninhos de *P. striata*. As espécies *O. chelifer* e *P. striata* removem sementes para as proximidades dos seus ninhos, o que é vantajoso para as plantas, pois o solo dos ninhos apresenta melhores características químicas para a germinação das sementes e o crescimento das plantas. Essas formigas são engenheiras de ecossistemas e colaboram para o sucesso do estabelecimento de plantas e para a manutenção da biodiversidade no Vale do Paraíba.

Palavras chave: banco de sementes, interações formiga-planta, floresta estacional semidecidual.

GENERAL ABSTRACT

ALMEIDA, Fábio Souto. **Ants as ecosystem engineers: influence on soil chemical properties and distribution of seeds and plants.** 2012. 69p. Thesis (Doctor in Environmental and Forest Sciences). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

The ecosystem engineers are important for the maintenance of biodiversity, by increasing the environmental heterogeneity. This work aimed to study the effects of the ants on the distribution of seeds and plants and in soil chemical properties. The study was conducted in three forest fragments and in a pasture, in the Vale do Paraíba, State of Rio de Janeiro, Brazil. To assess the seed removal rate and the dispersal distance, forty observation stations were established in each environment, each station containing six seeds of *Carica papaya* L (papaya). In order to study germinated seeds and soil chemical properties, soil samples were collected in nests of *Odontomachus chelifer* (Latreille) and *Pachycondyla striata* Fr. Smith and in adjacent sites. The plant abundance and plant species richness, from 5cm to 30cm in height, were obtained in parcels delimited over each nest and in adjacent sites. Seventeen species removed 316 seeds (32.92% of total seeds exposed) and *P. striata* was the species that removed most seeds, followed by *O. chelifer*. In 120 samples of soil, 980 plants germinated, belonging to 46 species. In general, the abundance of plants, the number of germinated seeds and the species richness were higher in nests of *O. chelifer* and *P. striata* than in adjacent sites (paired t test; $P < 0.05$). The seed removal rate is potentiated in environments with higher densities of *P. striata* nests. The species *O. chelifer* and *P. striata* remove the seeds to their nests. This interaction can provide advantages for plants because the soil of the nests has better chemical properties for seed germination and plant growth. These ants are ecosystem engineers and contribute to the success of plant establishment and for biodiversity conservation in the Vale do Paraíba.

Key words: ant-plant interactions, seed bank, semideciduous forest.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de sementes de mamão removidas pelas espécies de formigas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.....	19
Tabela 2. Densidade de ninhos (ninhos/ha) e frequência relativa (%) das espécies de formigas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.....	22
Tabela 3. Distância média (\pm EP) e máxima de remoção de sementes de mamão pelas espécies de formigas e a largura média da cabeça.....	23
Tabela 4. Síndrome de dispersão (SD) e abundância de sementes de plantas encontradas em amostras da serapilheira nas diferentes matas estudadas no município de Vassouras-RJ.....	38
Tabela 5. Espécies, síndrome de dispersão (SD) e o número de sementes germinadas do solo coletado próximo dos ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e de <i>Pachycondyla striata</i> Fr. (N) ou de locais adjacentes (A), no município de Vassouras-RJ.....	41
Tabela 6. Características químicas (média \pm EP) dos solos de ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e <i>Pachycondyla striata</i> Fr. Smith (N) e de locais adjacentes aos ninhos (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ.....	46
Tabela 7. Características químicas (média \pm EP) dos solos de ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e <i>Pachycondyla striata</i> Fr. Smith (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	48
Tabela 8. Abundância de plantas (média \pm EP) sobre ninhos de formigas (N) e locais adjacentes (LA), em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	61
Tabela 9. Riqueza de espécies de plantas (média \pm EP) sobre ninhos de formigas (N) e locais adjacentes (LA), em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	61
Tabela 10. Relação entre a abundância de plantas sobre os ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e <i>Pachycondyla striata</i> Fr. e as variáveis independentes, em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	63
Tabela 11. Relação entre a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e <i>Pachycondyla striata</i> Fr. e as variáveis independentes, em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Normal da temperatura média e da precipitação pluviométrica no município de Vassouras-RJ (EMBRAPA, 2011).....	13
Figura 2. Ambientes utilizados no estudo e a localização aproximada dos pontos de coleta de dados nos fragmentos florestais (círculos vermelhos) e no pasto (quadrado amarelo), no município de Vassouras-RJ. Adaptado do programa Google Earth e de REZENDE (2007).....	14
Figura 3. Aspectos dos fragmentos florestais no município de Vassouras-RJ.....	15
Figura 4. Esquema mostrando a distribuição das parcelas contendo estações com sementes de mamão.....	17
Figura 5. Sementes de mamão sob um pote plástico transparente (A) e um par de iscas de sardinha e pedaços de biscoito (B).....	18
Figura 6. Taxa média (\pm EP) de remoção de sementes de mamão por parcela (n = 4) nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.....	20
Figura 7. Taxa média (\pm EP) de remoção de sementes de mamão por parcela (n = 4) após duas horas ou 24 horas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.....	21
Figura 8. Distância média (\pm EP) de remoção das sementes de mamão nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.....	24
Figura 9. Relação entre a distância de remoção das sementes (média e máxima) de mamão e a largura da cabeça das espécies de formigas (n = 10).....	25
Figura 10. Número de estações contendo sementes de mamão em que formigas recrutaram companheiras de ninho ou removeram sementes, nos diferentes ambientes e por classes de largura da cabeça.....	26
Figura 11. Amostras de solo e equipamento utilizado para a sua coleta (A). Bandejas contendo as amostras de solo dispostas na casa de vegetação (B).....	37
Figura 12. Número de sementes germinadas (média \pm EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e de <i>Pachycondyla striata</i> Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	42
Figura 13. Número de sementes germinadas (média \pm EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e de <i>Pachycondyla striata</i> Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ.....	43
Figura 14. Número de espécies germinadas (média \pm EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e de <i>Pachycondyla striata</i> Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.....	44
Figura 15. Número de espécies germinadas (média \pm EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de <i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille) e de <i>Pachycondyla striata</i> Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ.....	44
Figura 16. Análise de componentes principais para o banco de sementes de plantas em diferentes ambientes no município de Vassouras-RJ.....	45

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO I: EFEITOS DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) SOBRE A REMOÇÃO DE SEMENTES	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Áreas de Estudo	12
2.2 Coleta de Dados	13
2.2.1 Avaliação da remoção de sementes por formigas	13
2.2.2 Remoção de sementes após 24 horas	16
2.2.3 Amostragem dos ninhos de formigas	17
2.3 Análise dos dados	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Formigas atraídas pelas sementes e a taxa de remoção	18
3.2 Densidade e frequência dos ninhos de formigas e sua relação com a taxa de remoção de sementes	21
3.3 Distância de remoção de sementes e o tamanho corporal das formigas	22
4 CONCLUSÕES	26
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES DAS FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO BANCO DE SEMENTES E NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	31
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 Áreas de Estudo	35
2.2 Banco de sementes da serapilheira	35
2.3 Banco de sementes nos ninhos de formigas e locais adjacentes	35
2.4 Análise de dados	36
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.1 Banco de sementes na serapilheira	37
3.2 Banco de sementes nos ninhos de formigas: abundância, riqueza e composição de espécies	39
3.3 Análise química do solo	45
4 CONCLUSÕES	48
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO III: FATORES QUE INFLUENCIAM A ABUNDÂNCIA E A RIQUEZA DE ESPÉCIES DE PLANTAS SOBRE NINHOS DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)	55
RESUMO	56
ABSTRACT	57
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1 Áreas de Estudo	59
2.2 Plantas sobre os ninhos de formigas e locais adjacentes	59
2.3 Atividade de formigas nos ninhos	59
2.4 Análise química do solo	59
2.5 Análise de dados	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
3.1 Abundância e riqueza de espécies de plantas sobre ninhos de formigas	60
3.2 Influência de fatores bióticos e abióticos na abundância e riqueza de plantas sobre ninhos de formigas	62
4 CONCLUSÕES	65
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CONCLUSÕES GERAIS	69

INTRODUÇÃO GERAL

Os seres vivos modificam o ambiente através de suas atividades, inclusive para que este se adeque às suas necessidades. Diversos autores têm estudado tais modificações, que podem ser chamadas de engenharia de ecossistemas (WILBY *et al.*, 2001; LILL & MARQUIS, 2003). A engenharia de ecossistemas é o termo utilizado para o fenômeno da criação, modificação e manutenção de habitats por seres vivos (GUTIERREZ *et al.*, 2003). Os engenheiros de ecossistemas são, então, organismos que influenciam a disponibilidade de recursos para outras espécies por causarem mudanças no ambiente e criarem habitats (JONES *et al.*, 1994).

Segundo JONES *et al.* (1994), existem dois grandes grupos de engenheiros de ecossistemas, os autogênicos e os alogênicos. Os engenheiros autogênicos modificam o ambiente através de suas próprias estruturas físicas vivas ou mortas, como as árvores, cujas estruturas servem de abrigo para formigas, bromélias e inúmeros outros organismos (JUNQUEIRA *et al.*, 2001; REIS & FONTOURA, 2009; BONNET *et al.*, 2010). Os engenheiros alogênicos são organismos como as formigas, que provocam alterações no ambiente ao modificarem materiais através de meios mecânicos ou outros (JONES *et al.*, 1994). Diversas espécies de formigas podem alterar as propriedades físicas e químicas do solo e influenciar a disponibilidade de recursos para as plantas (KING, 1977; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; NKEM *et al.*, 2000; PASSOS & OLIVEIRA, 2004).

A influência que as formigas exercem sobre a estrutura do solo, processos hidrológicos e a ciclagem de nutrientes ainda é pouco conhecida (LOBRY DE BRUYN, 1999). Entretanto, sabe-se que o movimento do solo realizado por formigas (bioturbação) durante a construção de seus ninhos tem importantes implicações na distribuição das partículas do solo, nutrientes e matéria orgânica (WANG *et al.*, 1995). Como a quantidade de solo submetido à bioturbação pela comunidade de formigas pode alcançar cerca de 11.000 Kg/ha/ano (LOBRY DE BRUYN, 1999), os efeitos sobre os ecossistemas podem ser expressivos.

Sobre a textura do solo, as consequências da bioturbação realizada por formigas são variadas e vão desde o enriquecimento de argila a um aumento de material grosseiro nas proximidades dos ninhos (LOBRY DE BRUYN, 1999; NKEM *et al.*, 2000). A densidade do solo e a agregação das partículas também podem ser afetadas (KING, 1977). Os efeitos sobre a porosidade podem ter implicações positivas, pois as atividades das formigas aumentam a aeração, a infiltração da água no solo e proporcionam melhores condições para o crescimento das raízes das plantas (ELDRIDGE, 1993; LOBRY DE BRUYN & CONACHER, 1994; FARJI-BRENER & MEDINA, 2000; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Além disso, o solo dos ninhos pode ter maior capacidade de reter umidade que o solo de áreas vizinhas (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000).

As formigas que constroem seus ninhos no solo também podem alterar suas propriedades através do material animal e vegetal que é levado para os ninhos e misturado com o solo escavado, podendo afetar a concentração de nutrientes no solo (BRIESE, 1982). Nesse sentido, diversos autores observaram que o solo coletado próximo dos ninhos de formigas apresentava maior concentração de nutrientes que solos adjacentes (CULVER & BEATTIE, 1983; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; NKEM *et al.*, 2000; CAMMERAAT *et al.*, 2002; FOLGARAIT *et al.*, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; SEAMAN & MARINO, 2003; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Também foi constatado que o pH do solo pode ser afetado pela atividade das formigas (CAMMERAAT *et al.*, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004).

Também se sabe que as condições ambientais nos ninhos de formigas podem ser favoráveis para a mineralização da matéria orgânica (PETAL & KUSINSKA, 1994). Outra questão importante é que estudos recentes descobriram interações entre formigas e bactérias que podem fixar nitrogênio (SANTOS *et al.*, 2004; STOLL *et al.*, 2007), mas os efeitos dessas interações sobre as propriedades do solo ainda são pouco conhecidos. Entretanto, STADLER *et al.* (2006) observaram que a atividade de *Formica polyctena* (Foerster) têm efeito sobre a atividade microbiana na camada de serapilheira, acelerando a decomposição.

Dentre o material levado para os ninhos pelas formigas estão as sementes de diversas espécies de plantas (MEDEIROS, 1997; FARJI-BRENER & MEDINA, 2000), sendo que esses insetos são importantes dispersores de sementes (LEAL & OLIVEIRA, 1998; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; ZELIKOVA & BREED, 2008). As formigas se alimentam das sementes, muitas vezes consumindo somente sua parte carnosa e rica em lipídios e, assim, potencializam sua capacidade de germinação por evitar o ataque de fungos (PIZO & OLIVEIRA, 2001; GUIMARÃES JR. & COGNI, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; RICO-GRAY & OLIVEIRA, 2007). Além de remover os diásporos para o ninho, as formigas também podem deixá-los na trilha de forrageamento, deslocando a semente para longe da planta-mãe e diminuindo a probabilidade do ataque de herbívoros e a competição intraespecífica (JANZEN, 1970; HOWE & SMALLWOOD, 1982; PIZO *et al.*, 2005).

Diversos estudos apontam diferenças entre a vegetação encontrada nos ninhos de formigas e em locais adjacentes sem ninhos (CULVER & BEATTIE, 1983; FOLGARAIT *et al.*, 2002). Foram observadas maiores abundância e diversidade de plantas sobre os ninhos que em locais adjacentes (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; PASSOS & OLIVEIRA, 2002), sendo que algumas espécies de plantas podem estar relacionadas com a presença dos ninhos (KING, 1977; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000). Alguns autores constataram inclusive que a sobrevivência das plantas pode ser maior próximo do ninho do que distante dele, pelas características do solo serem propícias para as plantas e pela proteção contra herbivoria oferecida pelas formigas (PASSOS & OLIVEIRA, 2002, 2004).

A atividade dos engenheiros de ecossistemas tem sido considerada um mecanismo importante para a manutenção da riqueza de espécies em diversos habitats, por aumentar a heterogeneidade ambiental (WRIGHT *et al.*, 2002). No caso das formigas que nidificam no solo, as suas atividades podem influenciar a heterogeneidade da vegetação (MEYER, 2011). Além disso, podem colaborar para a manutenção da biodiversidade através da criação de microhabitats que servem de refúgio para espécies de plantas exigentes em relação às características físicas e químicas do solo (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000). O ninho também pode ser um refúgio para as espécies mais susceptíveis ao ataque de herbívoros, principalmente na fase de semente e plântula (PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Todavia, estudos sobre as ações das formigas como engenheiras de ecossistemas em ambientes altamente impactados pelo homem são escassos.

Nos últimos séculos, as florestas tropicais nativas vêm sendo ameaçadas pelo desmatamento devido, principalmente, ao avanço da fronteira agropecuária (SCHELHAS & GREENBERG, 1996). Esse é o caso da Mata Atlântica, pois originalmente cobria aproximadamente 150 milhões de hectares e atualmente ocupa somente cerca de 16 milhões de hectares (RIBEIRO *et al.*, 2009). Além disso, é formada principalmente de fragmentos florestais relativamente pequenos, em diferentes estágios de regeneração e com auto grau de isolamento (ZAU, 1998). Todavia, a Mata Atlântica ainda apresenta uma grande biodiversidade e um elevado número de espécies endêmicas que, somado ao estado atual de degradação, possibilitou que fosse apontada como uma área prioritária para a conservação (MYERS *et al.*, 2000).

O Bioma Mata Atlântica é composto por diferentes tipos vegetacionais e entre eles estão as florestas estacionais semidecíduais (IBGE, 1992). Uma porção dessas florestas está localizada no Vale do Paraíba, que abrange parte dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. A história dessa região está grandemente relacionada ao cultivo do café. As primeiras plantações datam de cerca de 1.800 e o declínio da cultura do café no Vale do Paraíba teve início a partir de 1.870 (SOARES, 2011). Dentre outros motivos, a decadência da cultura do café na região esteve ligada à depredação do solo e ao esgotamento das florestas nativas (SOARES, 2011). A fertilidade do solo era maior nas áreas com cobertura florestal, assim as florestas eram desmatadas para dar lugar ao café, que era cultivado como monocultura e sem as técnicas adequadas para a conservação do solo (STEIN, 1985). Pode-se dizer que a cultura cafeeira persistiu na região até as duas primeiras décadas do século XX, embora ainda existam alguns pequenos produtores. Após o café seguiu-se a pecuária leiteira, mas a região também é grandemente industrializada (SOARES, 2011).

O município de Vassouras-RJ foi um dos principais produtores de café no Vale do Paraíba (STEIN, 1985). Como consequência, atualmente a cobertura florestal resume-se a apenas 35,3% da área do município e é formada principalmente por fragmentos de florestas secundárias (REZENDE, 2007).

Devido ao atual nível de degradação dos ecossistemas naturais no Vale do Paraíba e à importância dos engenheiros de ecossistemas para a conservação da biodiversidade, torna-se relevante avaliar as atividades das formigas nessa região. Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos das atividades das formigas sobre as características químicas do solo e a distribuição de sementes e plantas em diferentes ambientes no município de Vassouras.

O estudo foi dividido em três capítulos e o primeiro teve por objetivo avaliar a taxa e a distância de dispersão de sementes em diferentes ambientes. Já no segundo capítulo, objetivou-se estudar os efeitos das atividades das formigas sobre o banco de sementes e sobre as características químicas do solo. Também teve por objetivo avaliar se tais efeitos variam entre ambientes diferentes. No terceiro capítulo, a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre ninhos de formigas foram avaliadas em diferentes ambientes. Além disso, procurou-se identificar os fatores que influenciam a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONNET, A.; CURCIO, G.R.; GALVÃO, F.; KOZERA, C. Diversidade e distribuição espacial de bromeliáceas epifíticas do altíssimo rio Tibagi – Paraná – Brasil. **Floresta**, v.40, p.71-80, 2010.

BRIESE, D.T. The effect of ants on the soil of a semi-arid saltbush habitat. **Insectes Sociaux**, v.29, p.375-386, 1982.

CAMMERAAT, L.H.; WILLOTT, S.J.; COMPTON, S.G.; INCOLL, L.D. The effects of ants' nest on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain. **Geoderma**, v.105, p.1-20, 2002.

CULVER, D.C.; BEATTIE, A.J. Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. **Ecology**, v.64, p.485-492, 1983.

- ELDRIDGE, D.J. Effect of ants on sandy soils in semi-arid eastern Australia – local distribution of nest entrances and their effect on infiltration water. **Australian Journal of Soil Research**, v.31, p.509-518, 1993.
- FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Influence of nests of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. **Journal of Vegetation Science**, v.11, p.453-460, 2000.
- FARJI-BRENER, A.G.; MEDINA, C. The importance of where to dump the refuse: seed banks and fine roots in nests of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* and *Atta colombica*. **Biotropica**, v.32, p.120-126, 2000.
- FOLGARAIT, P.J.; PERELMAN, S.; GOROSITO, N.; PIZZIO, R.; FERNANDEZ, J. Effects of *Camponotus punctulatus* ants on plant community composition and soil properties across land-use histories. **Plant Ecology**, v.163, p.1-13, 2002.
- GUIMARÃES JR., P.R.; COGNI, R. Seed cleaning of *Cupania vernalis* (Sapindaceae) by ants: edge effect in a highland forest in south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.303-307, 2002.
- GUTIERREZ, J.L.; JONES, C.G.; STRAYER, D.L.; IRIBARNE, O.O. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. **Oikos**, v.101, p.79-90, 2003.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.13, p.201-228, 1982.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.
- JANZEN, D.H. Herbivores and number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v.104, p.501-528, 1970.
- JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p.373-386, 1994.
- JUNQUEIRA, L.K.; DIEHL, E.; DIEHL-FLEIG, E. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) visitantes de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). **Neotropical Entomology**, v.30, p.161-164, 2001.
- KING, T.J. The plant ecology of ant-hills in calcareous grassland: I. patterns of species in relation to ant-hills in southern England. **The Journal of Ecology**, v.65, p.235-256, 1977.
- LEAL, I.R.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in southeast Brazil. **Biotropica**, v.30, p.170-178, 1998.
- LILL, J.T.; MARQUIS, R.J. Ecosystem engineering by caterpillars increases insect herbivore diversity on white oak. **Ecology**, v.84, p.682-690, 2003.

LOBRY DE BRUYN, L.A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.425-441, 1999.

LOBRY DE BRUYN, L.A.; CONACHER, A.J. The effect of ant biopores on water infiltration in soils in undisturbed bushland and in farmland in a semi-arid environment. **Pedobiologia**, v.38, p.193-207, 1994.

MEDEIROS, F.N.S. **Ecologia comportamental da formiga *Pachycondyla striata* Fr. Smith (Formicidae: Ponerinae) em uma floresta do sudeste do Brasil**. 1997. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.

MEYER, S.T.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; WIRTH, R. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. **Ecological Entomology**, v.36, p.14-24, 2011.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-845, 2000.

NKEM, J.N.; LOBRY DE BRUYN, L.A.; GRANT, C.D.; HULUGALLE, N.R. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. **Pedobiologia**, v.44, p.609-621, 2000.

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

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. **Oecologia**, v.139, p.376-382, 2004.

PETAL, J.; KUSINSKA, A. Fractional composition of organic matter in the soil of anthills and of the environment of meadows. **Pedobiologia**, v.38, p.493-501, 1994.

PIZO, M.A.; PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic forest, p.315-329, 2005. IN: FORGET, P.M.; LAMBERT, J.E.; HULME, P.E.; VANDERWALL, S.B. (EDS). **Seed Fate**. CAB International. 2005.

PIZO, M.A.; OLIVEIRA, P.S. Size and lipid content of non myrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v.157, p.37-52, 2001.

REIS, J.R.M.; FONTOURA, T. Diversidade de bromélias epífitas na Reserva Particular do Patrimônio Natural Serra do Teimoso – Jussari, BA. **Biota Neotropica**, v.9, p.73-79, 2009.

REZENDE, E.M.C. **Zoneamento ambiental para plantio de eucalipto no município de vassouras, estado do Rio de Janeiro – RJ**. 2007. 36p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

- RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J. & HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, p.1141-1153, 2009.
- RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. **The ecology and evolution of ant-plant interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007. 331p.
- SANTOS, A.V.; DILLON, R.J.; DILLON, V.M.; REYNOLDS, S.E.; SAMUELS, R.I. Occurrence of the antibiotic producing bacterium *Burkholderia* sp. in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. **FEMS Microbiology Letters**, v.239, p.319-323, 2004.
- SCHELHAS, J.; GREENBERG, R. **Forest patches in tropical landscapes**. Washington: Island Press. 1996. 426p.
- SEAMAN, R.E.; MARINO, P.C. Influence of mound building and selective seed predation by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) on an old-field plant assemblage. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.130, p.193-201, 2003.
- SOARES, J.C.F. **Uma breve história do café na região da Vila de Resende no século XIX**. Estudos “Nossa Terra, Nossa Gente.” Disponível em: <<http://www.valedoparaiba.com/terragente/estudos/cafe/download.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2011.
- STADLER, B.; SCHRAMM, A.; KALBITZ, K. Ant-mediated effects on spruce litter decomposition, solution chemistry, and microbial activity. **Soil Biology & Biochemistry**, v.38, p.561-572, 2006.
- STEIN, S.J. **Vassouras: um município brasileiro do café, 1850-1900**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1985. 361p.
- STOLL, S.; GADAU, J.; GROSS, R.; FELDHAAR, H. Bacterial microbiota associated with ants of the genus *Tetraponera*. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.90, p.399-412, 2007.
- WANG, D.; MCSWEENEY, K.; LOWERY, B.; NORMAN, J.M. Nest structure of ant *Lasius neoniger* Emery and its implications to soil modification. **Geoderma**, v.66, p.259-272, 1995.
- WILBY, A.; SHACHAK, M.; BOEKEN, B. Integration of ecosystem engineering and trophic effects of herbivores. **Oikos**, v.92, p.436-444, 2001.
- WRIGHT, J.P.; JONES, C.G.; FLECKER, A.S. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. **Oecologia**, v.132, p.96-101, 2002.
- ZAU, A.S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, v.5, 160-170, 1998.

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

CAPÍTULO I

EFEITOS DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) SOBRE A REMOÇÃO DE SEMENTES

RESUMO

As formigas são importantes dispersoras de sementes. Entretanto, alterações na estrutura das comunidades de formigas podem afetar a dispersão de sementes. Objetivou-se estudar a taxa e a distância de remoção de sementes em diferentes ambientes. A coleta de dados foi realizada em fragmentos florestais denominados mata 1 (6 ha), mata 2 (36 ha) e mata 3 (780 ha) e em uma área de pastagem de bovinos no município de Vassouras-RJ. Em cada ambiente foram estabelecidas 40 estações de observação contendo seis sementes de *Carica papaya* L. (mamão) e a remoção das sementes foi avaliada durante 2h. Em outro experimento foi verificada a remoção de sementes após 24h. Dezesete espécies de formigas removeram o total de 316 sementes (32,92% do exposto). A espécie que removeu o maior número de sementes foi *Pachycondyla striata* Fr. Smith, seguida de *Odontomachus chelifer* (Latreille). A taxa de remoção de sementes foi significativamente maior na mata 3 que nos demais ambientes e o padrão se manteve após 24 horas. Nos três fragmentos florestais, foram encontrados ninhos das espécies *Ectatomma edentatum* (Roger), *O. chelifer* e *P. striata*. Na pastagem não foram encontrados ninhos dessas três espécies. A proporção de ninhos das espécies foi diferente entre os ambientes ($\chi^2 = 28,48$; Gl = 4; $P < 0,01$). A espécie *P. striata* apresentou a maior densidade na mata 3, onde foi a responsável por 53,79% das sementes removidas. A distância média de remoção foi significativamente maior nos ambientes mata 2 e mata 3. O tamanho das formigas foi positivamente relacionado com a distância de remoção ($y = 1,637x + 0,065$, $R^2 = 0,853$, $n = 10$, $P < 0,01$). *Pachycondyla striata* é importante para a dispersão de sementes, visto que a taxa de remoção é potencializada em ambientes com elevada densidade de ninhos da espécie.

Palavras chave: biodiversidade, comunidades, dispersão de sementes, mirmecocoria.

ABSTRACT

The ants are important seed dispersers. However, changes in the structure of ant communities may affect seed dispersal. The objective was to study the rate and distance of removal of seeds in different environments. The study was conducted in three forest fragments called forest 1 (6 ha), forest 2 (36 ha) and forest 3 (780 ha) and in a pasture in Vassouras, State of Rio de Janeiro, Brazil. Forty observation stations were established in each environment, each station containing six seeds of *Carica papaya* L (papaya) and the seed removal was evaluated after 2h. In another experiment the removal of seeds was observed after 24 hours. Seventeen species removed a total of 316 seeds (32.92% of total seeds exposed). The species that removed most seeds was *Pachycondyla striata* Fr. Smith, followed by *Odontomachus chelifer* (Latreille). The removal rate of seeds was significantly higher in forest 3 when compared to others environments, and this pattern was kept after 24 hours. In all three forest fragments, nests of *Ectatomma edentatum* (Roger), *O. chelifer* and *P. striata* were found. In the pasture were not found nests of the three species. The proportion of nests of the three species was significantly different among environments ($\chi^2 = 28.48$; $df = 4$; $P < 0.01$). The species *P. striata* had a higher density in forest 3, where it was responsible for 53.79% of all seeds removed. Average distance of removal was significantly higher in forest 2 and forest 3. The size of the ants is positively related to the distance of removal ($y = 1.637x + 0.065$, $R^2 = 0.853$, $n = 10$, $P < 0.01$). *Pachycondyla striata* is important for seed dispersal, since the removal rate is potentiated in environments with higher nest densities of this species.

Key words: biodiversity, communities, myrmecochory, seed dispersal.

1 INTRODUÇÃO

A dispersão das sementes proporciona para as plantas a redução do ataque de parasitas e predadores e da competição intraespecífica após a germinação (JANZEN, 1970). As formigas que nidificam no solo geralmente removem as sementes coletadas para as proximidades do ninho (ANDERSEN, 1988), que pode apresentar solo mais fértil e com maior capacidade de reter água que o solo de locais vizinhos (CULVER & BEATTIE, 1983; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; CAMMERAAT *et al.*, 2002). Neste caso, as sementes podem ser depositadas em sítios favoráveis para a sua sobrevivência e desenvolvimento (hipótese da dispersão direcionada) (HOWE & SMALLWOOD, 1982). As formigas também podem melhorar a capacidade de germinação das sementes, pois evitam o ataque de fungos por se alimentarem da parte carnosa do diásporo (PIZO & OLIVEIRA, 2001; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Além disso, as sementes e plantas localizadas nas proximidades dos ninhos podem receber proteção contra herbivoria (PASSOS & OLIVEIRA, 2004).

As formigas são capazes de dispersar uma quantidade significativa de sementes e a distância de dispersão proporcionada pela mirmecofauna é um benefício em potencial para as plantas (ANDERSEN, 1988). Todavia, essa dispersão é realizada, principalmente, por um grupo restrito de espécies da comunidade de formigas (PASSOS & OLIVEIRA, 2004; SANTO, 2007; ZELIKOVA & BREED, 2008). Em formações vegetacionais do Bioma Mata Atlântica, as formigas poneromorfas *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. Smith. se destacam como importantes dispersoras de sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; BOTTCHER, 2006). Outras poneromorfas que podem ser encontradas usando frutos e sementes são espécies de *Gnamptogenys* e *Ectatomma edentatum* (Roger) (PIZO & OLIVEIRA, 1999; PETERNELLI *et al.*, 2004; PIZO *et al.*, 2005), mas pouco se sabe sobre sua efetividade na dispersão de sementes e sobre os efeitos de suas atividades no recrutamento das plantas.

Embora espécies como *O. chelifer* e *P. striata* alimentem-se, principalmente, de outros artrópodes, sua dieta também inclui sementes que apresentam estruturas ricas em lipídios (PIZO & OLIVEIRA, 2001; BOTTCHER, 2006) e frutos ricos em proteínas (PASSOS & OLIVEIRA, 2004). As poneromorfas e mesmo espécies de outros grupos podem remover os diásporos que caem no solo ou remover as sementes presentes nas fezes de vertebrados (PASSOS & OLIVEIRA, 2002, PIZO *et al.*, 2005). Também sabe-se que as atividades dessas formigas podem alterar as características do solo próximo do ninho, aumentando a concentração de nutrientes e potencializando o recrutamento das plantas cujos diásporos foram levados para o ninho (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; BOTTCHER, 2006).

O tamanho do corpo das operárias é uma característica que influencia a sua capacidade de dispersar sementes (NESS *et al.*, 2004). Espécies de grande tamanho corporal normalmente forrageiam por distâncias maiores que formigas pequenas (GOMEZ & ESPADALER, 1998) e têm maior facilidade para carregar as sementes individualmente, enquanto que as espécies menores podem precisar do auxílio de companheiras de ninho (ZELIKOVA & BREED, 2008). Além disso, a capacidade de recrutamento de companheiras de ninho, a territorialidade e a densidade de ninhos são características das espécies e de suas populações que influenciam na capacidade de remover sementes (ANDERSEN, 1988; ZELIKOVA & BREED, 2008). Dentre essas variáveis, a densidade de ninhos pode afetar a distância de remoção devido à tendência das formigas de levar as sementes para o ninho (KING, 1977; HORVITZ & BEATTIE, 1980; FARJI-BRENER & SILVA, 1996). Assim, o aumento da densidade de

ninhos pode provocar a diminuição da distância de dispersão, embora possa aumentar a taxa de remoção (ANDERSEN, 1988).

Desse modo, alterações nos habitats que levem à extinção local ou mesmo à diminuição da densidade populacional de espécies-chave para a dispersão de sementes podem por em risco o processo de dispersão e as espécies de plantas que dependem desse processo (VASCONCELOS, 1999; GIBB & HOCHULI, 2002; SCHOEREDER *et al.*, 2004; CORDEIRO *et al.*, 2009). A extinção local de espécies de maior porte pode, inclusive, diminuir o tamanho médio das formigas de uma comunidade, com efeitos adversos sobre a remoção de sementes (NESS *et al.*, 2004). Assim, torna-se relevante analisar os efeitos de alterações na estrutura das comunidades de formigas sobre a taxa e a distância de remoção de sementes.

Portanto, objetivou-se estudar a taxa e a distância de remoção de sementes em diferentes ambientes. Procurou-se testar a validade da seguinte hipótese: o número de sementes removidas por uma espécie de formiga e a distância de remoção estão relacionados com a sua identidade, tamanho corporal e densidade populacional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

A coleta de dados foi realizada no município de Vassouras-RJ, que está sob o domínio do Bioma Mata Atlântica e onde a vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual. Em consequência do histórico de uso da terra, a paisagem da região encontra-se amplamente dominada por pastagens (60,2%) e em menor parcela por florestas (35,3%) (REZENDE, 2007).

O clima do município de Vassouras, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico úmido (Cwa) (REZENDE, 2007), com a temperatura média no mês mais frio sendo inferior a 18 °C e no mês mais quente superior a 23 °C (Figura 1). A precipitação pluviométrica anual média é cerca de 1.280 mm, sendo maior no verão e menor no inverno.

Para a realização do estudo, foram escolhidos fragmentos florestais de diferentes tamanhos e uma pastagem, em função dos efeitos que a redução e a destruição do habitat podem causar na estrutura das comunidades de formigas (VASCONCELOS, 1998; GIBB & HOCHULI, 2002; SCHOEREDER *et al.*, 2004).

Foram selecionados três fragmentos florestais (Figura 2). A mata 1 era um fragmento florestal de 6 ha e 1.056 m de perímetro (22° 27' 41" S; 43° 38' 57" W); a mata 2, um fragmento florestal com 36 ha e 4.464 m de perímetro (22° 27' 3" S; 43° 38' 40" W) e a mata 3, um fragmento florestal com área de 780 ha e 37.571 m de perímetro (22° 27' 11" S; 43° 39' 47" W) (Figura 3). Foi observado que gado e pessoas adentram os fragmentos florestais estudados, entretanto, a entrada de gado na mata 3 é aparentemente menos frequente que nas demais. A pastagem de bovinos (22° 27' 30" S; 43° 39' 29" W) era coberta por *Brachiaria decumbens* Stapf. e estava situada a aproximadamente 200 m da mata 3. Nesses ambientes, a altitude é de aproximadamente 600 m a.n.m.

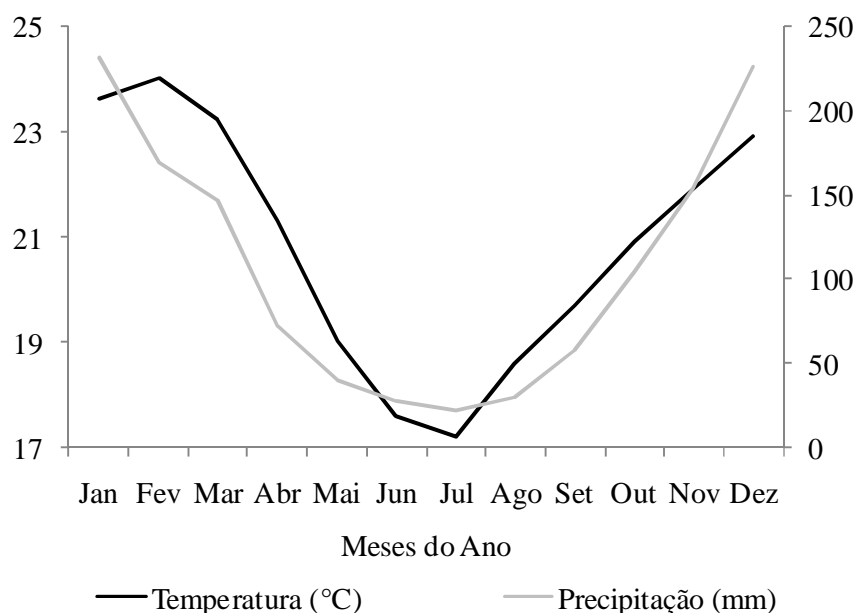


Figura 1. Normal da temperatura média e da precipitação pluviométrica no município de Vassouras-RJ (EMBRAPA, 2011).

2.2 Coleta de Dados

2.2.1 Avaliação da remoção de sementes por formigas

Para estudar a remoção de sementes por formigas nos diferentes ambientes foram utilizadas sementes de *Carica papaya* L. (mamão) (ZELIKOVA & BREED, 2008). As sementes de mamão apresentam uma sarcotesta, que é uma proteção mucilaginosa que reveste a semente (SANTOS *et al.*, 2009). Em termos de porcentagem de matéria seca, a sarcotesta é composta principalmente de fibras (58,4%) e de proteína (30,5%), sendo desprovida de gordura, enquanto que o endosperma é constituído principalmente de gordura (60,4%), proteína (20,5%) e carboidratos (12,7%) (PASSERA & SPETTOLI, 1981). O peso médio das sementes de mamão frescas foi de $0,09 \pm 0,01$ g, o comprimento médio foi de $0,63 \pm 0,06$ cm e a largura média foi de $0,47 \pm 0,05$ cm (N = 100 sementes). Para evitar a introdução de organismos nos ambientes estudados, as sementes utilizadas no experimento receberam três perfurações, realizadas com um alfinete, para inviabilizá-las. Para confirmar a inviabilização, 100 sementes furadas e o mesmo número de sementes não furadas foram colocadas em bandejas com areia esterilizada e mantida umedecida. Após 60 dias de observação nenhuma semente furada germinou. Por outro lado, 48% das sementes não furadas germinaram, valor que pode ser considerado alto, visto que não foi aplicado tratamento para a quebra da dormência das sementes (TOKUHISA *et al.*, 2007).

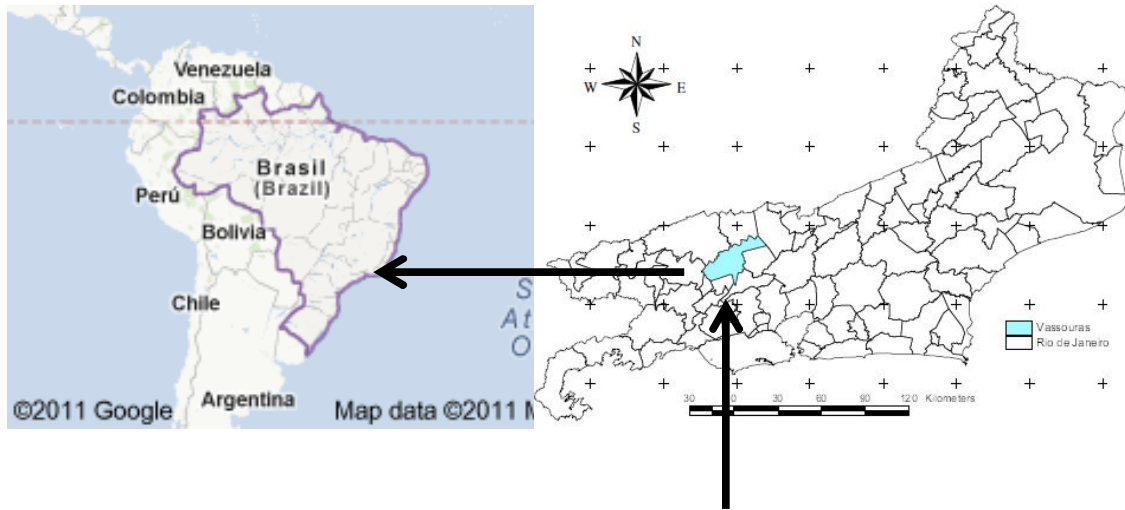


Figura 2. Ambientes utilizados no estudo e a localização aproximada dos pontos de coleta de dados nos fragmentos florestais (círculos vermelhos) e no pasto (quadrado amarelo), no município de Vassouras-RJ. Adaptado do programa Google Earth e de REZENDE (2007).

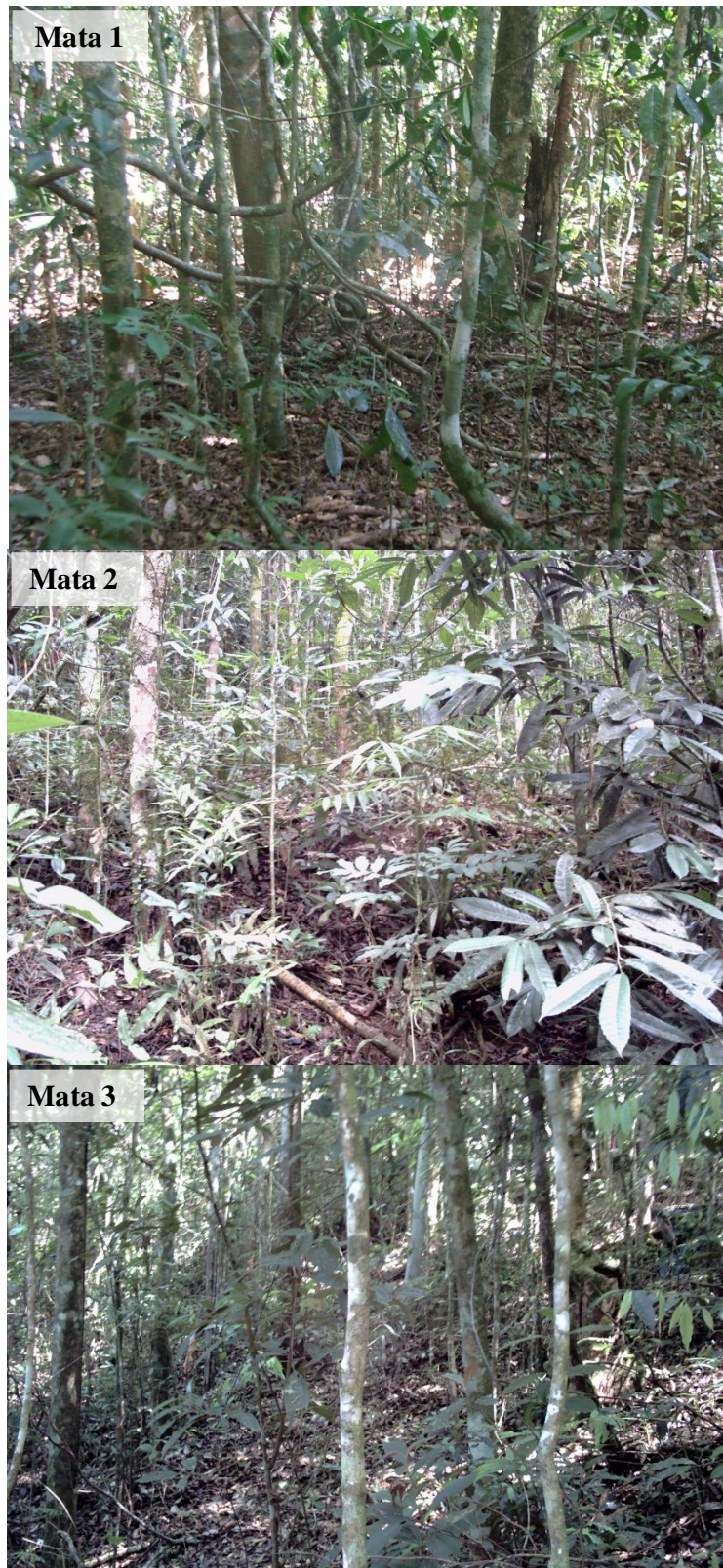


Figura 3. Aspectos dos fragmentos florestais no município de Vassouras-RJ.

Entre os meses de outubro e novembro de 2009 foram demarcadas quatro parcelas de 400 m² (40m x 10m) a intervalos de 30m, em cada ambiente (Figura 4). Nas parcelas, dez estações contendo seis sementes de mamão foram instaladas em seu perímetro a cada 10m, sendo que as sementes foram colocadas sobre um papel branco de 10cm x 10cm. Cada estação foi observada durante o período de 120 minutos e as formigas foram coletadas quando carregaram as sementes a uma distância maior que 5cm, o que foi considerado como remoção (ZELIKOVA & BREED, 2008). Foram anotados o número de sementes removidas e a distância de remoção de cada semente, medida com uma trena. Sempre que possível, foi observado se as sementes foram levadas para a proximidade dos ninhos (pelo menos 20cm da entrada do ninho). As estações contendo sementes foram observadas nos seguintes horários: 07h-09h; 09h-11h; 11h-13h; 13h-15h; e 15h-17h. Em cada parcela, duas estações foram observadas em cada um desses horários.

Os indivíduos coletados foram acondicionados em frascos plásticos devidamente identificados e contendo solução de álcool a 70%. As formigas foram identificadas ao nível de gênero, morfoespeciadas e, quando possível, identificadas ao nível de espécie, sendo depositadas na Coleção Entomológica Ângelo Moreira da Costa Lima (CECL), Instituto de Biologia/ UFRRJ. Foi obtida a riqueza de espécies por ambiente.

Como medida do tamanho das espécies de formigas, foi usada a largura da cabeça de até seis formigas operárias de cada espécie, calculando-se posteriormente o tamanho médio para cada espécie (VARGAS *et al.*, 2009). A largura da cabeça é um bom indicativo para o tamanho total do corpo das formigas (KASPARI & WEISER, 1999). As medidas foram realizadas por meio de uma câmara clara, acoplada a um microscópio estereoscópico.

2.2.2 Remoção de sementes após 24 horas

Nos meses de outubro e novembro de 2010, sementes de mamão foram expostas novamente nos ambientes estudados, seguindo o mesmo padrão de espaçamento entre parcelas e estações apresentado anteriormente. Todavia, nessa oportunidade as seis sementes de mamão colocadas em cada estação foram cobertas com um recipiente plástico transparente com 11cm de comprimento, 7cm de largura e 4cm de altura (Figura 5A). Tal recipiente possuía ainda duas aberturas, em lados opostos, com 5 cm de comprimento e 1,5 cm de altura, e era preso ao solo por dois palitos de bambu. O objetivo da utilização do recipiente foi evitar que outros animais, além das formigas, tivessem acesso às sementes. Foi verificado o número de sementes removidas após duas horas e após 24 horas. O objetivo desse experimento foi verificar se o padrão observado para a taxa de remoção de sementes nos ambientes se mantém com o aumento do tempo de exposição.

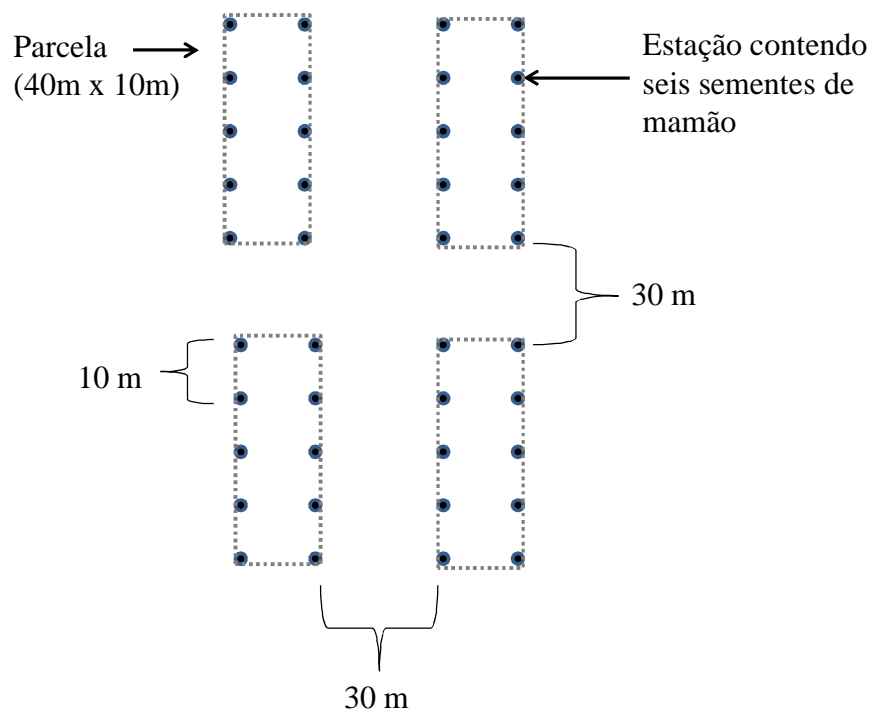


Figura 4. Esquema mostrando a distribuição das parcelas contendo estações com sementes de mamão.

2.2.3 Amostragem dos ninhos de formigas

Uma parcela de 30m x 40m foi demarcada em cada ambiente e foi dividida em 12 subparcelas de 10m x 10m. Para a localização dos ninhos de *E. edentatum*, *O. chelifer* e *P. striata*, seis pares de iscas de sardinha e de pedaços de biscoito de maizena foram colocados sobre papel branco medindo 10x10cm e foram distribuídos em cada uma das 12 subparcelas (Figura 5B). O papel com sardinha distava cerca de 15cm do papel com pedaços de biscoito, formando um par de iscas. Os pares foram colocados no centro das subparcelas a intervalos de dois metros. Além disso, foram realizadas inspeções no terreno e pedaços de biscoito foram colocados próximo de locais que supostamente poderiam ser a entrada de ninhos. As iscas foram observadas durante 180 minutos em cada subparcela, 90 minutos na parte da manhã (8:00h às 12:00h) e 90 minutos na parte da tarde (12:00h às 16:00h), e as formigas que coletavam parte das iscas eram acompanhadas até seu ninho. Sendo que as observações iniciaram 30 minutos após as iscas serem colocadas. Todos os ninhos encontrados foram marcados com bandeiras numeradas. Formigas operárias foram coletadas em cada ninho e foram acondicionadas em potes etiquetados contendo álcool hidratado a 70%, para serem identificadas no laboratório.

Os ninhos de *E. edentatum* e *O. chelifer* apresentam apenas um orifício para entrada e saída (ANTONIALI JR. & GIANNOTTI, 2001; RAIMUNDO *et al.*, 2009). Em três oportunidades foi possível observar a presença de mais de um orifício de entrada de um mesmo ninho de *P. striata*, pois formigas coletando iscas sobre um mesmo papel e não apresentando comportamento agressivo entre si entraram em orifícios diferentes no solo. Nesse caso, foi marcada a posição da entrada que apresentava maior atividade de formigas. Outros autores também observaram que os ninhos de *P. striata* podem ter mais de uma

entrada e que a distância entre orifícios pode alcançar 1,10 m (MEDEIROS, 1997; SILVA-MELO & GIANNOTTI, 2010). Contudo, é provável que um mesmo ninho não tenha sido marcado mais de uma vez no presente trabalho, pois a menor distância entre ninhos de *P. striata* obtida no presente estudo foi de 1,80 m.

2.3 Análise dos dados

Para o estudo da taxa de remoção de sementes e da distância média de remoção foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey. Para avaliar a proporção de ninhos (frequência) de cada espécie e a proporção de sementes removidas nos diferentes ambientes foi utilizado o teste de Qui-quadrado (ZAR, 1999).

Uma regressão linear simples foi realizada para avaliar a existência de relação entre a distância de remoção e o tamanho das formigas, sendo que, para essa análise, foram utilizadas somente as espécies que removeram quatro ou mais sementes. As espécies de formigas coletadas em cada ambiente foram separadas em classes de tamanho corporal e obteve-se o número de estações em que formigas removeram sementes por classe de tamanho.

Em todas as análises estatísticas foi utilizada para significância a probabilidade de 5%.



Figura 5. Sementes de mamão sob um pote plástico transparente (A) e um par de iscas de sardinha e pedaços de biscoito (B).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Formigas atraídas pelas sementes e taxas de remoção

Dezessete espécies de formigas removeram sementes (Tabela 1). A riqueza de espécies foi maior na mata 1, seguida do pasto e da mata 3, que apresentaram o mesmo número de espécies. No pasto, todas as espécies coletadas removeram sementes.

No total, 316 sementes foram removidas, o que representou uma taxa de remoção de 32,9%. O gênero com maior número de espécies que removeram sementes foi *Pheidole* (nove espécies). Espécies do gênero *Pheidole* são citadas em vários trabalhos como dispersoras de sementes (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PETERNELLI *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2007; GOVE *et al.*, 2007; ZELIKOVA & BREED, 2008). A espécie que removeu o maior número de sementes foi *P. striata* (29,1% do total das sementes removidas), seguida de *O. chelifer*

(25% do total das sementes removidas). Na pastagem, *Pheidole* sp.48 foi responsável por mais da metade das sementes removidas. Na mata 3, *P. striata* foi a responsável por 53,8% das sementes removidas. Isso confirma o que já foi encontrado por outros autores (e.g. PASSOS & OLIVEIRA, 2004; PIZO *et al.*, 2005; SANTO, 2007; ZELIKOVA & BREED, 2008), de que a dispersão de sementes por formigas é realizada por um pequeno grupo de espécies da comunidade. Além disso, os resultados corroboram a importância de *O. chelifer* e *P. striata* para a dispersão de sementes na Mata Atlântica (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; BOTTCHEER, 2006), embora essa importância não tenha sido registrada anteriormente em florestas estacionais semidecíduais. A espécie *E. edentatum* foi responsável por 10,1% das sementes removidas e também já havia sido observada por outros autores removendo sementes na Mata Atlântica (PIZO & OLIVEIRA, 1998; PIZO & OLIVEIRA, 1999; PETERNELLI *et al.*, 2004).

Tabela 1. Número de sementes de mamão removidas pelas espécies de formigas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.

Espécies	Número de sementes removidas				
	Pasto	Mata 1	Mata 2	Mata 3	Total
<i>Pachycondyla striata</i> Fr. Smith		3	11	78	92
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille)		20	21	38	79
<i>Pheidole</i> sp.48	37				37
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger		14	8	10	32
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr	17				17
<i>Pheidole</i> sp.1			7	6	13
<i>Pheidole</i> sp.53				12	12
<i>Pheidole</i> sp.52		11			11
<i>Solenopsis</i> sp.12	10				10
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel			3	1	4
<i>Pachycondyla verena</i> (Forel)	2				2
<i>Trachymyrmex</i> prox. <i>oetkeri</i>		2			2
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius)	1				1
<i>Crematogaster</i> sp.11	1				1
<i>Pheidole sensitiva</i> Borgmeier		1			1
<i>Pheidole</i> sp.49		1			1
<i>Pheidole</i> sp.51		1			1
Total	68	53	50	145	316
Número de Espécies	6	8	5	6	17

Do total de sementes removidas por *Pheidole* sp.48, 86,5% foram transportadas para as proximidades do ninho. Para *E. edentatum*, *O. chelififer* e *P.striata* a porcentagem de sementes levadas para as proximidades do ninho foi de 84,4%, 89,9% e 87,0%, respectivamente. Assim, os dados confirmam que a maioria das sementes removidas por formigas são levadas para as proximidades dos ninhos (PIZO & OLIVEIRA, 1998; ANDERSEN, 1988; PASSOS & OLIVEIRA, 2004).

A taxa de remoção de sementes foi significativamente maior na mata 3 que nos demais ambientes (Figura 6). Isso se deve, principalmente, ao elevado número de sementes removidas por *P. striata*, embora *O. chelififer* também tenha removido um elevado número de sementes nesse ambiente (Tabela 1). Em diversos estudos, operárias de *O. chelififer* já foram observadas apenas manipulando ou se alimentando localmente dos diásporos, sem removê-los, ao passo que *P. striata* sempre removia as sementes encontradas (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; CHRISTIANINI *et al.*, 2007). Isso indica que *P. striata* pode ser mais propensa a dispersar sementes que *O. chelififer*.

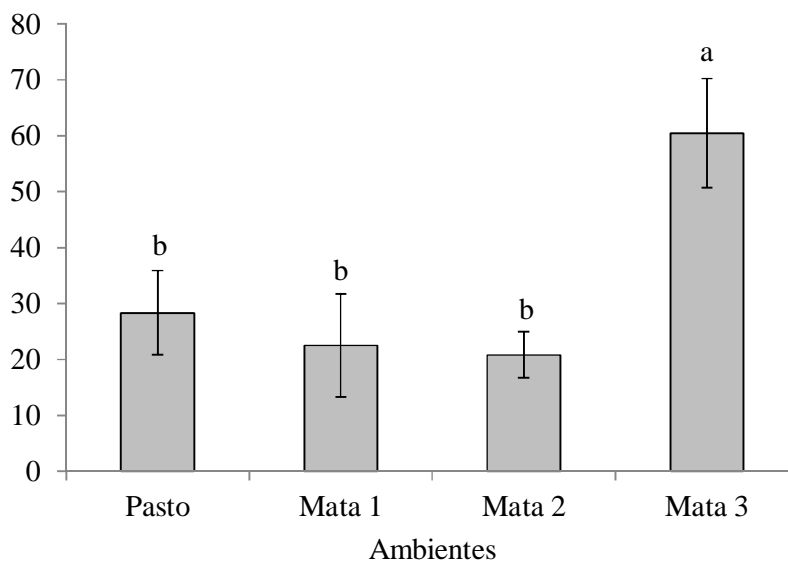


Figura 6. Taxa média (\pm EP) de remoção de sementes de mamão por parcela ($n = 4$) nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ. Nota: letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Experimento 2009.

A taxa de remoção de sementes foi significativamente maior na mata 3 que nos demais ambientes, para duas horas e 24 horas de exposição (Figura 7). Entretanto, aparentemente, existe a tendência da diferença entre a mata 3 e os demais ambientes diminuir com o aumento do tempo de exposição das sementes. Assim, é necessário cautela ao analisar as diferenças na taxa de remoção entre os ambientes, pois os resultados podem depender do tempo de exposição das sementes. Todavia, a remoção rápida das sementes para o ninho das formigas pode ser um benefício, pois uma exposição prolongada das sementes no solo poderia aumentar a probabilidade do ataque de parasitas e predadores (KJELLSSON, 1985). Além disso, é possível que as partes carnosas das sementes que atraem as formigas possam ressecar e tornar as sementes menos atraentes com o passar do tempo. Desse modo, a presença de

formigas que agem rapidamente na remoção das sementes torna-se importante para proporcionar uma maior taxa de dispersão.

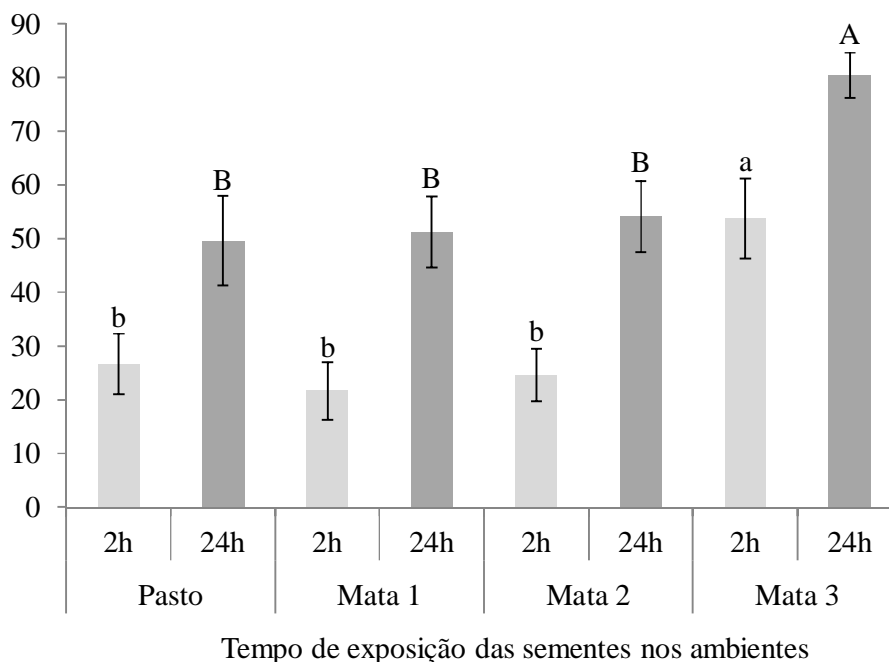


Figura 7. Taxa média (\pm EP) de remoção de sementes de mamão por parcela ($n = 4$) após duas horas ou 24 horas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ. Nota: letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Letras minúsculas – sementes expostas durante duas horas; letras maiúsculas – sementes expostas durante 24 horas. Experimento 2010.

3.2 Densidade e frequência dos ninhos de formigas e sua relação com a taxa de remoção de sementes

Nos três fragmentos florestais, foram encontrados no solo ninhos das espécies *E. edentatum*, *O. chelifer* e *P. striata*. Por outro lado, na pastagem não foram encontrados ninhos dessas espécies. Os ninhos de *O. chelifer* e *P. striata*, em diversas vezes, estão associados a árvores, o que ajuda a explicar a sua ausência na pastagem (MEDEIROS, 1997; RAIMUNDO *et al.*, 2009; SILVA-MELO & GIANNOTTI, 2010).

Foram encontrados 140 ninhos no total, 52 ninhos na mata 1, 40 na mata 2 e 48 na mata 3. Na mata 1 a espécie *E. edentatum* apresentou a maior densidade de ninhos (Tabela 2). Já nos ambientes mata 2 e mata 3 a espécie com maior densidade foi *P. striata*. A densidade de ninhos de *E. edentatum* e *P. striata* variou expressivamente entre os ambientes. A densidade de ninhos de *E. edentatum* foi cerca de seis vezes maior na mata 1 que na mata 3. Já a densidade de *P. striata* foi mais de três vezes maior na mata 3 que na mata 1. A densidade de ninhos de *O. chelifer* foi menor na mata 2 e maior na 3. A proporção de ninhos das espécies foi significativamente diferente entre os fragmentos estudados ($\chi^2 = 28,48$; $Gl = 4$; $P < 0,01$) (Tabela 2).

Quanto à relação entre a densidade de ninhos e o número de sementes removidas, pode-se observar que as espécies removeram maior número de sementes nos ambientes em que sua densidade de ninhos foi maior (Tabelas 1 e 2). No caso de *P. striata*, o número de sementes removidas aumenta conforme aumenta a sua densidade de ninhos nos ambientes. A proporção observada de sementes removidas por *E. edentatum* em cada ambiente não diferiu significativamente da proporção esperada ao acaso ($\chi^2 = 1,75$; Gl = 2; P = 0,42), mas o resultado foi significativo para *O. chelififer* ($\chi^2 = 7,77$; Gl = 2; P = 0,02) e *P. striata* ($\chi^2 = 110,63$; Gl = 2; P < 0,01). Apesar da densidade de *E. edentatum* ter variado expressivamente entre os ambientes, o aumento da densidade de ninhos não se refletiu em aumento do número de sementes removidas. Por outro lado, os resultados indicam que o número de sementes removidas por *P. striata* está relacionado com a sua densidade de ninhos. Além disso, como *P. striata* foi responsável por mais da metade das sementes removidas na mata 3, pode-se supor que a elevada densidade de ninhos da espécie foi responsável pela taxa de remoção de sementes ter sido maior na mata 3 que nos outros ambientes (Figura 6). A maior densidade de *O. chelififer* na mata 3 também colaborou para que esse ambiente tenha apresentado a maior taxa de remoção, mas a sua contribuição foi substancialmente menor que a de *P. striata*.

Como a remoção de sementes foi realizada, principalmente, por um número restrito de espécies em cada ambiente, a taxa de remoção de sementes pode diminuir com a perda dessas espécies ou com a redução das suas densidades (ZELIKOVA & BREED, 2008). Isso pode ser exemplificado pela menor densidade de ninhos de *P. striata* nos ambientes mata 1 e mata 2, em comparação com a mata 3, e sua ausência no pasto, que resultaram em uma menor taxa de remoção nesses ambientes. A perda de dispersores de sementes pode por em risco as espécies de plantas que dependem do processo de dispersão para a germinação das sementes e o estabelecimento dos indivíduos (CORDEIRO *et al.*, 2009).

Tabela 2. Densidade de ninhos (ninhos/ha) e frequência relativa (%) das espécies de formigas nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ.

Espécies	Mata 1		Mata 2		Mata 3	
	Densidade	%	Densidade	%	Densidade	%
<i>E. edentatum</i>	250,0	57,7	108,3	32,5	41,7	10,4
<i>O. chelififer</i>	108,3	25,0	83,3	25,0	116,7	29,2
<i>P. striata</i>	75,0	17,3	141,7	42,5	241,7	60,4
Total	433,3	100,0	333,3	100,0	400,0	100,0

Nota: não foram encontrados ninhos de *E. edentatum*, *O. chelififer* ou *P. striata* na pastagem.

3.3 Distância de remoção de sementes e o tamanho corporal das formigas

As maiores distâncias de remoção de sementes foram observadas para *O. chelififer*, seguida por *P. striata* (Tabela 3), com valores próximos aos observados por outros autores (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Essas duas espécies também

apresentaram maior tamanho corporal. A distância média de remoção foi significativamente maior nos ambientes mata 2 e mata 3 que nos demais (Figura 8). Uma importante questão é que distância média de dispersão é influenciada pela densidade de ninhos, pois as formigas tendem a levar as sementes para o ninho (KING, 1977; HORVITZ & BEATTIE, 1980; FARJI-BRENER & SILVA, 1996). Assim, ambientes com elevadas densidades de formigas que dispersam sementes podem apresentar menores distâncias de remoção (ANDERSEN, 1988). Isso ajuda a explicar a maior distância média de remoção na mata 2, que foi o fragmento florestal com a menor densidade de ninhos das principais espécies que removeram sementes (Tabela 2).

Houve relação significativa e positiva entre a largura da cabeça das espécies de formigas e a distância média e máxima de remoção das sementes (Figura 9), o que corrobora NESS *et al.* (2004). Porém, ZELIKOVA & BREED (2008) não encontraram relação entre a distância de remoção das sementes e o tamanho das formigas, pois a maioria das sementes foi removida por apenas duas espécies, que diferem em relação a aspectos da biologia e comportamento.

Tabela 3. Distância média (\pm EP) e máxima de remoção de sementes de mamão pelas espécies de formigas e a largura média da cabeça.

Espécies	Distância de remoção (m)		Largura da cabeça (mm)
	Média	Máxima	
<i>Odontomachus chelifer</i>	2,35 \pm 1,17	5,20	2,77
<i>Pachycondyla striata</i>	1,69 \pm 0,93	4,31	2,67
<i>Trachymyrmex prox. oetkeri</i>	1,25 \pm 0,38	1,60	1,17
<i>Pheidole gertrudae</i>	1,23 \pm 0,37	1,60	0,61
<i>Pheidole sensitiva</i>	1,10 \pm 0,00	1,10	0,55
<i>Pheidole</i> sp.48	1,03 \pm 0,07	1,60	0,53
<i>Pheidole</i> sp.1	0,98 \pm 0,08	1,25	0,50
<i>Crematogaster</i> sp.11	0,96 \pm 0,00	0,96	0,65
<i>Camponotus rufipes</i>	0,90 \pm 0,00	0,90	2,31
<i>Pachycondyla verena</i>	0,84 \pm 0,46	1,30	1,85
<i>Pheidole radoszkowskii</i>	0,82 \pm 0,04	1,05	0,49
<i>Ectatomma edentatum</i>	0,74 \pm 0,37	1,62	1,53
<i>Pheidole</i> sp.53	0,74 \pm 0,40	1,20	0,54
<i>Pheidole</i> sp.49	0,35 \pm 0,00	0,35	0,43
<i>Pheidole</i> sp.52	0,30 \pm 0,03	0,47	0,61
<i>Pheidole</i> sp.51	0,26 \pm 0,00	0,26	0,42
<i>Solenopsis</i> sp.12	0,12 \pm 0,02	0,21	0,65

No pasto e na mata 1, a maioria das estações foi visitada pelas formigas menores (Figura 10). O número de estações visitadas pelas espécies maiores foi expressivamente maior na mata 3 que nos demais ambientes. Assim, apesar do ambiente mata 2 possuir menor densidade de ninhos, a elevada abundância das espécies de grande tamanho corporal na mata 3 proporcionou que esse ambiente apresentasse a distância média de remoção similar à da mata 2. Cabe ressaltar que *P. striata*, uma das espécies presentes na classe de maior tamanho de largura da cabeça, foi a espécie mais frequentemente coletada sobre as estações e a que removeu mais sementes na mata 3. Assim, essa espécie teve elevada importância para esse resultado. Embora tenha removido uma quantidade menos expressiva de sementes, *O. chelifer* também pode ser destacada.

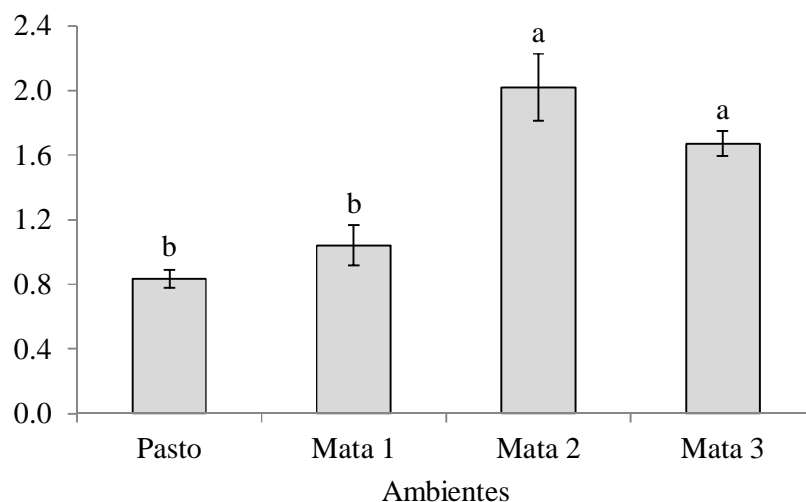


Figura 8. Distância média (\pm EP) de remoção das sementes de mamão nos diferentes ambientes, no município de Vassouras-RJ. Nota: letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A relação entre o tamanho das formigas e a distância de remoção pode ser fruto do tamanho da área de forrageamento. As formigas de maior tamanho corporal, como *P. striata*, geralmente possuem maior área de forrageamento que formigas menores (GOMEZ & ESPADALER, 1998), o que acaba resultando em maiores deslocamentos e distâncias de dispersão. Além disso, formigas maiores têm maior facilidade para carregar as sementes individualmente, enquanto que formigas menores precisam do auxílio de companheiras (COSTA *et al.*, 2007; ZELIKOVA & BREED, 2008), o que influi na taxa de remoção por formigas de diferentes tamanhos e na distância média de dispersão. No entanto, deve-se ressaltar que os resultados encontrados neste estudo foram obtidos com uma única espécie de semente, grande o suficiente para não permitir que formigas pequenas removessem individualmente. Sementes de tamanho e peso reduzido poderiam ter sido removidas por formigas menores isoladamente (PIZO & OLIVEIRA, 2001).

Também cabe ressaltar que, além da densidade de ninhos e do tamanho das formigas, outros aspectos também influenciam a taxa e a distância de remoção de sementes, como a identidade das espécies, que podem possuir diferentes afinidades por sementes e comportamentos de territorialidade, pois as espécies mais territorialistas tendem a dominar os recursos próximos dos ninhos (ANDERSEN, 1988; ZELIKOVA & BREED, 2008). Apesar

de ser predominantemente predadora, *P. striata* é atraída por sementes que contém certos recursos alimentares, como o arilo rico em lipídios (PIZO & OLIVEIRA, 2001), e aparentemente domina os recursos disponíveis nas proximidades dos seus ninhos, podendo sobrepujar as suas competidoras (RAIMUNDO *et al.*, 2009). Os resultados deste estudo sugerem que sementes presentes em ambientes com densidades elevadas de *P. striata* estão mais propensas a serem dispersas por maiores distâncias.

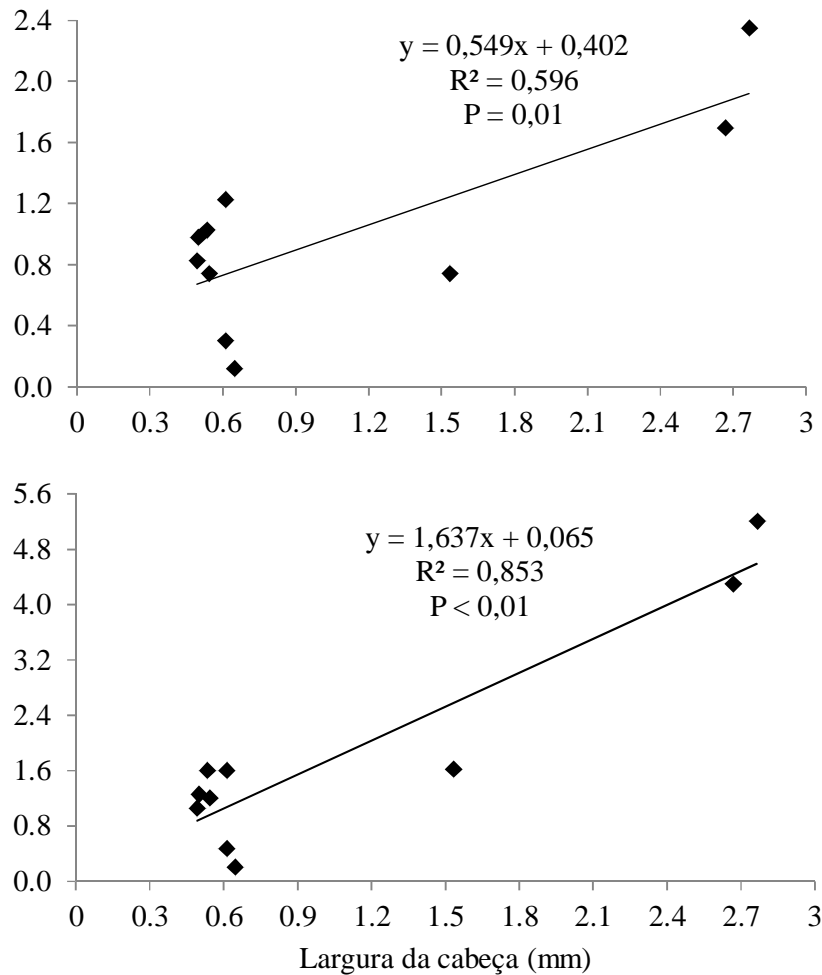


Figura 9. Relação entre a distância de remoção das sementes (média e máxima) de mamão e a largura da cabeça das espécies de formigas (n =10). Nota: foram utilizadas as espécies que removeram no mínimo quatro sementes.

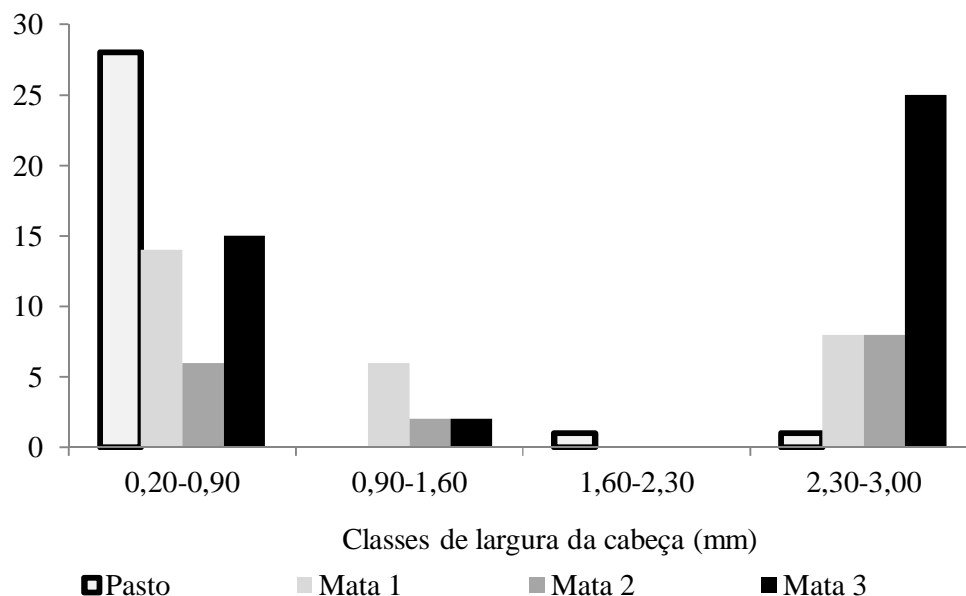


Figura 10. Número de estações contendo sementes de mamão em que formigas removeram sementes, nos diferentes ambientes e por classes de largura da cabeça.

4 CONCLUSÕES

A remoção de sementes por formigas é efetuada, principalmente, por um número restrito de espécies de uma comunidade. Assim, a extinção local ou a diminuição da densidade populacional dessas espécies pode diminuir a taxa de remoção de sementes.

O tamanho das formigas está relacionado positivamente com a distância de remoção. Desse modo, nos ambientes com elevada densidade de formigas de grande tamanho corporal e que são atraídas por diásporos a distância de dispersão das sementes é potencializada.

As espécies *E. edentatum*, *O. chelifera* e *P. striata* são importantes para a dispersão de sementes nos ambientes florestais estudados. Além dessas, espécies do gênero *Pheidole* são responsáveis por uma porção significativa das sementes removidas.

Todavia, a espécie *P. striata* é especialmente importante, pois proporciona a remoção rápida das sementes e a taxa de remoção é potencializada em ambientes com elevada densidade de ninhos da espécie.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, A.N. Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. **Oecologia**, v.75, p.507-511, 1988.

ANTONIALI JR., W.F.; GIANNOTTI, E. Nest architecture and population dynamics of the ponerine ant *Ectatomma edentatum* (Hymenoptera, Formicidae). **Sociobiology**, v.38, p.475-486, 2001.

BOTTCHER, C. Interações entre *Pachycondyla striata* e *Odontomachus chelifera* (Formicidae, Ponerinae) e diásporos em três fisionomias florestais da Mata Atlântica.

2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

BRUHL, C.A.; ELTZ, T.; LINSÉNMAIR, E. Size does matter – effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity and Conservation**, v.12, p.1371-1389, 2003.

CAMMERAAT, L.H.; WILLOTT, S.J.; COMPTON, S.G.; INCOLL, L.D. The effects of ants' nest on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain. **Geoderma**, v.105, p.1-20, 2002.

CHRISTIANINI, A.V.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; OLIVEIRA, P.S. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a neotropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, p.343-351, 2007.

CORDEIRO, N.J.; NDANGALASI, H.J.; MCENTEE, J.P.; HOWE, H.F. Disperser limitation and recruitment of an endemic African tree in a fragmented landscape. **Ecology**, v.90, p.1030-1041, 2009.

COSTA, U.A.S.; OLIVEIRA, M.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas em remanescentes de floresta atlântica nordestina. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.231-233, 2007.

CULVER, D.C.; BEATTIE, A.J. Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. **Ecology**, v.64, p.485-492, 1983.

EMBRAPA. **Embrapa Monitoramento por Satélite**: banco de dados climáticos do Brasil. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=208>>. Acesso em: 24 jun. 2011.

FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Influence of nest of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. **Journal of Vegetation Science**, v.11, p.453-460, 2000.

FARJI-BRENER, A.G.; SILVA, J.F. Leaf-cutter ants (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedlings in a parkland savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p.163-168, 1996.

GIBB, H.; HOCHULI, D.F. Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. **Biological Conservation**, v.106, p.91-100, 2002.

GOMEZ, C.; ESPADALER, X. Seed dispersal curve of a Mediterranean myrmecochore: influence of seed size and distance to nests. **Ecological Research**, v.13, p.347-354, 1998.

GOVE, A.D.; MAJER, J.D.; DUNN, R.R. A keystone ant species promotes seed dispersal in a “diffuse” mutualism. **Oecologia**, v.153, p.687-697, 2007.

- HORVITZ, C.C.; BEATTIE, A.J. Ant dispersal of *Calathea* (Marantaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **American Journal of Botany**, v.67, p.321-326, 1980.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.13, p.201-228, 1982.
- JANZEN, D.H. Herbivores and number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v.104, p.501-528, 1970.
- KASPARI, M.; WEISER, M.D. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. **Functional Ecology**, v.13, p.530-538, 1999.
- KING, T.J. The plant ecology of ant-hills in calcareous grass land. I. Patterns of species in relation to ant hills in southern England. **Journal of Ecology**, v.65, p.235-265, 1977.
- KJELLSSON, G. Seed fate in a population of *Carex pilulifera* L.: seed dispersal and ant-seed mutualism. **Oecologia**, v.67, p.416-423, 1985.
- MEDEIROS, F.N.S. **Ecologia comportamental da formiga *Pachycondyla striata* Fr. Smith (Formicidae: Ponerinae) em uma floresta do sudeste do Brasil**. 1997. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.
- NESS, J.H.; BRONSTEIN, J.L.; ANDERSEN, A.N.; HOLLAND, J.N. Ant body size predicts dispersal distance of ant-adapted seeds: implications of small ant invasions. **Ecology**, v.85, p.1244-1250, 2004.
- PASSERA, C.; SPETTOLI, P. Chemical composition of papaya seeds. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.31, p.77-83, 1981.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, v.90, p.517-528, 2002.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. **Oecologia**, v.139, p.376-382, 2004.
- PETERNELLI, E.F.O.; DELLA LUCIA, T.M.C.; MARTINS, S.V. Espécies de formigas que interagem com as sementes de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae). **Revista Árvore**, v.28, p.733-738, 2004.
- PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of southeast Brazil. **American Journal of Botany**, v.85, p.669-674, 1998.

- PIZO, M.A.; OLIVEIRA, P.S. Removal of seeds from vertebrate faeces by ants: effects of seed species and deposition site. **Canadian Journal of Zoology**, v.77, p.1595-1602, 1999.
- PIZO, M.A.; OLIVEIRA, P.S. Size and lipid content of nonmyrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v.157, p.37-52, 2001.
- PIZO, M.A.; GUIMARÃES JR., P.R.; OLIVEIRA, P.S. Seed removal by ants from faeces produced by different vertebrate species. **Ecoscience**, v.12, p.136-140, 2005.
- RAIMUNDO, R.L.G.; FREITAS, A.V.L.; OLIVEIRA, P.S. Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the neotropical forest-dwelling ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.102, p.1151-1157, 2009.
- REZENDE, E.M.C. **Zoneamento ambiental para plantio de eucalipto no município de vassouras, estado do Rio de Janeiro – RJ**. 2007. 36p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.
- SANTO, M.M.E. Secondary seed dispersal of *Ricinus communis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation in Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.31, p.1013-1018, 2007.
- SANTOS, S.A.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; ALVES, E.; MACHADO, J.C.; BORÉM, F.M.; GUIMARÃES, R.M.; MARQUES, E.R. Estudos morfo-anatômicos de sementes de dois genótipos de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, p.116-122, 2009.
- SCHOEREDER, J.H.; SOBRINHO, T.G.; RIBAS, C.R.; CAMPOS, R.B.F. Colonization and extinction of ant communities in a fragmented landscape. **Austral Ecology**, v.29, p.391-398, 2004.
- SILVA-MELO, A.; GIANNOTTI, E. Nest architecture of *Pachycondyla striata* Fr. Smith, 1858 (Formicidae, Ponerinae). **Insectes Sociaux**, v.57, p.17-22, 2010.
- SOBRINHO, T.G.; Schoereder, J.H.; SPERBER, C.F.; MADUREIRA, M.S. Does fragmentation alter species composition in ant communities (Hymenoptera: Formicidae)? **Sociobiology**, v.42, p.329-342, 2003.
- TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; DIAS, L.A.S.; MARIN, S.L.D. Tratamentos para superação da dormência em sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.131-139, 2007.
- VARGAS, A.B.; QUEIROZ, J.M.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; SOUZA, G.O.; RAMOS, E.F. Teste da regra de equivalência energética para formigas de serapilheira: efeitos de diferentes métodos de estimativa de abundância em floresta ombrófila. **Neotropical Entomology**, v.38, p.867-870, 2009.

VASCONCELOS, H.L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF**, v.12, p.95-98, 1998.

VASCONCELOS, H.L. Effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v.8, p.409-420, 1999.

VASCONCELOS, H.L.; VILHENA, J.M.S.; MAGNUSSON, W.; ALBERNAZ, A.L.K.M. Long-term effects of forest fragmentation on Amazonian ant communities. **Journal of Biogeography**, v.33, p.1348–1356, 2006.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.

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

CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES DAS FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) NO BANCO DE SEMENTES E NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

RESUMO

As formigas podem afetar a distribuição de espécies vegetais, ao remover sementes, e influenciar a concentração de nutrientes no solo. Assim, objetivou-se estudar os efeitos das atividades das formigas sobre o banco de sementes e sobre as características químicas do solo. A coleta de dados foi realizada nos fragmentos florestais descritos no CAPÍTULO I (mata 1, mata 2 e mata 3). Dez amostras de solo foram coletadas nos ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. Smith e em locais adjacentes, em cada fragmento florestal, para o estudo das sementes germinadas e para análise química do solo. Além disso, foram obtidos dados sobre o banco de sementes da serapilheira, sendo coletadas 1.715 sementes em 120 amostras. Foram obtidas sementes de 43 espécies de plantas na serapilheira, sendo que 21 tiveram seus diásporos classificados como zoocóricos (48,8% das espécies). Nas 120 amostras de solo, germinaram 980 plantas pertencentes a 46 espécies. O número de sementes germinadas e a riqueza de espécies foram maiores nos ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* que nos locais adjacentes. *Clidemia hirta* (L.) D. Don. e *Miconia calvescens* DC. (espécies zoocóricas) apresentaram abundância expressivamente maior nos ninhos que nos locais adjacentes. As concentrações de magnésio e de fósforo foram significativamente maiores nos ninhos de *O. chelifer* que nos locais adjacentes. Enquanto que a concentração de alumínio foi significativamente menor nos ninhos. Já para os ninhos de *P. striata*, as concentrações de magnésio e potássio foram significativamente maiores. As espécies de formigas estudadas influenciam a distribuição espacial das sementes de várias espécies, como *M. calvescens* e *C. hirta*, ao agrupá-las nas proximidades dos ninhos. As atividades de *O. chelifer* e de *P. striata* criam microhabitats especialmente favoráveis para a germinação e o estabelecimento das plantas, contribuindo para aumentar a heterogeneidade ambiental e para a manutenção da biodiversidade nas florestas estudadas.

Palavras chave: engenharia de ecossistemas, fertilidade do solo, interações ecológicas, Melastomataceae, poneromorfas.

ABSTRACT

Ants affect the distribution of plant species, removing seeds, and they influence the concentration of nutrients in the soil. The objective was to study the effects of ant activities on the seed bank and in soil chemical properties. Data collection was done in the environments described in chapter I (forest 1, forest 2 and forest 3). Soil samples were collected in nests of *Odontomachus chelifer* (Latreille) and *Pachycondyla striata* Fr. Smith and in adjacent sites, in order to study germinated seeds and soil chemical properties. Besides, data about the seeds bank of the leaf litter were obtained, with 1,715 seeds collected in 120 samples. Forty-three species were collected in leaf litter, of which 21 had its diaspores classified as zoochoric (48.83% of species). In 120 samples of soil, 980 plants germinated, belonging to 46 species. The number of germinated seeds and species richness were higher in nests of *O. chelifer* and *P. striata* than adjacent sites. *Clidemia hirta* (L.) D. Don. and *Miconia calvescens* DC. (zoochoric species) had its abundance expressively higher in nests than in adjacent sites. The concentration of magnesium and phosphorous were significantly higher in nests of *O. chelifer* than in adjacent sites. The concentration of aluminum was significantly lower in nests. For *P. striata*, differences were significant on magnesium and potassium concentrations. The ants affect the spatial distribution of seeds of various species, such as *M. calvescens* and *C. hirta*, by grouping them in the nests. The activities of *O. chelifer* and *P. striata* create favorable microhabitats for germination and plant establishment, increasing the environmental heterogeneity and contributing to biodiversity conservation in the forests studied.

Key words: ecological interactions, ecosystem engineering, Melastomataceae, poneromorph, soil fertility.

1 INTRODUÇÃO

As formigas podem ser consideradas engenheiras de ecossistemas, pois as suas atividades influenciam as condições do ambiente e a disponibilidade de recursos para outros organismos (JONES *et al.*, 1994; FOLGARAIT *et al.*, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2002). Sobre as espécies que nidificam no solo, sabe-se que durante a construção do ninho uma expressiva quantidade de partículas pode ser deslocada, com efeitos sobre as características físicas do solo (BRIESE, 1982). O movimento de solo realizado por formigas influencia a textura do solo (LOBRY DE BRUYN, 1999; NKEM *et al.*, 2000), sua densidade e agregação (KING, 1977), afetando a infiltração e retenção da água (ELDRIDGE, 1993; LOBRY DE BRUYN & CONACHER, 1994; FARJI-BRENER & MEDINA, 2000). Nesse sentido, a capacidade de reter umidade é um benefício em potencial para as plantas (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Além disso, o material animal e vegetal transportado pelas formigas para o ninho pode afetar as características químicas do solo, alterando o pH e o aumentando as concentrações de nutrientes essenciais para as plantas (CAMMERAAT *et al.*, 2002; SEAMAN & MARINO, 2003; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; BOTTCHEER, 2006).

As formigas podem criar microhabitats, onde as características do solo são propícias para o crescimento das plantas (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Assim, contribuem para o aumento da heterogeneidade dos ambientes e, conseqüentemente, para a manutenção da diversidade biológica (WRIGTH *et al.*, 2002). Todavia, existe pouca informação sobre os efeitos dos engenheiros de ecossistemas em diferentes habitats (LILL & MARQUIS, 2003).

A mirmecofauna também pode influenciar a heterogeneidade do ambiente através de seus efeitos sobre a distribuição espacial da vegetação. As formigas apresentam hábitos alimentares variados (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990), sendo que diversas espécies se alimentam de diásporos de plantas (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; BOTTCHEER, 2006). Tais diásporos podem ser transportados pelas formigas para os seus ninhos (MEDEIROS, 1997; PIZO & OLIVEIRA, 1998; FARJI-BRENER & MEDINA, 2000), dando origem a agrupamentos de plantas associados com a presença dos ninhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002). Nesses agrupamentos, a riqueza e a composição de espécies podem ser diferentes daquelas observadas nas áreas vizinhas (KING, 1977; HORVITZ & BEATTIE, 1980; FARJI-BRENER & SILVA, 1996).

Na Mata Atlântica, as espécies *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. estão entre as formigas que podem causar alterações na distribuição das plantas e nas características do solo (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; BOTTCHEER, 2006). Apesar de serem consideradas predadoras (MEDEIROS, 1997; SILVA-MELO, 2008; RAIMUNDO *et al.*, 2009), suas dietas também incluem sementes que são transportadas para os ninhos (PIZO & OLIVEIRA, 1998; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Todavia, estudos sobre as características do solo e a abundância de plantas nas proximidades dos ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* foram realizados principalmente em ambientes de restinga e floresta ombrófila (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; BOTTCHEER, 2006). As interações entre as formigas e os diásporos podem ser afetadas pelas características dos ecossistemas (BOTTCHEER, 2006), mas pouco se sabe sobre as interações dessas espécies com diásporos em florestas estacionais semidecíduais, que são regidas por dupla estacionalidade climática e apresentam árvores caducifólias (MARTINS *et al.*, 2003). Além disso, os efeitos das atividades dessas formigas sobre o banco de sementes e o estabelecimento das plantas ainda são mal compreendidos.

Assim, nesse capítulo objetivou-se estudar os efeitos das atividades das formigas sobre o banco de sementes e sobre as características químicas do solo. Também teve por objetivo avaliar se tais efeitos variam entre diferentes fragmentos florestais.

As seguintes hipóteses foram testadas: 1) o número de sementes germinadas e a riqueza de espécies são maiores no solo de ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* que no solo de locais adjacentes aos ninhos; 2) o solo de ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* apresenta melhores características químicas para a germinação e o crescimento das plantas que o solo de locais vizinhos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

A coleta de dados foi realizada nos ambientes florestais descritos no CAPÍTULO I (mata 1, mata 2 e mata 3).

2.2 Banco de sementes da serapilheira

Nos meses de março e setembro de 2010 foram demarcados quatro transectos de 60 m, distantes 15m entre si, em cada ambiente. Sobre cada transecto, a serapilheira foi amostrada em 5 parcelas de 25cm x 25cm, a intervalos de 15m (BRAGA *et al.*, 2008). Assim, em cada ambiente foram 40 parcelas nos dois meses de amostragem, somando 120 parcelas no total. A serapilheira foi removida das parcelas, acondicionada em sacos plásticos e levada para o laboratório, onde as amostras foram triadas para separação dos diásporos. Após separados, os diásporos foram morfoespeciados com ajuda de um microscópio estereoscópico e, quando possível, identificados até o nível de espécie. Para a identificação das espécies, as sementes foram comparadas com exemplares contidos no Herbário da UFRRJ (RBR) e, além disso, utilizou-se de bibliografia pertinente (LORENZI, 1998; LORENZI, 2000; LORENZI, 2009; MOREIRA *et al.*, 2010). Quando o diásporo consistia de um fruto, este foi aberto e as sementes foram contadas. Obteve-se o número de sementes e de espécies em cada amostra.

Os diásporos foram classificados quanto à síndrome de dispersão em anemocóricos (diásporos que apresentam, por exemplo, asas ou plumas e são dispersos pelo vento), zoocóricos (diásporos que apresentam fontes de alimento ou estruturas adesivas, como ganchos, e são dispersos por animais) e autocóricos (quando as características dos diásporos não se encaixam nas outras duas síndromes) (VAN DER PIJL, 1982). A classificação foi realizada em função das características morfológicas dos diásporos e da literatura (SPINA *et al.*, 2001; ARAUJO, 2002; SARAVY *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2004; ARAUJO *et al.* 2005; ZIPARRO *et al.*, 2005; GUINLE, 2006; YAMAMOTO *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

2.3 Banco de sementes nos ninhos de formigas e locais adjacentes

No estudo da influência das formigas sobre o banco de sementes no solo, amostras de solo foram coletadas, no mês de julho de 2009, em ninhos das espécies *O. chelifer* e *P. striata*, consideradas importantes dispersoras de sementes (BOTTCHEER, 2006; CAPÍTULO I).

Em cada um dos três ambientes, as amostras foram extraídas de 10 ninhos de cada espécie (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Também foram coletadas amostras de solo em locais adjacentes a cada ninho (aleatoriamente no espaço delimitado pelo perímetro

de um círculo de 10 m de raio a partir do ninho). Em cada ninho ou local adjacente foram coletadas seis subamostras de 5 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade (193 cm³), extraídas com auxílio de uma estrutura metálica vazada (FARJI-BRENER & MEDINA, 2000) (Figura 11A).

Três subamostras de cada ninho ou local adjacente foram transferidas para sacos plásticos no campo e posteriormente destorroadas e espalhadas em bandejas plásticas dispostas na casa de vegetação do Instituto de Florestas (UFRRJ), com desenho experimental em delineamento inteiramente casualizado (Figura 11B). Na casa de vegetação, as 120 amostras foram acompanhadas durante 14 semanas consecutivas e, ao longo desse período, obteve-se a abundância e a riqueza de espécies de plantas germinadas por amostra. A bandeja contendo o solo de um ninho era colocada ao lado da bandeja contendo solo do seu local adjacente. A cada 10 dias as bandejas eram reposicionadas na bancada da casa de vegetação, aleatoriamente. Para facilitar a identificação das plantas, alguns indivíduos foram transplantados para recipientes maiores onde o seu desenvolvimento foi acompanhado. Sempre que possível, as plantas foram prensadas e secas. A identificação também se deu por meio da comparação das plantas germinadas com exemplares contidos no Herbário da UFRRJ (RBR). Todavia, algumas espécies tiveram poucos indivíduos germinados e que morreram muito jovens, não sendo possível a identificação, semelhante ao que ocorreu em FARJI-BRENER & MEDINA (2000) e COSTA & ARAÚJO (2003).

As outras três subamostras dos ninhos e locais adjacentes foram utilizadas para análise química do solo, obtendo-se o pH, a concentração de Al, Ca, K, Mg e P, além da porcentagem de carbono orgânico e da saturação por bases (V%), que é considerada um indicativo da fertilidade do solo (FIALHO *et al.*, 2006; SALIS *et al.*, 2006).

2.4 Análise de dados

A Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey foram utilizados nas análises entre ambientes. Todavia, para avaliar as diferenças entre ninhos e locais adjacentes foi utilizado o teste t pareado e o teste t de Student foi realizado para verificar as diferenças apenas entre as duas espécies de formigas.

Com os dados do banco de sementes do solo nos ninhos e locais adjacentes foi realizada uma análise de componentes principais (PCA).

Com o objetivo de normalizar os dados, os valores em porcentagem foram divididos por 100 e transformados em arco-seno da raiz quadrada. Em todas as análises foi utilizada para significância a probabilidade de 5%.



Figura 11. Amostras de solo e equipamento utilizado para a sua coleta (A). Bandejas contendo as amostras de solo dispostas na casa de vegetação (B).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Banco de sementes na serapilheira

Foram coletadas 1.715 sementes nas 120 amostras de serapilheira (Tabela 4). *Piptocarpha umbellulata* Baker correspondeu a 66,5% do total de sementes coletadas, sendo a espécie com maior número de sementes nos três ambientes.

Tabela 4. Síndrome de dispersão (SD) e abundância de sementes de plantas encontradas em amostras da serapilheira nas diferentes matas estudadas no município de Vassouras-RJ.

Família	Espécie	SD	Mata 1	Mata 2	Mata 3	Total
Asteraceae	<i>Piptocarpha umbellulata</i> Baker	ane	330	316	501	1147
Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	zoo	29	11	52	92
Asteraceae	<i>Mikania lanuginosa</i> DC.	ane	56	9	24	89
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Swartz	zoo	49	3	0	52
Fabaceae	<i>Mimosa artemisiana</i> Heringer & Paula	auto	0	0	51	51
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naud.	zoo	0	3	41	44
Sapindaceae	<i>Serjania lethalis</i> A. St. Hil.	ane	0	31	0	31
Asteraceae	<i>Piptocarpha lundiana</i> (Less.) Baker	ane	0	0	20	20
Violaceae	<i>Anchietea pyrifolia</i> (Mart.) G. Don	ane	1	10	7	18
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	zoo	11	3	0	14
Fabaceae	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	ane	0	3	11	14
Annonaceae	<i>Rollinia dolabripetala</i> (Raddi) R.E. Fr.	zoo	0	14	0	14
Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i> St. Hil.	zoo	6	5	0	11
Fabaceae	<i>Machaerium</i> aff. <i>paraguariensis</i> Hassl.	ane	0	10	0	10
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	auto	0	3	7	10
Fabaceae	<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) GP Lewis&MP Lima	auto	7	3	0	10
Lauraceae	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	zoo	0	9	0	9
Polygalaceae	<i>Securidaca sellowiana</i> Klotzsch	ane	5	3	0	8
Malpighiaceae	<i>Heteropterys aceroides</i> Griseb.	ane	3	4	0	7
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	auto	0	2	4	6
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	zoo	5	1	0	6
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	zoo	5	0	0	5
Myrsinaceae	<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	zoo	0	4	1	5
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae sp.	-	3	0	1	4
Lauraceae	<i>Ocotea</i> aff. <i>corymbosa</i> (Meisn.) Mez	zoo	4	0	0	4
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	zoo	0	0	3	3
Sapindaceae	<i>Cupania emarginata</i> Cambess.	zoo	3	0	0	3
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	zoo	0	2	1	3
Myristicaceae	<i>Virola oleifera</i> (Schott) A.C.Smith	zoo	0	3	0	3
Indeterminada	Indeterminada 1	-	1	1	1	3
Sapindaceae	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	zoo	2	0	0	2
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	zoo	0	1	1	2
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	zoo	1	1	0	2
Fabaceae	Fabaceae sp. 1	auto	0	1	1	2
Indeterminada	Indeterminada 2	-	0	0	2	2

Síndromes de dispersão: zoocoria (zoo); anemocoria (ane); autocoria (auto).

Tabela 4. Continuação: síndrome de dispersão (SD) e abundância de sementes de plantas encontradas em amostras da serapilheira nas diferentes matas estudadas no município de Vassouras-RJ.

Família	Espécie	SD	Mata 1	Mata 2	Mata 3	Total
Indeterminada	Indeterminada 3	-	1	0	1	2
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	zoo	1	0	0	1
Myrsinaceae	<i>Myrsine</i> aff. <i>coriacea</i> (SW.) R.Br. ex Roem. & Schult.	zoo	1	0	0	1
Fabaceae	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	zoo	1	0	0	1
Sapindaceae	<i>Serjania cuspidata</i> Cambess.	ane	0	1	0	1
Poaceae	<i>Urochloa</i> aff. <i>brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.)	auto	0	0	1	1
Fabaceae	Fabaceae sp. 2	auto	0	0	1	1
Indeterminada	Indeterminada 4	-	0	0	1	1
Total de sementes			525	457	733	1715
Total de espécies			22	27	22	43

Síndromes de dispersão: zoocoria (zoo); anemocoria (ane); autocoria (auto).

Foram coletadas sementes de 43 espécies de plantas, sendo que 21 espécies tiveram seus diásporos classificados como zoocóricos (48,8% das espécies). A família botânica com maior número de espécies foi Fabaceae (8 espécies), seguida de Sapindaceae (4 espécies). A segunda síndrome mais frequente foi a anemocórica (23,3%) e apenas 16,3% das espécies tiveram seus diásporos classificados como autocóricos. Os dados corroboram outros estudos, que apontam que a zoocoria é a síndrome de dispersão mais frequente em ambientes florestais (ZIPARRO *et al.*, 2005; YAMAMOTO *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2011). A espécie mais abundante entre as classificadas como zoocóricas foi *Miconia calvescens* DC.

Não houve diferença significativa na abundância média por amostra na mata 1 ($13,0 \pm 3,0$ sementes), mata 2 ($11,4 \pm 1,4$ sementes) e mata 3 ($18,3 \pm 2,6$ sementes) (ANOVA, $F = 2,26$, $P = 0,11$). O mesmo ocorreu com a riqueza de espécies média na mata 1 ($2,1 \pm 0,2$ espécies), mata 2 ($2,5 \pm 0,2$ espécies) e mata 3 ($2,4 \pm 0,2$ espécies) (ANOVA, $F = 1,28$, $P = 0,28$).

3.2 Banco de sementes nos ninhos de formigas: abundância, riqueza e composição de espécies

No total, germinaram 980 sementes de plantas pertencentes a 46 espécies, nas 120 bandejas dispostas na casa de vegetação (Tabela 5). *Miconia calvescens* (diásporos zoocóricos) foi a espécie com o maior número de sementes germinadas, apresentando abundância expressivamente maior nos ninhos que nos locais adjacentes. O elevado número de sementes germinadas de *M. calvescens* provavelmente está relacionado à elevada abundância de seus diásporos nos ambientes estudados. Além disso, as sementes dessa espécie podem permanecer latentes no solo em ambientes bem sombreados, germinando quando a incidência luminosa aumenta devido à formação de clareiras ou, no caso, quando as amostras de solo foram expostas na casa de vegetação (ANTONINI & NUNES-FREITAS, 2004; ANTONINI, 2007). No entanto, as diferenças entre as amostras provenientes dos ninhos e aquelas dos locais adjacentes, sugerem que as formigas estejam usando os diásporos dessa espécie. De fato, tanto *O. chelififer* quanto *P. striata* foram observadas removendo diásporos de plantas do gênero *Miconia* em área de Cerrado (CHRISTIANINI *et al.*, 2007).

Os frutos de *M. calvescens* em ambiente de Mata Atlântica podem servir de alimento para diversas espécies de aves e *O. chelififer* e *P. striata* poderiam também remover as sementes contidas nas fezes dos pássaros (ANTONINI, 2007; PASSOS & OLIVEIRA, 2002). Em geral, os diásporos de várias espécies de *Miconia* são usados por formigas (DALLING & WIRTH, 1998; CHRISTIANINI *et al.*, 2007) e sementes dessas espécies podem ser encontradas em maior abundância nas proximidades dos ninhos de formigas (FARJI-BRENER & MEDINA, 2000).

É importante mencionar que *M. calvescens* floresce em várias épocas do ano e geralmente produz frutos em abundância e com muitas sementes (MEYER, 1998), podendo ser um recurso alimentar importante para vertebrados (ANTONINI, 2007). De fato, várias espécies do gênero *Miconia* são utilizadas como alimento por vertebrados (POULIN *et al.*, 1999). Assim, os benefícios para a planta da interação com as formigas pode se refletir em consequências positivas para esses vertebrados. Por outro lado, *M. calvescens*, que é nativa do Brasil, foi introduzida em ilhas do oceano Pacífico e está entre as espécies invasoras mais importantes do mundo (MEYER, 1998; LOWER *et al.*, 2000). Interações harmônicas com formigas presentes nos ecossistemas invadidos podem aumentar a densidade ou a distribuição de *M. calvescens* nesses habitats e agravar seus impactos negativos.

Outra espécie abundante e que teve o diásporo classificado como zoocórico foi *Clidemia hirta* (L.) D. Don, sendo que já foi observado que *P. striata* interage com frutos de plantas do gênero *Clidemia* (BOTTCHEER, 2006). Assim, as espécies *O. chelififer* e *P. striata* podem ter removido frutos ou sementes de *C. hirta* para as proximidades de seus ninhos. Essa espécie também produz frutos em abundância e com muitas sementes (GOLDENBERG *et al.*, 2005) e está entre as plantas invasoras mais importantes no mundo (LOWER *et al.*, 2000).

Todavia, algumas espécies que aparentemente não são utilizadas pelas formigas na sua alimentação e, portanto, não devem ser removidas para o ninho, também apresentaram maior abundância no solo coletado nos ninhos, como *Mikania lanuginosa* DC e *P. umbellulata*. Assim, é possível que o solo dos ninhos apresente melhores características para a germinação das sementes dessas espécies que o solo dos locais adjacentes. O solo dos ninhos pode possuir, por exemplo, maior capacidade de reter umidade que o solo dos locais adjacentes (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000).

A segunda espécie mais abundante foi *Panicum pilosum* SW, classificada como anemocórica, sendo expressivamente mais abundante em locais adjacentes que nos ninhos. É possível que as formigas tenham removido suas sementes para longe das proximidades do ninho ou que o solo dos ninhos não apresente características favoráveis para a germinação das suas sementes. Além disso, a maior abundância de outras espécies no solo dos ninhos poderia ter inibido a germinação de *P. pilosum*, pois diversas espécies podem inibir a germinação das sementes de outras plantas através de substâncias alelopáticas, inclusive espécies do gênero *Miconia* (GORLA & PEREZ, 1997).

Na análise por ambiente, o número médio de sementes germinadas foi maior nos ninhos que nos locais adjacentes, entretanto a diferença só foi significativa para *P. striata* na mata 3 (Figura 12). Não houve diferença significativa entre o número de sementes germinadas de amostras coletadas nos ninhos das duas espécies em um mesmo ambiente. Todavia, a abundância de sementes germinadas nos ninhos de *O. chelififer* foi significativamente menor na mata 2 que nas demais. Para *P. striata*, o número de sementes germinadas de amostras coletadas dos ninhos foi maior na mata 3 que na mata 2, mas a mata 1 não diferiu das demais. Sugere-se que o baixo número de sementes que germinaram na Mata 2 se deva a uma baixa densidade de sementes nesse ambiente, principalmente em relação à *M. calvescens* (Tabela 4), embora a amostragem tenha sido restrita a dois períodos do ano.

Tabela 5. Espécies, síndrome de dispersão (SD) e o número de sementes germinadas do solo coletado próximo dos ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e de *Pachycondyla striata* Fr. (N) ou de locais adjacentes (A), no município de Vassouras-RJ.

Família	Espécie	SD	<i>O. chelifer</i>		<i>P. striata</i>		Total
			N	A	N	A	
Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	zoo	80	57	58	25	220
Poaceae	<i>Panicum pilosum</i> SW	ane	46	73	29	45	193
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	zoo	51	34	47	26	158
Asteraceae	<i>Mikania lanuginosa</i> DC	ane	20	12	18	11	61
Asteraceae	<i>Piptocarpha umbellulata</i> Baker	ane	22	14	16	6	58
Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	zoo	13	8	16	10	47
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Swartz	zoo	11	10	16	7	44
Scrophulariaceae	<i>Torenia</i> sp.	-	10	2	11	4	27
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> aff. <i>hololeuca</i> Miq.	zoo	4	5	9	5	23
Commelinaceae	Commelinaceae 1	-	8	8	4	0	20
Tiliaceae	<i>Luehea grandiflora</i> Mart.	ane	11	1	1	5	18
Poaceae	<i>Paspalum corcovadense</i> Raddi	ane	6	2	3	6	17
Poaceae	<i>Urochloa</i> sp.	auto	2	3	4	2	11
Violaceae	<i>Anchietea pyriformis</i> (Mart.) G. Don	ane	2	1	2	1	6
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	ane	0	0	3	2	5
Malvaceae	Malvaceae 1	-	1	1	2	1	5
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae 1	-	3	1	1	0	5
Cyperaceae	<i>Rhynchospora</i> sp.	auto	4	0	0	1	5
Fabaceae	<i>Mimosa artemisiana</i> Heringer & Paula	auto	0	0	2	2	4
Sapindaceae	<i>Serjania lethalis</i> A. St. Hil.	ane	0	0	1	2	3
Indeterminada	Indeterminada 1	-	0	2	0	1	3
Commelinaceae	Commelinaceae 2	-	3	0	0	0	3
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	ane	0	0	3	0	3
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	zoo	2	0	1	0	3
Fabaceae	Fabaceae 1	-	1	0	2	0	3
Indeterminada	Indeterminada 2	-	3	0	0	0	3
Indeterminada	Indeterminada 3	-	0	1	1	0	2
Asteraceae	Asteraceae 1	-	0	0	1	1	2
Sapindaceae	<i>Paullinia micrantha</i> Cambess.	-	0	0	1	0	1
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	-	1	0	0	0	1
Indeterminada	Indeterminada 4 - 19	-	11	4	5	6	26
Total de sementes germinadas			315	239	257	169	980
Total de espécies			29	21	29	24	46

Síndromes de dispersão: zoocoria (zoo); anemocoria (ane); autocoria (auto).

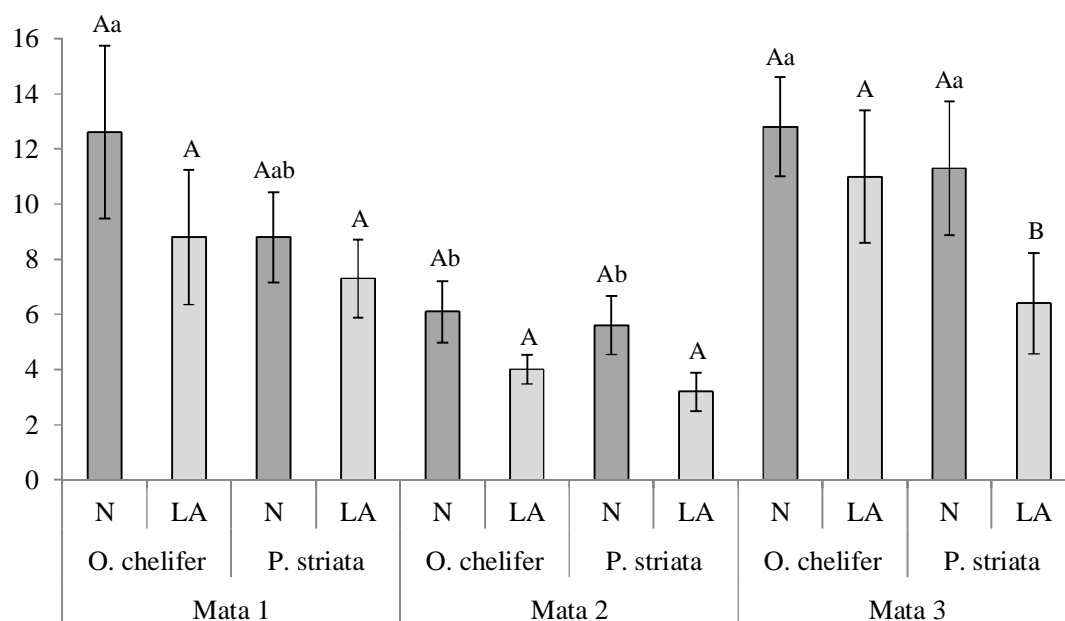


Figura 12. Número de sementes germinadas (média ± EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e de *Pachycondyla striata* Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ. Nota: letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade.

Analisando as amostras coletadas nos ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* sem distinção de ambiente, não houve diferença significativa na abundância de sementes germinadas de amostras advindas dos ninhos das duas espécies de formigas (Teste t, $P = 0,27$) (Figura 13). Entretanto, o número de sementes germinadas nos ninhos foi significativamente maior que nos locais adjacentes (Figura 13). Assim, as atividades das formigas afetaram o banco de sementes do solo, como verificado por outros autores (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Tal resultado pode ser efeito da ação das formigas de remover diásporos para as proximidades dos ninhos (ver CAPÍTULO I), do solo dos ninhos proporcionarem melhores condições físicas e químicas para a germinação das sementes ou dos ninhos apresentarem características, como uma superfície irregular, que permitam a aglomeração de sementes, ao acaso, nas suas proximidades (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Dessas três possibilidades, a terceira parece improvável, pois os ninhos das espécies *O. chelifer* e *P. striata* geralmente não apresentam em sua proximidade estruturas diferenciadas dos locais vizinhos que possam proporcionar a aglomeração de sementes (MEDEIROS, 1997; SILVA-MELO, 2008; RAIMUNDO *et al.*, 2009).

O número de espécies germinadas do solo coletado nos ninhos não diferiu significativamente entre ambientes ou entre espécies de formigas (ANOVA, $F = 0,97$, $P = 0,45$) (Figura 14). Na mata 1 e na mata 3 o número de espécies foi significativamente maior nos ninhos de *O. chelifer* que nos locais adjacentes (Figura 14). Já para *P. striata*, a diferença só foi significativa na mata 2.

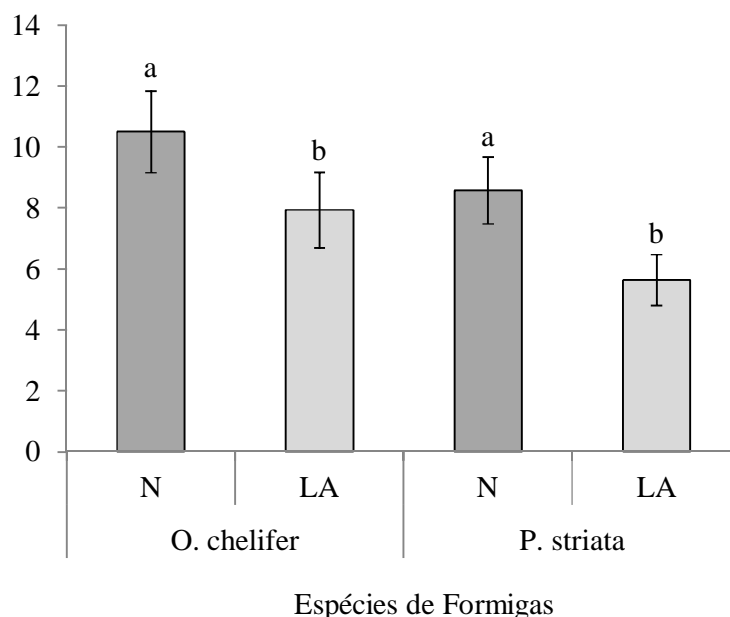


Figura 13. Número de sementes germinadas (média \pm EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e de *Pachycondyla striata* Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ. Nota: letras diferentes indicam diferença significativa entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre as duas espécies de formigas (Teste t, P = 0,27).

Analisando sem distinção de ambientes, também não houve diferença significativa no número de sementes germinadas nos ninhos de *O. chelifer* e de *P. striata* ($t = 0,07$, $P = 0,95$), porém houve diferença significativa entre ninhos e locais adjacentes (Figura 15). Resultado similar foi observado para *Acromyrmex lobicornis* Emery, pois o número de espécies germinadas foi maior no solo impactado pela formiga (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004).

A análise de componentes principais indicou haver maior similaridade entre as amostras coletadas nos ninhos e entre as amostras coletadas nos locais adjacentes (Figura 16). A análise também agrupou os bancos de sementes por ambiente, principalmente em relação à mata 2. As espécies *C. hirta* e *M. calvencens* estão relacionadas aos ninhos de formigas, enquanto que *P. pilosum* está relacionada aos locais adjacentes. Todavia, *M. calvencens* está relacionada principalmente aos ninhos da mata 3, enquanto que a espécie *P. pilosum* está relacionada principalmente aos locais adjacentes na mata 1 e mata 3.

Os resultados indicam que as atividades das formigas geram um agrupamento de sementes e de espécies nas proximidades dos ninhos. Além disso, esse agrupamento apresenta uma composição de espécies diferenciada em relação aos locais vizinhos. Sobre as variações entre ambientes, as diferenças observadas podem estar ligadas à disponibilidade de sementes na serapilheira.

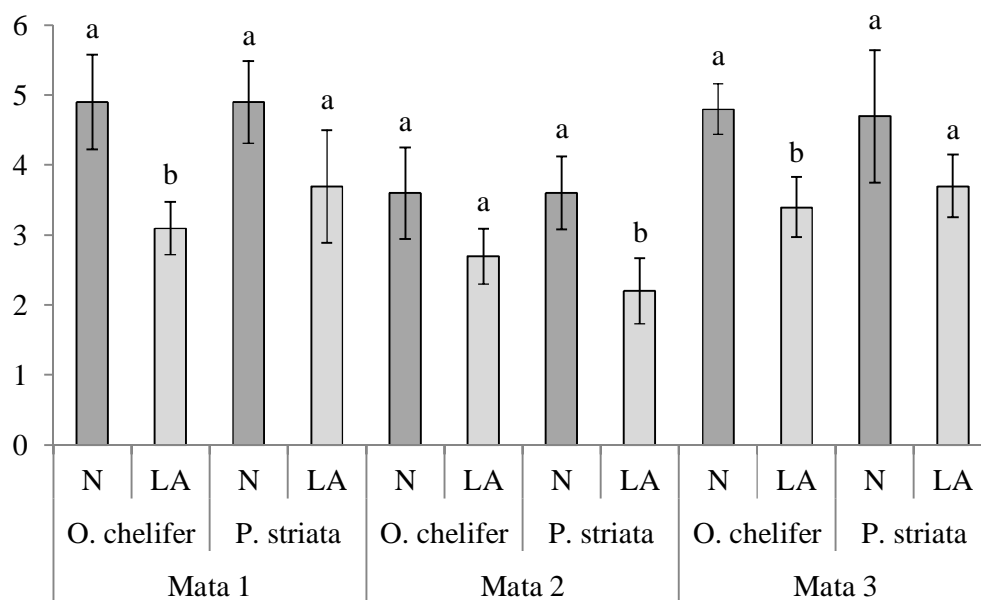


Figura 14. Número de espécies germinadas (média ± EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e de *Pachycondyla striata* Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ. Nota: letras diferentes indicam diferença significativa entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre as amostras coletadas nos ninhos (ANOVA, F = 0,97, P = 0,45).

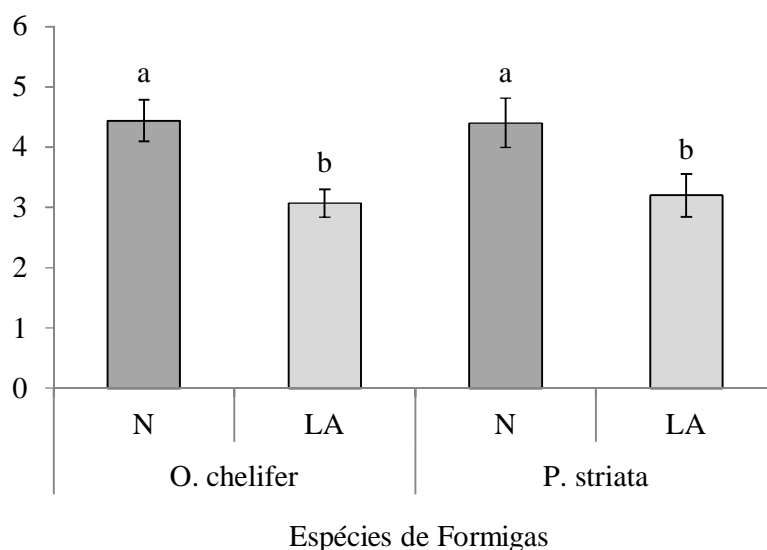


Figura 15. Número de espécies germinadas (média ± EP) de amostras de solo coletadas em ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e de *Pachycondyla striata* Fr. (N) ou locais adjacentes (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ. Nota: médias seguidas de letras diferentes indicam diferença entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre as duas espécies de formigas (t = 0,07, P = 0,95).

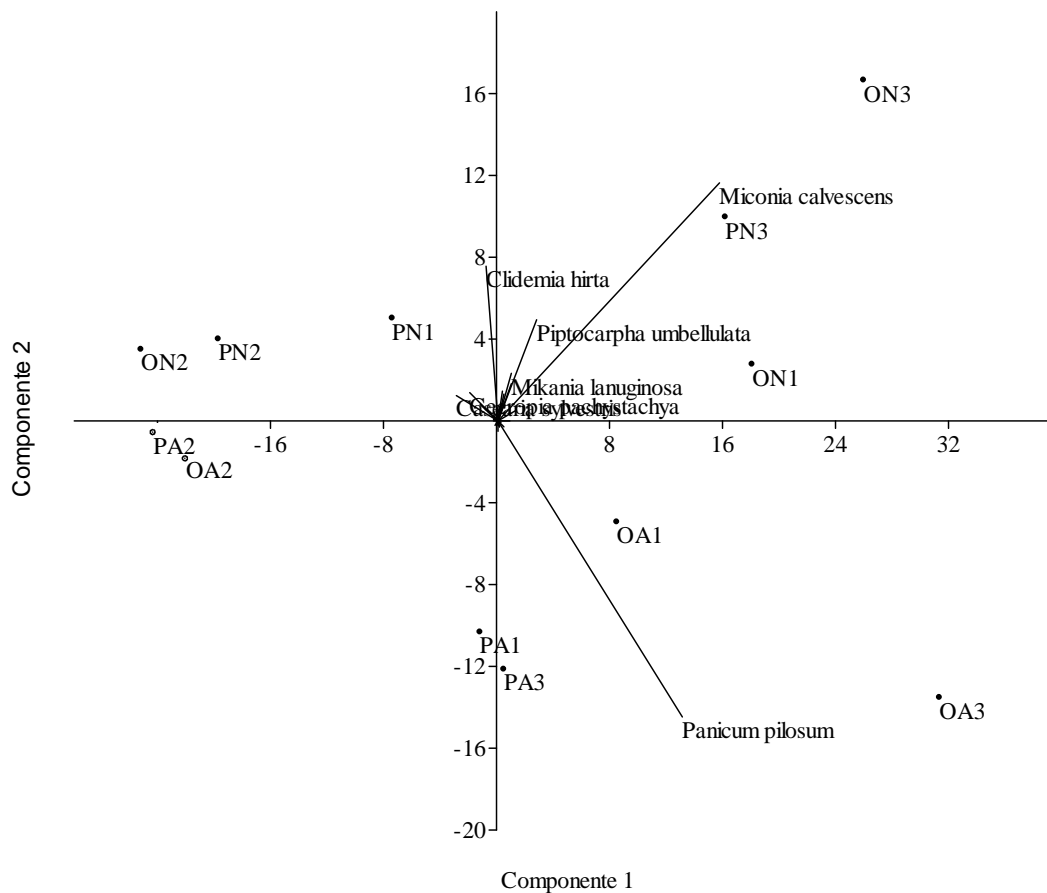


Figura 16. Análise de componentes principais para o banco de sementes de plantas em diferentes ambientes no município de Vassouras-RJ. A primeira letra refere-se as espécies: O - *Odontomachus chelifer*; P - *Pachyconlyla striata*. A segunda letra indica o local da coleta da amostra: A – local adjacente; N – ninho. O número se refere aos ambientes: 1 - mata 1; 2 - mata 2; 3 - mata 3.

3.3 Análise química do solo

As amostras provenientes dos ninhos de *O. chelifer* tiveram concentrações significativamente maiores de magnésio e fósforo do que as amostras de locais adjacentes (Tabela 6). Também tiveram a concentração de alumínio significativamente menor do que as amostras de locais adjacentes. Já as amostras de ninhos de *P. striata* tiveram maiores concentrações de magnésio e potássio. Assim, a atividade das espécies de formigas estudadas pode alterar as características químicas do solo, aumentando a concentração de nutrientes essenciais para as plantas nas proximidades dos ninhos, como observado por outros autores (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). É importante mencionar que diversos autores constataram que as atividades de outras espécies de formigas também podem aumentar a concentração de nutrientes nas proximidades dos ninhos (CULVER & BEATTIE, 1983; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; NKEM *et al.*, 2000; CAMMERAAT *et al.*,

2002; SEAMAN & MARINO, 2003; FOLGARAIT *et al.*, 2002). Portanto, as formigas são importantes para os padrões de concentração de nutrientes no solo e a disponibilidade de nutrientes nas proximidades dos ninhos pode ser maior que em locais adjacentes, o que é vantajoso para as plantas que crescem sobre os ninhos. Além disso, o ambiente se torna um mosaico com diferentes microhabitats, o que aumenta a heterogeneidade ambiental (FARJIBRENER & MEDINA, 2000).

Tabela 6. Características químicas (média \pm EP) dos solos de ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. Smith (N) e de locais adjacentes aos ninhos (LA) (n = 30) no município de Vassouras-RJ.

Variáveis	<i>O. chelifer</i>		<i>P. striata</i>	
	N	LA	N	LA
pH	4,34 \pm 0,06a	4,27 \pm 0,04a	4,37 \pm 0,06a	4,28 \pm 0,05a
Al (Cmol _c /dm ³)	1,47 \pm 0,12a	1,69 \pm 0,08b	1,57 \pm 0,14a	1,74 \pm 0,10a
Ca (Cmol _c /dm ³)	2,33 \pm 0,14a	2,01 \pm 0,12a	2,45 \pm 0,17a	2,06 \pm 0,16a
Mg (Cmol _c /dm ³)	1,60 \pm 0,14a	1,21 \pm 0,13b	1,55 \pm 0,18a	1,19 \pm 0,11b
C (%)	2,58 \pm 0,16a	2,54 \pm 0,16a	2,96 \pm 0,22a	2,59 \pm 0,18a
P (mg/L)	10,07 \pm 1,41a	6,47 \pm 0,42b	8,73 \pm 1,12a	7,27 \pm 1,08a
K (mg/L)	62,70 \pm 4,11a	53,87 \pm 3,98a	63,63 \pm 4,40a	46,80 \pm 3,08b
V (%)	26,93 \pm 1,42a	24,86 \pm 1,32a	27,51 \pm 1,80a	24,49 \pm 1,33a

Nota: C (%) - porcentagem de carbono orgânico. V (%) – porcentagem de saturação por bases. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste t pareado entre ninho e local adjacente, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre as variáveis obtidas nos ninhos das duas espécies de formigas (Teste t, P > 0,05).

A redução da concentração de alumínio também pode ser benéfica, pois é um elemento tóxico para as plantas (SILVA *et al.*, 2006). Segundo BERTAN *et al.* (2005), o teor de alumínio atinge níveis tóxicos para as plantas na maioria dos solos no Brasil. A maior concentração de alumínio pode ter sido uma das causas do menor número de plantas germinadas nos locais adjacentes, pois o alumínio afeta negativamente a taxa de germinação (PEREZ & PRADO, 1993; MARIN, *et al.*, 2004; MACEDO *et al.*, 2008).

Uma importante questão é que as plantas diferem quanto à tolerância ao alumínio (BERTAN *et al.*, 2005; MACEDO *et al.*, 2008) e possuem diferentes exigências nutricionais (SANTOS FILHO *et al.*, 2007). Desse modo, as consequências dos efeitos das formigas sobre as propriedades químicas do solo irão variar para cada espécie de planta. As plantas mais vulneráveis ao alumínio e as mais exigentes quanto à disponibilidade de nutrientes podem ser as mais favorecidas pelas atividades das formigas.

Estudos apontam que algumas espécies de plantas podem estar associadas aos ninhos de formigas, sendo raras em locais vizinhos (KING, 1977; CULVER & BEATTIE, 1983; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000). Assim, os ninhos podem ser locais especialmente favoráveis para essas plantas. Nesse sentido, é possível que *O. chelifera* e *P. striata* contribuam para a manutenção da biodiversidade nas florestas estudadas por propiciar locais favoráveis para o estabelecimento de plantas com elevada exigência nutricional ou vulneráveis ao alumínio, no caso de *O. chelifera*.

Não houve diferença significativa quando foram contrastadas as variáveis obtidas nos ninhos de *O. chelifera* com as obtidas nos ninhos de *P. striata* (Teste t, $P > 0,05$, Tabela 6). Todavia, pode-se observar que a concentração de alumínio, a concentração de potássio e a porcentagem de carbono orgânico nos ninhos de *O. chelifera* variaram significativamente entre ambientes (Tabela 7). Já para *P. striata*, diferenças foram observadas para a concentração de alumínio, de magnésio e de potássio. Assim, observa-se que as características químicas do solo próximo dos ninhos variam em diferentes florestas. A maior concentração de nutrientes próximo dos ninhos vem sendo atribuída ao material animal e vegetal que é levado para os ninhos e misturado com o solo escavado (BRIESE, 1982). Além disso, as condições ambientais nos ninhos de formigas podem ser favoráveis para a mineralização da matéria orgânica (PETAL & KUSINSKA, 1994). Todavia, as características do solo, os recursos disponíveis para a alimentação das formigas e as condições ambientais variam nos diferentes ambientes, com consequência nas concentrações de nutrientes nas proximidades dos ninhos.

Os resultados sugerem que *O. chelifera* e *P. striata*, através de suas atividades, podem criar microhabitats diferenciados e aumentar o número de espécies vegetais nesses locais. Portanto, essas espécies estariam agindo como engenheiras de ecossistemas (WRIGTH *et al.*, 2002). Ao aumentarem a heterogeneidade ambiental, estão contribuindo para a manutenção da biodiversidade das matas estudadas.

Tabela 7. Características químicas (média ± EP) dos solos de ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. Smith (n = 10) em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.

Variáveis	<i>Odontomachus chelifer</i>			<i>Pachycondyla striata</i>		
	Mata 1	Mata 2	Mata 3	Mata 1	Mata 2	Mata 3
pH	4,32 ± 0,08a	4,25 ± 0,10a	4,46 ± 0,10a	4,26 ± 0,09A	4,36 ± 0,06A	4,48 ± 0,13A
Al (Cmol _c /dm ³)	1,58 ± 0,11a	0,86 ± 0,13b	1,98 ± 0,20a	1,67 ± 0,13A	0,91 ± 0,13B	2,15 ± 0,24A
Ca (Cmol _c /dm ³)	1,98 ± 0,21a	2,74 ± 0,18a	2,26 ± 0,31a	1,71 ± 0,11B	3,10 ± 0,26A	2,55 ± 0,32A
Mg (Cmol _c /dm ³)	1,19 ± 0,13a	1,90 ± 0,27a	1,70 ± 0,24a	0,94 ± 0,11B	2,16 ± 0,26A	1,56 ± 0,38AB
C (%)	2,06 ± 0,23b	2,58 ± 0,27ab	3,10 ± 0,28a	2,46 ± 0,30A	3,62 ± 0,49A	2,80 ± 0,25A
P (mg/L)	13,70 ± 3,91a	9,60 ± 0,83a	6,90 ± 0,87a	8,50 ± 3,09A	10,90 ± 1,03A	6,80 ± 0,74A
K (mg/L)	48,60 ± 3,46b	78,00 ± 6,40a	61,50 ± 7,87ab	47,30 ± 2,93B	85,6 ± 8,17A	58,00 ± 4,96B
V (%)	23,57 ± 1,83a	29,62 ± 2,26a	27,61 ± 2,97a	24,11 ± 3,66A	31,24 ± 1,93A	27,19 ± 3,38A

Nota: C (%) - porcentagem de carbono orgânico. V (%) – porcentagem de saturação por bases. Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Letras minúsculas: comparação entre ninhos de *O. chelifer*. Letras maiúsculas: comparação entre ninhos de *P. striata*.

4 CONCLUSÕES

Nas florestas estudadas, *O. chelifer* e de *P. striata* influenciam a distribuição espacial das sementes de várias espécies, como *M. calvescens* e *C. hirta*, ao agrupá-las nas proximidades dos ninhos.

Os efeitos de *O. chelifer* e de *P. striata* sobre o banco de sementes e sobre as características químicas do solo são semelhantes.

As espécies *O. chelifer* e *P. striata* são engenheiras de ecossistemas, pois afetam a disponibilidade de recursos para as plantas. Contudo, seus efeitos sobre o banco de sementes e as características químicas do solo variam em função do ambiente onde estão.

As atividades das formigas estudadas criam microhabitats especialmente favoráveis para a germinação e o estabelecimento das plantas, contribuindo para aumentar a heterogeneidade ambiental e para a manutenção da biodiversidade nas florestas estudadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONINI, R.D.; NUNES-FREITAS, A.F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* D.C. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p.671-676, 2004.

ANTONINI, R.D. **Frugivoria e dispersão de sementes por aves em duas espécies de *Miconia* (Melastomataceae) em uma área de mata atlântica na Ilha da marambaia, RJ.** 2007, 63p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

ARAÚJO, R.S. **Chuva de sementes e deposição de serapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ.** 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2002.

ARAÚJO, F.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA NETO, J.A.A.; LANI, J.L.; PIRES, I.E. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.29, p.983-992, 2005.

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, P.H.; SILVA, J.A.G.; BENINI, G.; SILVA, G.O.; HARTWIG, I.; PADILHA, E.B. Caracteres associados a tolerância ao alumínio tóxico em genótipos de trigos sul brasileiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.149-154, 2005.

BOTTCHER, C. **Interações entre *Pachycondyla striata* e *Odontomachus chelifer* (Formicidae, Ponerinae) e diásporos em três fisionomias florestais da Mata Atlântica.** 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

BRIESE, D. T. The effect of ants on the soil of a semi-arid saltbush habitat. **Insectes Sociaux**, v.29, p.375-386, 1982.

CAMMERAAT, L.H.; WILLOTT, S.J.; COMPTON, S.G.; INCOLL, L.D. The effects of ants` nest on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain. **Geoderma**, v.105, p.1-20, 2002.

CHRISTIANINI, A.V.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; OLIVEIRA, P.S. The role of ants in the removal of non-myrmecochorous diaspores and seed germination in a netropical savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, p.343-351, 2007.

COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**, v.17, p.259-264, 2003.

COSTA, I.R.; ARAÚJO, F.S.; LIMA-VERDE, L.W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p.759-770, 2004.

- CULVER, D.C.; BEATTIE, A.J. Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. **Ecology**, v.64, p.485-492, 1983.
- DALLING, J.W.; WIRTH, R. Dispersal of *Miconia argentea* by the leaf-cutting ant *Atta colombica*. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.705-710, 1998.
- ELDRIDGE, D.J. Effect of ants on sandy soils in semi-arid eastern Australia – local distribution of nest entrances and their effect on infiltration water. **Australian Journal of Soil Research**, v.31, p.509-518, 1993.
- FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Influence of nest of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. **Journal of Vegetation Science**, v.11, p.453-460, 2000.
- FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Seedling recruitment in a semi-arid Patagonian steppe: Facilitative effects of refuse dumps of leaf-cutting ants. **Journal of Vegetation Science**, v.15, p.823-830, 2004.
- FARJI-BRENER, A.G.; MEDINA, C. The importance of where to dump the refuse: seed banks and fine roots in nests of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* and *Atta colombica*. **Biotropica**, v.32, p.120-126, 2000.
- FARJI-BRENER, A.G.; SILVA, J.F. Leaf-cutter ants (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedlings in a parkland savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p.163-168, 1996.
- FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JÚNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.250-257, 2006.
- FOLGARAIT, P.J.; PERELMAN, S.; GOROSITO, N.; PIZZIO, R.; FERNANDEZ, J. Effects of *Camponotus punctulatus* ants on plant community composition and soil properties across land-use histories. **Plant Ecology**, v.163, p.1-13, 2002.
- GOLDENBERG, R.; SOUZA, C.M.F.; DEQUECH, H.B. *Clidemia*, *Ossaea* e *Pleiochiton* (Melastomataceae) no estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v.32, p.453-466, 2005.
- GORLA, C.M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência de extratos aquosos de folhas de *Miconia albicans* Triana, *Lantana camara* L., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit e *Drimys winteri* Forst, na germinação e crescimento inicial de sementes de tomate e pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.260-265, 1997.
- GUINLE, M.C.T. **Sucessão secundária da vegetação ciliar na micro-bacia do Rio Verde, Mun. de Rio Negrinho, SC.** 2006, 50p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2006.

- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1990. 732p.
- HORVITZ, C.C.; BEATTIE, A.J. Ant dispersal of *Calathea* (Marantaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **American Journal of Botany**, v.67, p.321-326, 1980.
- JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p.373-386, 1994.
- KING, T.J. The plant ecology of ant-hills in calcareous grassland: I. patterns of species in relation to ant-hills in southern England. **The Journal of Ecology**, v.65, p.235-256, 1977.
- LILL, J.T.; MARQUIS, R.J. Ecosystem engineering by caterpillars increases insect herbivore diversity on white oak. **Ecology**, v.84, p.682-690, 2003.
- LOBRY DE BRUYN, L.A.; CONACHER, A.J. The effect of ant biopores on water infiltration in soils in undisturbed bushland and in farmland in a semi-arid environment. **Pedobiologia**, v.38, p.193-207, 1994.
- LOBRY DE BRUYN, L.A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.425-441, 1999.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed., vol.2, São Paulo: Editora Plantarum, 1998. 352p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed., vol.1, São Paulo: Editora Plantarum, 2000. 352p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1.ed., vol.3, São Paulo: Editora Plantarum, 2009. 384p.
- LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. **100 of the world's worst invasive alien species a selection from the global invasive species database**. World Conservation Union (IUNC), 2000. 12p.
- MACEDO, C.M.P.; LOPES, J.C.; AMARAL, J.A.T.; FONSECA, A.F.A. Germinação e vigor de sementes de café submetidas ao estresse com alumínio. **Scientia Agraria**, v.9, p.235-239, 2008.
- MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; BANZATTO, D.A.; FERRAUDO, A.S. Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e de doses subletais de alumínio. **Bragantia**, v.63, p.13-24, 2004.
- MARTINS, S.S.; COUTO, L.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.L. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.65-70, 2003.

- MEDEIROS, F.N.S. **Ecologia comportamental da formiga *Pachycondyla striata* Fr. Smith (Formicidae: Ponerinae) em uma floresta do sudeste do Brasil**. 1997. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997.
- MEYER, J. Observations on the reproductive biology of *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae), an alien invasive tree on the Island of Tahiti (South Pacific Ocean). **Biotropica**, v.30, p.609-624, 1998.
- MOREIRA, A.C.C.; SOUZA, A.A.; REIS, D.C.; CONDE, M.M.S.; ALVES, R.C. **Atlantic rain forest, Rio de Janeiro, Brazil: seeds and other diaspores of Marambaia Island**. Disponível em: <http://fm2.fieldmuseum.org/plantguides/guide_pdfs/x033-01.pdf>. 2010. Acesso em: 29 nov. 2011.
- NKEM, J.N.; LOBRY DE BRUYN, L.A.; GRANT, C.D.; HULUGALLE, N.R. The impact of ant bioturbation and foraging activities on surrounding soil properties. **Pedobiologia**, v.44, p.609-621, 2000.
- OLIVEIRA, L.S.B.; MARANGON, L.C.; FELICIANO, A.L.P.; LIMA, A.S.; CARDOSO, M.O.; SILVA, V.F. Florística, classificação sucessiona e síndromes de dispersão em um remanescente de Floresta Atlântica, Moreno-PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.502-507, 2011.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, v.90, p.517-528, 2002.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. **Oecologia**, v.139, p.376-382, 2004.
- PEREZ, S.C.J.G.A.; PRADO, C.H.B.A. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, p.115-118, 1993.
- PETAL, J.; KUSINSKA, A. Fractional composition of organic matter in the soil of anthills and of the environment of meadows. **Pedobiologia**, v.38, p.493-501, 1994.
- PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. Interaction between ants and seeds of a nonmyrmecochorous Neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic forest of southeast Brazil. **American Journal of Botany**, v.85, p.669-674, 1998.
- POULIN, B.; WRIGHT, S.J.; LEFEBVRE, G.; CALDERON, O. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-disperser plants in Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v.15, p.213-227, 1999.
- RAIMUNDO, R.L.G.; FREITAS, A.V.L.; OLIVEIRA, P.S. Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the neotropical forest-dwelling ant, *Odontomachus chelifer*

(Formicidae: Ponerinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.102, p.1151-1157, 2009.

SALIS, S.M.; ASSIS, M.A.; CRISPIM, S.M.A.; CASAGRANDE, J.C. Distribuição e abundância de espécies arbóreas em cerradões no Pantanal, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.339-352, 2006.

SANTOS FILHO, B.G.; PANTOJA, M.J.R.; BATISTA, T.F.C.; TAVARES, A.E.B.; RIBEIRO, R.C.; PINHEIRO, H.A. Comportamento nutricional de espécies arbóreas utilizadas no reflorestamento de áreas degradadas sob o impacto da exploração petrolífera na região de Urucu, Município de Coari, AM. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.1134-1136, 2007.

SARAVY, F.P.; FREITAS, P.J.; LAGE, M.A.; LEITE, S.J.; BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P. Síndrome de dispersão em estratos arbóreos em um fragmento de floresta ombrófila aberta e densa em Alta Floresta – MT. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.2, p.1-12, 2003.

SEAMAN, R.E.; MARINO, P.C. Influence of mound building and selective seed predation by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) on an old-field plant assemblage. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.130, p.193-201, 2003.

SILVA, G.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; HARTWIG, I.; FINATTO, T. Parâmetros de avaliação da tolerância ao alumínio tóxico em diferentes cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.401-404, 2006.

SILVA-MELO, A. **Modelo arquitetônico de ninhos, biologia e divisão de trabalho de *Pachycondyla striata* Fr. Smith, 1858 (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae)**. 2008. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2008.

SPINA, A.P.; FERREIRA, W.M.; LEITÃO FILHO, H.F. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botanica Brasílica**, v.15, p.349-368, 2001.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. New York: Springer Verlag, 1982. 212p.

WRIGHT, J.P., JONES, C.G., FLECKER, A.S. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. **Oecologia**, v.132, p.96-101, 2002.

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.21, p.553-573, 2007.

ZIPPARRO, V.B.; GUILHERME, F.A.G.; ALMEIDA-SCABBIA, R.J.; MORELLATO, L.P.C. Levantamento florístico de Floresta Atlântica no sul do Estado de São Paulo, Parque Estadual Intervales, base Saibadela. **Biota Neotropica**, v.5, p.1-24, 2005.

CAPÍTULO III

FATORES QUE INFLUENCIAM A ABUNDÂNCIA E A RIQUEZA DE ESPÉCIES DE PLANTAS SOBRE NINHOS DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

RESUMO

As formigas removem sementes para os ninhos, podendo aumentar a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos. Nesse capítulo objetivou-se estudar a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre ninhos de *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. em diferentes ambientes. Também teve por objetivo avaliar se fatores bióticos e abióticos influenciam a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos. A avaliação foi realizada utilizando-se os ninhos encontrados em parcelas de 30m x 40m demarcadas nos ambientes mata 1, mata 2 e mata 3. A abundância e o número de morfoespécies de plantas, entre 5cm e 30cm de altura, foram obtidas em parcelas de 50cm x 50cm demarcadas sobre cada ninho e em locais adjacentes (distantes 10 metros do ninho). Em geral, a abundância e a riqueza de plantas foram maiores sobre os ninhos que nos locais adjacentes. Quando a abundância de plantas sobre os ninhos de cada espécie foi analisada entre os diferentes ambientes, não houve diferença significativa. Para *O. chelifer*, a riqueza de espécies sobre os ninhos foi menor na mata 2 que nos demais ambientes. O nível de atividade de formigas nos ninhos e a cobertura de dossel influenciam a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos. O efeito das colônias de formigas sobre a distribuição das plantas não é uniforme, mas varia em função das características das colônias e do micro-habitat. Por influenciarem positivamente a heterogeneidade da vegetação, as formigas estudadas proporcionam condições para a existência de um maior número de espécies nos seus habitats, o que contribui para o aumento da estabilidade dos processos ecológicos.

Palavras chave: fertilidade do solo, banco de plântulas, interação inseto-planta.

ABSTRACT

Ants remove seeds to their nests, which could increase the abundance and richness of plant species on the nests. In this chapter, the objective was to study the abundance and richness of plants in nests of *Odontomachus chelifer* (Latreille) and *Pachycondyla striata* Fr. in different environments. The study also aimed to evaluate if biotic and abiotic factors have influence on the abundance and richness of plant species in nests. The evaluation was done using nests found in parcels of 30m x 40m, in environments forest 1, forest 2 and forest 3. The abundance and richness of plant species, from 5cm to 30cm in height, were obtained in parcels of 50cm x 50cm delimited over each nest and in adjacent sites (10 meters far from the nest). In general, the abundance and richness of plants were higher on nests than in adjacent sites. When the abundance of plants in nests of each species was analyzed among different environments, it was observed that there was no significant difference. Regarding *O. chelifer*, the plant species richness on the nests was lower in forest 2 than in other environments. The level of activity of the ants in the nests and the canopy cover were significantly related with the abundance and richness of plants on the nests. The effect of ant colonies on distribution of plants is not uniform, but varies depending on the characteristics of the colonies and microhabitats. The ants have positive influence on the heterogeneity of vegetation, providing conditions for the existence of a greater number of species in their habitats, which contributes to the stability of ecological processes.

Key words: soil fertility, seedling bank, insect-plant interactions.

1 INTRODUÇÃO

Há pelo menos três décadas as interações entre as formigas e os diásporos de plantas vêm sendo estudadas mais detalhadamente (HORVITZ & BEATTIE, 1980). As formigas utilizam os diásporos na sua alimentação, mas podem atuar como mutualistas (PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Quando consomem a parte carnosa do diásporo, as formigas podem melhorar a capacidade de germinação das sementes, já que evitam o ataque da estrutura por fungos (PIZO & OLIVEIRA, 2001). Também podem remover o diásporo para longe da planta-mãe, diminuindo a probabilidade de serem predados e a competição intraespecífica após a germinação (JANZEN, 1970; PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PIZO *et al.*, 2005).

Vários estudos demonstraram haver maior abundância de plantas nas proximidades dos ninhos de formigas do que em áreas vizinhas (KING, 1977; HORVITZ & BEATTIE, 1980; FARJI-BRENER & SILVA, 1996; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2004). Isso pode ocorrer devido à ação das formigas de carregar sementes ou frutos para os seus ninhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002, CAPÍTULO I), mas também porque o solo próximo dos ninhos pode apresentar características químicas e físicas favoráveis para a germinação das sementes e o crescimento das plantas (HOWE & SMALLWOOD, 1982; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000, FARJI-BRENER & MEDINA, 2000; CAPÍTULO II). Além disso, as formigas podem defender as plantas próximas dos ninhos do ataque de herbívoros (PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Esse conjunto de benefícios advindos das atividades das formigas pode contribuir para que a sobrevivência das plantas nas proximidades dos ninhos seja maior que em locais vizinhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; BOTTCHEER, 2006), influenciando a heterogeneidade da vegetação.

Todavia, como os fatores bióticos e abióticos podem variar entre ambientes e mesmo entre locais de um mesmo ambiente (BERNACCI *et al.*, 2006; LAURENCE & VASCONCELOS, 2009), pode-se esperar que a vegetação sobre os ninhos também varie. Fatores abióticos, como a luminosidade e a fertilidade do solo, e bióticos, como a disponibilidade de diásporos e o número de operárias nos ninhos, potencialmente podem influenciar a abundância e a riqueza de plantas sobre os ninhos de formigas (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; GUILHERME, 2000).

Estudos apontam que as espécies *Odontomachus chelifer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. interagem com diásporos de várias espécies de plantas na Mata Atlântica e que suas atividades podem alterar as características químicas e físicas do solo e favorecer o crescimento das plantas que se estabelecem nas proximidades dos ninhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; BOTTCHEER, 2006; CAPÍTULO II). Todavia, os estudos que avaliaram a influência das atividades de *O. chelifer* e *P. striata* sobre as plantas se concentraram no sul do litoral do Estado de São Paulo e, principalmente, em restinga (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; PASSOS & OLIVEIRA, 2004; BOTTCHEER, 2006). Embora essas espécies sejam comuns também em florestas estacionais semidecíduais (SANTOS *et al.*, 2006; CASTILHO *et al.*, 2011), essas interações não foram estudadas nesse tipo de vegetação. Apesar de originalmente ocuparem uma área relevante do país, nos últimos séculos as florestas estacionais semidecíduais sofreram com o desmatamento devido ao avanço da fronteira agropecuária (IBGE, 1992; OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 1994; DEAN, 2002). Atualmente, essas compreendem somente 5,2% da área sob o domínio do Bioma Mata Atlântica (MMA, 2007).

Assim, nesse capítulo objetivou-se estudar a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre ninhos de *O. chelifer* e *P. striata* em diferentes áreas com florestas estacionais semidecíduais. Além disso, teve por objetivo identificar os fatores ambientais que influenciam a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos.

As seguintes hipóteses foram testadas: 1) locais próximos dos ninhos de *O. chelififer* e *P. striata* possuem maior abundância e riqueza de espécies de plantas que locais adjacentes; 2) a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos variam entre espécies de formigas e entre ambientes diferentes; 3) fatores bióticos e abióticos influenciam a abundância e a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de formigas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas de Estudo

Os dados foram coletados nos fragmentos florestais descritos no CAPÍTULO I (mata 1, mata 2 e mata 3).

2.2 Plantas sobre os ninhos de formigas e locais adjacentes

A avaliação da abundância e da riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de *O. chelififer* e de *P. striata* foi realizada nos meses de março e abril de 2009. Para isso, foram utilizados os ninhos encontrados nas parcelas de 30m x 40m demarcadas em cada ambiente, como descrito no CAPÍTULO I, item 2.2.3. Parcelas de 50 cm x 50 cm foram demarcadas sobre cada ninho encontrado, tendo o orifício de saída como centro da parcela, e em locais adjacentes (360° aleatoriamente, distantes 10 metros do ninho). Nessas parcelas, as plantas com altura entre 5 cm e 30 cm foram contadas (BOTTCHEER, 2006), obtendo-se também o número de morfoespécies. É provável que, ao estudar somente as plantas entre 5 cm e 30cm de altura, se tenha garantido que os indivíduos analisados estejam sob a influência do ninhos durante todo o seu desenvolvimento.

Também foram obtidas sobre cada ninho a porcentagem de cobertura de dossel e a luminosidade. A porcentagem de cobertura de dossel foi obtida com um quadrado de madeira de 50 cm de lado, subdividido em 25 quadrados de 10 cm de lado, que era posicionado horizontalmente e acima da cabeça de um observador para estimar a porcentagem de subdivisões fechadas pela vegetação (ALMEIDA & CORTINES, 2008).

2.3 Atividade de formigas nos ninhos

A atividade de formigas nos ninhos foi obtida nos meses de maio e junho de 2009. Em cada ambiente, 10 ninhos de cada espécie foram observados, exceto na mata 1 onde foram observados 9 ninhos de *P. striata*. Cada ninho foi observado duas vezes, uma vez no período da manhã (9:00h às 12:00) e outra no período da tarde (13:00h às 16:00h). Uma isca de sardinha e uma de farelo de biscoito foram colocadas sobre papel branco a cerca de 15cm de distância da entrada de cada ninho (Figura 5B). As iscas foram expostas próximo do ninho 30 minutos antes da avaliação. Após esse tempo, foi observado durante 10 minutos o número de formigas que entravam no ninho. Desse modo, o número de operárias em trânsito foi contado durante 20 minutos em cada ninho, 10 minutos no período da manhã e 10 minutos no período da tarde, sendo considerado como uma medida do número de operárias na colônia e do seu nível de atividade.

2.4 Análise química do solo

Amostras de solo foram coletadas em ninhos das espécies *O. chelififer* e *P. striata*, no mês de julho de 2009, como descrito no CAPÍTULO II, item 2.3. Em cada um dos três ambientes, as amostras de solo foram extraídas de 10 ninhos de cada espécie. Entretanto, no ambiente mata 1 foram utilizados somente 9 ninhos de *P. striata*, os mesmos de onde foi obtida a atividade de formigas. De cada amostra de solo, obteve-se a porcentagem de saturação por bases (V%), variável considerada como um indicativo da fertilidade do solo (FIALHO *et al.*, 2006; SALIS *et al.*, 2006).

2.5 Análise de dados

Para avaliar as diferenças entre ninhos e locais adjacentes foi utilizado o teste t pareado. Na análise entre ninhos de diferentes espécies foi utilizado o teste t de Student. Já na análise da abundância e riqueza de espécies entre ambientes foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey.

Para avaliar se existe relação entre a abundância e a riqueza de plantas e as variáveis bióticas e abióticas coletadas em cada ninho, foi utilizada a análise de regressão linear simples.

Para normalizar os dados, os valores em porcentagem foram divididos por 100 e transformados em arco-seno da raiz quadrada. Em todas as análises foi utilizada a probabilidade de 5% para atribuir significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Abundância e riqueza de espécies de plantas sobre ninhos de formigas

Não houve diferença significativa quando a abundância de plantas sobre os ninhos foi analisada entre os diferentes ambientes, tanto para *O. chelififer* (ANOVA, $F = 2,65$, $P = 0,09$) quanto para *P. striata* (ANOVA, $F = 1,91$, $P = 0,16$) (Tabela 8). O mesmo ocorreu para a riqueza de espécies sobre os ninhos de *P. striata*, que não variou significativamente entre ambientes (ANOVA, $F = 2,35$, $P = 0,11$, Tabela 9). Já para *O. chelififer*, a riqueza de espécies sobre os ninhos foi menor na mata 2 que nos demais ambientes. A variação observada na riqueza de espécies entre ambientes pode estar associada ao número de espécies de plantas em cada mata (FOLGARAIT *et al.*, 2002). Além disso, as matas estudadas podem apresentar diferenças em relação a variáveis ambientais que influenciam as plantas, como a incidência de radiação solar nos estratos inferiores da floresta (BOTTCHEER, 2006).

Em nenhum dos ambientes estudados a abundância ou a riqueza de espécies de plantas variou significativamente entre as espécies de formigas (Teste t, $P > 0,05$) (Tabelas 8 e 9), o que demonstra que *O. chelififer* e *P. striata* apresentam efeitos similares sobre essas variáveis.

Na mata 1 e na mata 3, a abundância de plantas entre 5 e 30 cm de altura foi significativamente maior sobre os ninhos de *O. chelififer* e de *P. striata* que nos locais adjacentes (Tabela 8). Entretanto, na mata 2 não houve diferença significativa. Outros autores também observaram que a abundância de plantas pode ser maior nas proximidades dos ninhos de *O. chelififer* e *P. striata* que em locais vizinhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; 2004). Além disso, os dados corroboram os resultados de BOTTCHEER (2006), pois a diferença entre ninhos e locais adjacentes não ocorreu em todos os ambientes estudados. É provável que o ambiente mata 2 apresente menor abundância de diásporos que podem ser utilizados pelas espécies de formigas (ver CAPÍTULO II), além disso pode possuir outros recursos

alimentares em abundância e, por isso, um menor número de sementes seja coletado pelas formigas.

Tabela 8. Abundância de plantas (média \pm EP) sobre ninhos de formigas (N) e locais adjacentes (LA), em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.

Espécies	Mata 1			Mata 2			Mata 3		
	N	LA	n	N	LA	n	N	LA	n
<i>O. chelififer</i>	5,7 \pm 0,6a	3,2 \pm 0,4b	13	3,7 \pm 0,6a	3,0 \pm 0,5a	10	7,2 \pm 1,4 a	3,0 \pm 0,4b	14
<i>P. striata</i>	6,2 \pm 0,4a	3,2 \pm 0,4b	9	4,6 \pm 0,7a	3,1 \pm 0,3a	17	6,1 \pm 0,6a	2,9 \pm 0,2b	29

Nota: letras diferentes indicam diferença significativa entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre ninhos de diferentes matas (ANOVA, $P > 0,05$) ou entre as duas espécies de formigas em uma mesma mata (Teste t, $P > 0,05$).

Tabela 9. Riqueza de espécies de plantas (média \pm EP) sobre ninhos de formigas (N) e locais adjacentes (LA), em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.

Espécies	Mata 1			Mata 2			Mata 3		
	N	LA	n	N	LA	n	N	LA	n
<i>O. chelififer</i>	4,1 \pm 0,3aA	2,1 \pm 0,2b	13	3,0 \pm 0,3aB	2,4 \pm 0,3a	10	4,1 \pm 0,3aA	2,3 \pm 0,2b	14
<i>P. striata</i>	3,6 \pm 0,2aA	2,6 \pm 0,2b	9	3,3 \pm 0,3aA	2,3 \pm 0,2b	17	4,1 \pm 0,3aA	2,4 \pm 0,2b	29

Nota: letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre ninho e local adjacente pelo teste t pareado, a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre ambientes pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre as duas espécies de formigas em uma mesma mata (Teste t, $P > 0,05$).

Em todos os ambientes, a riqueza de espécies de plantas foi significativamente maior sobre os ninhos de *O. chelififer* e *P. striata* que nos locais adjacentes, com exceção de *O. chelififer* na mata 2 (Tabela 9). Também já havia sido constatado que a atividade de algumas espécies de formigas pode causar o aumento do número de espécies de plantas nas proximidades dos ninhos (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000).

O maior número de plantas sobre os ninhos pode ocorrer pelo comportamento das operárias de *O. chelififer* e *P. striata* de coletar sementes que caem diretamente de plantas ou encontram-se nas fezes de pássaros e carregar para o ninho (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; 2004). Além disso, quando os diásporos carregados para o ninho têm a sua parte carnosa

removida pelas formigas a taxa de germinação das sementes aumenta, devido à redução da infestação por fungos (PIZO *et al.*, 2005; MARTINS *et al.*, 2006).

Todavia, a perturbação causada pelas formigas no solo também pode influenciar a distribuição da vegetação (KING, 1977). As atividades das formigas que nidificam no solo, como o transporte de material animal e vegetal para os ninhos, provocam alterações nas características químicas do solo e aumentam a sua fertilidade (CAMMERAAT *et al.*, 2002; FOLGARAIT *et al.*, 2002; SEAMAN & MARINO, 2003; PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Já foi constatado que *O. chelifer* e *P. striata* estão entre as espécies cujas atividades podem aumentar a concentração de nutrientes nas proximidades dos ninhos (PASSOS & OLIVEIRA, 2002; CAPÍTULO II). As formigas também afetam as características físicas do solo, podendo favorecer a germinação das sementes e o crescimento das plantas quando aumentam a capacidade do solo reter umidade (FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000). Além disso, as formigas também favorecem as plantas que estão nas proximidades dos ninhos através da predação de herbívoros (PASSOS & OLIVEIRA, 2004). Assim, mesmo as plantas cujos diásporos não são utilizados pelas formigas podem apresentar maior abundância de indivíduos nas proximidades dos ninhos que em áreas vizinhas.

Cabe ressaltar que o agrupamento de plantas sobre os ninhos pode levar ao aumento da competição entre as mesmas (ALMEIDA & CORTINES, 2008). Todavia, os benefícios advindos das atividades das formigas podem suplantam as adversidades geradas pela competição, pois as plantas apresentam maior velocidade de crescimento e maior recrutamento sobre os ninhos que em locais vizinhos (CULVER & BEATTIE, 1980; BOTTCHEER, 2006). Ainda assim, como a vegetação analisada era, em grande parte, formada por plântulas ou plantas jovens, é possível que o número de indivíduos sobre os ninhos diminua com o aumento da idade, pela forte pressão seletiva que os indivíduos sofrem nessa fase da vida (TOWNSEND *et al.*, 2006). Entretanto, a probabilidade dos indivíduos chegarem à fase adulta pode ser maior sobre os ninhos e as plantas que alcançam a maturidade podem apresentar maior vigor, por sofrerem menos danos causados por herbívoros e terem maior quantidade de nutrientes a disposição.

As espécies *O. chelifer* e *P. striata* atuam como engenheiras de ecossistemas, pois influenciam a disponibilidade de recursos para as plantas e a sua distribuição (CAPÍTULO II). Estudos apontam que as atividades dos engenheiros de ecossistemas podem aumentar localmente a riqueza de espécies (WRIGTH *et al.*, 2002). Os resultados demonstram que esse é o caso das espécies estudadas, pois as suas atividades criam microhabitats onde a abundância e o número de espécies de plantas é maior do que o observado nos locais vizinhos. Ao afetarem positivamente a heterogeneidade da vegetação, ajudam na manutenção da biodiversidade das florestas onde habitam. Assim, além de proporcionar vantagens para as plantas, *O. chelifer* e *P. striata* também podem proporcionar benefício para os ecossistemas como um todo, pois o aumento do número de espécies contribui para o aumento da estabilidade dos processos ecológicos (CHAPIN *et al.*, 1997). Desse modo, a extinção local ou a redução da densidade populacional das formigas estudadas pode acarretar consequências negativas para os ecossistemas, por alterar a estrutura e o funcionamento dos mesmos.

Tendo em vista o estado atual de degradação das florestas estacionais semidecíduais, especialmente no Vale do Paraíba, pode-se afirmar que as espécies *O. chelifer* e *P. striata* têm um importante papel nesses ambientes, pois colaboram para a manutenção da sua biodiversidade.

3.2 Influência de fatores bióticos e abióticos na abundância e riqueza de plantas sobre ninhos de formigas

Na mata 2 e na mata 3, a atividade de formigas se relacionou positivamente com a abundância de plantas sobre os ninhos de *O. chelififer* (Tabela 10). As formigas carregam sementes para os seus ninhos (ANDERSEN, 1988; PASSOS & OLIVEIRA, 2002), assim uma maior quantidade de operárias pode resultar em um maior número de sementes nas proximidades dos ninhos. Além disso, uma maior abundância de operárias forrageando também pode aumentar a proteção contra herbivoria das plantas que estão próximas do ninho (PASSOS & OLIVEIRA, 2004).

Tabela 10. Relação entre a abundância de plantas sobre os ninhos de *Odontomachus chelififer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. e as variáveis independentes, em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.

Espécie	Mata	Variável independente	R ²	Equação da reta	F	p
<i>O. chelififer</i>	Mata 1	AF	15,38%	$y = 0,254x + 3,416$	1,454	0,26
		CD	3,29%	$y = 4,337x + 0,778$	0,272	0,62
		V	0,54%	$y = -2,670x + 7,046$	0,044	0,83
	Mata 2	AF	37,37%	$y = 0,291x + 1,631$	4,774	0,06
		CD	12,20%	$y = -6,637x + 11,263$	1,112	0,32
		V	0,07%	$y = 0,672x + 3,315$	0,006	0,94
	Mata 3	AF	56,53%	$y = 0,796x + 2,906$	10,404	0,01
		CD	7,33%	$y = -14,020x + 24,825$	0,633	0,55
		V	17,26%	$y = 21,980x - 3,659$	1,669	0,23
<i>P. striata</i>	Mata 1	AF	0,08%	$y = 0,021x + 6,041$	0,006	0,94
		CD	2,57%	$y = 5,046x + 0,150$	0,185	0,68
		V	3,02%	$y = 1,566x + 5,419$	0,218	0,66
	Mata 2	AF	22,49%	$y = 0,135x + 2,059$	2,321	0,16
		CD	38,20%	$y = -23,084x + 30,817$	4,945	0,05
		V	1,52%	$y = 2,849x + 1,917$	0,123	0,73
	Mata 3	AF	35,99%	$y = 0,468x + 3,892$	4,498	0,06
		CD	68,42%	$y = -15,413x + 22,834$	17,329	0,01
		V	2,25%	$y = -3,700x + 8,004$	0,185	0,68

Nota: AF – atividade de formigas; CD – cobertura de dossel; V – saturação por bases.

Para *P. striata*, a cobertura de dossel influenciou negativamente a abundância de plantas na mata 2. O fechamento do dossel implica em um maior sombreamento das plantas jovens, podendo afetar negativamente o seu crescimento e aumentar a mortalidade (OLIVEIRA & FELFILI, 2005). A luminosidade pode ser um fator limitante para o estabelecimento das plantas, visto que a redução da incidência da luz pode causar a mortalidade de plântulas, principalmente em relação às espécies pioneiras (OLIVEIRA & FELFILI, 2005). A luminosidade medida ao nível do solo tende a apresentar relação negativa com a cobertura de dossel (ALMEIDA & CORTINES, 2008). Assim, a densidade de plantas

que compoem o sub-bosque e a regeneração natural pode ser menor em locais com maior cobertura do dossel (GUILHERME, 2000). Entretanto, outros autores não encontraram relação entre a porcentagem de cobertura de dossel e a densidade de plantas (ALMEIDA & CORTINES, 2008), provavelmente porque as espécies possuem diferentes exigências quanto à disponibilidade de luz (PORTELA *et al.*, 2001; MEIRA-NETO *et al.*, 2005). Na mata 3, a atividade de formigas esteve relacionada com a abundância de plantas sobre os ninhos de *P. striata*. Neste ambiente, a cobertura de dossel influenciou significativamente a abundância de plantas.

No ambiente mata 1, a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de *O. chelififer* se relacionou positiva e significativamente com a atividade de formigas (Tabela 11). O mesmo ocorreu na mata 2, houve relação significativa com a atividade de formigas. Na mata 2, a cobertura de dossel se relacionou significativa e negativamente com a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de *P. striata*.

Tabela 11. Relação entre a riqueza de espécies de plantas sobre os ninhos de *Odontomachus chelififer* (Latreille) e *Pachycondyla striata* Fr. e as variáveis independentes, em diferentes matas no município de Vassouras-RJ.

Espécie	Mata	Variáveis independentes	R ²	Equação da reta	F	p
<i>O. chelififer</i>	Mata 1	AF	43,26%	$y = 0,149x + 2,557$	6,100	0,04
		CD	1,94%	$y = 1,169x + 2,574$	0,158	0,70
		V	0,71%	$y = -1,074x + 4,442$	0,057	0,81
	Mata 2	AF	45,31%	$y = 0,151x + 1,926$	6,627	0,03
		CD	3,32%	$y = -1,634x + 4,862$	0,270	0,63
		V	0,59%	$y = -0,924x + 3,531$	0,029	0,86
	Mata 3	AF	16,67%	$y = 0,056x + 4,117$	1,601	0,24
		CD	3,30%	$y = -1,209x + 5,917$	0,273	0,62
		V	0,47%	$y = 0,464x + 4,246$	0,037	0,85
<i>P. striata</i>	Mata 1	AF	0,01%	$y = 0,005x + 3,510$	0,001	0,97
		CD	6,88%	$y = 4,990x - 2,449$	0,517	0,50
		V	10,06%	$y = 1,730x + 2,668$	0,783	0,59
	Mata 2	AF	24,91%	$y = 0,089x + 1,783$	2,653	0,14
		CD	62,26%	$y = -18,485x + 24,594$	13,198	0,01
		V	0,52%	$y = -1,045x + 3,417$	0,042	0,84
	Mata 3	AF	31,53%	$y = 0,145x + 3,433$	3,684	0,09
		CD	15,47%	$y = -2,672x + 7,019$	1,464	0,26
		V	14,11%	$y = -3,374x + 5,927$	1,314	0,28

Nota: AF – atividade de formigas; CD – cobertura de dossel; V – saturação por bases.

Apesar de estudos apontarem que a elevada fertilidade do solo encontrada nas proximidades dos ninhos contribui para o agrupamento de plantas nesses locais (CULVER & BEATTIE, 1980; FARJI-BRENER & GHERMANDI, 2000; PASSOS & OLIVEIRA, 2002), no presente trabalho não foi constatada relação entre a porcentagem de saturação por bases e a

abundância ou riqueza de espécies de plantas entre 5 e 30 cm de altura. É possível que as diferenças na fertilidade entre os ninhos não fossem suficientemente grandes para se constatar a sua influência sobre as plantas. Todavia, não foi verificado se a concentração de um nutriente específico estaria afetando as variáveis em questão (KING, 1977). Além disso, outras características químicas do solo poderiam afetar a abundância ou riqueza de plantas nos ninhos, como o pH, que influencia a disponibilidade de nutrientes, e a concentração de alumínio, pois pode ser tóxico para as plantas (VITORELLO *et al.*, 2005; MACEDO *et al.*, 2008). Tais questões podem ser abordadas de estudos futuros.

Por outro lado, foi observado que colônias que apresentam maior atividade de formigas podem apresentar maior abundância e riqueza de plantas nas suas proximidades, em comparação com ninhos com menor atividade. Além disso, o estabelecimento das plantas é favorecido em ninhos presentes em locais com menor cobertura de dossel. Assim, os resultados demonstram que a abundância e a riqueza de plantas sobre os ninhos são influenciadas por fatores bióticos. O efeito das colônias de formigas sobre a distribuição das plantas não é homogêneo, varia em função das características das colônias e do microhabitat.

4 CONCLUSÕES

As espécies *O. chelifera* e *P. striata* criam agrupamentos de plantas nas proximidades dos seus ninhos, onde o número de espécies é maior do que o observado nos locais vizinhos, influenciando a heterogeneidade da vegetação.

Por influenciarem positivamente a heterogeneidade da vegetação, as formigas estudadas proporcionam condições para a existência de um maior número de espécies nos seus habitats, o que contribui para o aumento da estabilidade dos processos ecológicos.

O efeito das colônias de *O. chelifera* e de *P. striata* sobre a distribuição das plantas não é uniforme, mas varia em função das características das colônias e do micro-habitat.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S.; CORTINES, E. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr. **Floresta e Ambiente**, v.15, p.18-23, 2008.

ANDERSEN, A.N. Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. **Oecologia**, v.75, p.507-511, 1988.

BERNACCI, L.C.; FRANCO, G.A.D.C.; ARBOCZ, G.F.; DURIGAN, G.; METZGER, J.P. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP). **Revista do Instituto Florestal**, v.18, p.121-166, 2006.

BOTTCHER, C. **Interações entre *Pachycondyla striata* e *Odontomachus chelifera* (Formicidae, Ponerinae) e diásporos em três fisionomias florestais da Mata Atlântica**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

CAMMERAAT, L.H.; WILLOTT, S.J.; COMPTON, S.G.; INCOLL, L.D. The effects of ants' nest on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain. **Geoderma**, v.105, p.1-20, 2002.

- CASTILHO, G.A.; NOLL, F.B.; SILVA, E.R.; SANTOS, E.F. Diversidade de Formicidae (Hymenoptera) em um fragmento de Floresta Estacional Semidecídua no Noroeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, p.224-230, 2011.
- CHAPIN, F.S.; WALKER, B.H.; HOBBS, R.J.; HOOPER, D.U.; LAWTON, J.H.; SALA, O.E.; TILMAN, D. Biotic control over the functioning of ecosystems. **Science**, v.277, p.500-504, 1997.
- CULVER, D.C.; BEATTIE, A.J. The fate of *Viola* seeds dispersed by ants. **American Journal of Botany**, v.67, p.710-714, 1980.
- DEAN, W. **A Ferro e Fogo: A História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira**. São Paulo: Cia das Letras, 2002. 484p.
- FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Influence of nest of leaf-cutting ants on plant species diversity in road verges of northern Patagonia. **Journal of Vegetation Science**, v.11, p.453-460, 2000.
- FARJI-BRENER, A.G.; GHERMANDI, L. Seedling recruitment in a semi-arid Patagonian steppe: Facilitative effects of refuse dumps of leaf-cutting ants. **Journal of Vegetation Science**, v.15, p.823-830, 2004.
- FARJI-BRENER, A.G.; MEDINA, C. The importance of where to dump the refuse: seed banks and fine roots in nests of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* and *Atta colombica*. **Biotropica**, v.32, p.120-126, 2000.
- FARJI-BRENER, A.G.; SILVA, J.F. Leaf-cutter ants (*Atta laevigata*) aid to the establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedlings in a parkland savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p.163-168, 1996.
- FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JÚNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.250-257, 2006.
- FOLGARAIT, P.J.; PERELMAN, S.; GOROSITO, N.; PIZZIO, R.; FERNANDEZ, J. Effects of *Camponotus punctulatus* ants on plant community composition and soil properties across land-use histories. **Plant Ecology**, v.163, p.1-13, 2002.
- GUILHERME, F.A.G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. **Cerne**, v.6, p.60-66, 2000.
- HORVITZ, C.C.; BEATTIE, A.J. Ant dispersal of *Calathea* (Marantaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **American Journal of Botany**, v.67, p.321-326, 1980.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.13, p.201-228, 1982.

- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.
- JANZEN, D.H. Herbivores and number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v.104, p.501-528, 1970.
- KING, T.J. The plant ecology of ant-hills in calcareous grassland: I. patterns of species in relation to ant-hills in southern England. **The Journal of Ecology**, v.65, p.235-256, 1977.
- LAURANCE, W.F.; VASCONCELOS, H.L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, p.434-451, 2009.
- MACEDO, C.M.P.; LOPES, J.C.; AMARAL, J.A.T.; FONSECA, A.F.A. Germinação e vigor de sementes de café submetidas ao estresse com alumínio. **Scientia Agraria**, v.9, p.235-239, 2008.
- MARTINS, V.F.; GUIMARÃES JR., P.R.; SILVA, R.R.; SEMIR, J. Secondary seed dispersal by ants of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) in the Atlantic Forest in southeastern Brazil: influence on seed germination. **Sociobiology**, v.47, p.1-10, 2006.
- MEIRA-NETO, J.A.A.; MARTINS, F.R.; SOUZA, A.L. Influência da cobertura e do solo na composição florística do sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.473-486, 2005.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. 2007. Disponível em: <http://www.semiarido.org.br/UserFiles/file/mapas_cobertura_vegetal_biombras.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- OLIVEIRA, E.C.L.; FELFILI, J.M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, p.801-811, 2005.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; GAVILANES, M.L.; CARVALHO, D.A. Comparison of the woody flora and soils of six areas of montane semideciduous forest in southern Minas Gerais, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v.51, p.355-389, 1994.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Ants affect the distribution and performance of *Clusia criuva* seedlings, a primarily bird-dispersed rain forest tree. **Journal of Ecology**, v.90, p.517-528, 2002.
- PASSOS, L.; OLIVEIRA, P. S. Interactions between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sand plain rain forest: ant effects on seeds and seedling. **Oecologia**, v.139, p.376-382, 2004.
- PIZO, M.A.; OLIVEIRA, P.S. Size and lipid content of non myrmecochorous diaspores: effects on the interaction with litter-foraging ants in the Atlantic rain forest of Brazil. **Plant Ecology**, v.157, p.37-52, 2001.

PIZO, M.A.; PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Ants as seed dispersers of fleshy diaspores in Brazilian Atlantic forest. p.315-329. IN: FORGET, P. M.; LAMBERT, J. E.; HULME, P. E.; VANDERWALL, S. B. (EDS). **Seed Fate**. Wallingford: CAB International, 2005.

PORTELA, R.C.Q.; SILVA, I.L.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.11, p.163-170, 2001.

SALIS, S.M.; ASSIS, M.A.; CRISPIM, S.M.A.; CASAGRANDE, J.C. Distribuição e abundância de espécies arbóreas em cerradões no Pantanal, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.339-352, 2006.

SANTOS, M.S.; LOUZADA, J.N.C.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J.H.C.; NASCIMENTO, I.C. 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, Série Zoologia**, v.96, p.95-101, 2006.

SEAMAN, R.E.; MARINO, P.C. Influence of mound building and selective seed predation by the red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) on an old-field plant assemblage. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.130, p.193-201, 2003.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592p.

VITORELLO, V.A.; CAPALDI, F.R.; STEFANUTO, V.A. Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. Brazilian **Journal of Plant Physiology**, v.17, p.129-143, 2005.

WRIGHT, J.P.; JONES, C.G.; FLECKER, A.S. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. **Oecologia**, v.132, p.96-101, 2002.

CONCLUSÕES GERAIS

A estrutura da comunidade de formigas afeta a taxa e a distância de remoção de sementes de plantas e o aumento da densidade de *P. striata* pode proporcionar o aumento da taxa de remoção de sementes.

As espécies *O. chelifera* e *P. striata* removem sementes de plantas para as proximidades dos seus ninhos. Essa interação proporciona vantagens para as plantas, pois o solo próximo dos ninhos apresenta melhores características químicas para a germinação das sementes e o crescimento das plantas.

As espécies *O. chelifera* e *P. striata* são engenheiras de ecossistemas, pois influenciam a disponibilidade de recursos para as plantas e afetam a distribuição espacial de sementes e plantas.

O presente estudo contribui para o avanço do conhecimento dos efeitos das atividades de *O. chelifera* e *P. striata* sobre a distribuição das plantas, principalmente no que tange às florestas estacionais semidecíduais. Nas florestas do Vale do Paraíba, essas formigas colaboraram para o sucesso do estabelecimento de espécies de plantas e para a manutenção da biodiversidade.