

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**FORMIGAS (HYMENOPTERA; FORMICIDAE) COMO
INDICADOR BIOLÓGICO NA FLORESTA ATLÂNTICA
NORDESTINA**

ALUNA: JULIANA PESSOA GOMES

RECIFE

2009

JULIANA PESSOA GOMES

FORMIGAS (HYMENOPTERA; FORMICIDAE) COMO INDICADOR
BIOLÓGICO NA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas na área de Biologia Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Inara Roberta Leal

RECIFE

2009

Gomes, Juliana Pessoa

Formigas (Hymenoptera; formicidae) como indicador biológico na floresta atlântica nordestina / Juliana Pessoa Gomes. – Recife: O Autor, 2009.

60 folhas: il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Departamento de Zoologia, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Formicidae 2. Formigas 3. Fragmentação florestal I Título.

**595.796
595.796**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

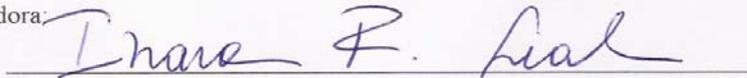
**UFPE
CCB – 2009- 041**

JULIANA PESSOA GOMES

FORMIGAS (HYMENOPTERA; FORMICIDAE) COMO INDICADOR
BIOLÓGICO NA FLORESTA ATLÂNTICA NORDESTINA

Banca Examinadora:

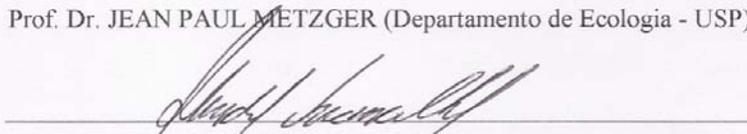
Orientadora:



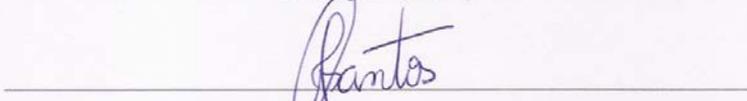
Profª. Dra. INARA ROBERTA LEAL (Departamento de Botânica - UFPE)

Membros titulares:

Prof. Dr. JEAN PAUL METZGER (Departamento de Ecologia - USP)

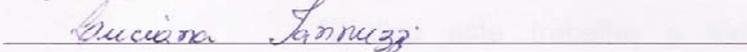


Prof. Dr. ALEXANDRE VASCONCELLOS (Departamento de Botânica, Ecologia e
Zoologia - UFRN)

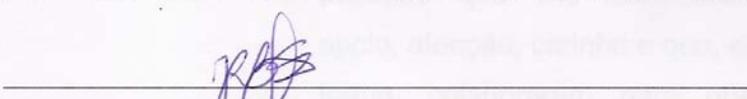


Dr. JEAN CARLOS SANTOS (Departamento de Botânica, UFPE)

Membros suplentes:



Profª. Dra. LUCIANA IANNUZZI (Departamento de Zoologia – UFPE)



Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO BOTELHO (Departamento de Zoologia – UFPE)

RECIFE

2009

“Dedico este trabalho a todas as pessoas que me ofereceram seu apoio, atenção, carinho e que, de certa forma, colaboraram para que este trabalho se realizasse”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por tudo que tenho e por todas as bênçãos concedidas.

Aos meus pais, Gilson e Joseane, por todo amor, carinho, ensinamentos e por sempre estarem ao meu lado.

Aos meus avós, Leonardo Cavalcanti e Tereza Padilha, José Pessoa (em memória) e Maria da Conceição, pelos conselhos, pelos momentos incríveis e por todo carinho.

Ao meu sogro e minha sogra, Paulo Britto e Ane Ranzan, pelo acolhimento, atenção e principalmente pelo apoio.

Ao meu esposo Benner, pela ajuda em todas as etapas desse trabalho, por sua companhia, compreensão, dedicação, carinho e por seu amor. Muitíssimo obrigada por tudo.

À minha orientadora Inara Leal, pela orientação nesses três anos de graduação e mestrado, pelo apoio logístico e financeiro desse projeto e pelas tantas oportunidades cedidas.

À professora e amiga Luciana Iannuzzi, de quem gosto e admiro cada vez mais, pelos valiosos ensinamentos, por todo carinho, amizade, ajuda, conselhos e incentivos.

À professora Dra. Cleide Albuquerque, por ter me acolhido em seu laboratório e ter permitido que usasse sua lupa pra identificação das formigas.

Ao professor Dr. Marcelo Tabarelli, pela disponibilização de dados referentes à vegetação e paisagem de Serra Grande.

A Bruno Filgueiras, pela companhia e ajuda em campo.

Aos companheiros de alojamento, Elâine Ribeiro, José Domingos, Laura Leal, Manuel Vieira, Poliana Falcão e Juliana Braga.

Às minhas amigas queridas, Isabella Bandeira, Juliana Henriques e Louriane Oliveira, pelo carinho, compreensão da ausência e em especial pela grande amizade.

À turma do Mestrado em Biologia Animal de 2007, Alessandra, Arnaldo, Bruno, Daniela, Ebenézer, Éllyda, Eneida, Fabiana, Fátima Luciana, Flor, Glória, Janine, Paulo, Pedro, Roberta, Taciana, Tatiana Cibele, Tatiana Costa, Tatiana Nunes e Tereza Manuela, pelos ótimos momentos de aprendizado e diversão.

À Tereza Manuela, uma verdadeira amiga que ganhei durante o curso, pela companhia nos momentos de identificação.

A Carolina Liberal, por sua amizade e indispensável ajuda nas análises estatísticas.

Aos integrantes dos Laboratórios de Taxonomia e Ecologia de Insetos e de Invertebrados Terrestres, principalmente a Bruno Filgueiras, Carolina Liberal, Eloína Santos e Juliana Correia, pela amizade, carinho, brincadeira e companhia.

A Aurenice, Cristina e Sr. Ramiro que estão sempre com um sorriso no rosto e dispostos a ajudar.

A toda comunidade de Coimbra, sempre disposta em ajudar no que precisássemos.

Ao IBAMA, pela autorização para a realização de coletas na Usina Serra Grande.

Ao CEPAN, Conservação Internacional do Brasil e Usina Serra Grande, pelo apoio logístico durante a realização do trabalho de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE TABELA.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
APRESENTAÇÃO.....	01
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
<i>Fragmentação florestal</i>	03
<i>Floresta Atlântica</i>	05
<i>Indicadores biológicos</i>	07
<i>Formigas com bioindicadoras</i>	09
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
MANUSCRITO (<i>Influência da comunidade de formigas (Hymenoptera; Formicidae)</i> <i>aos atributos dos fragmentos e da vegetação em uma paisagem da Floresta Atlântica</i> <i>Nordestina, Brasil</i>).....	18
ABSTRACT.....	21
RESUMO.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	30
AGRADECIMENTOS.....	35
REFERÊNCIAS.....	36
TABELAS.....	42
FIGURAS.....	54
ANEXO I.....	56

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae) notificadas nos 19 fragmentos da Floresta Atlântica Nordestina pertencentes à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, Brasil.....	42
Tabela 2. Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos das métricas dos fragmentos e dos atributos de assembléias de árvores sobre a riqueza de formigas de folhiço nos fragmentos da Floresta Atlântica Nordestina pertencente à Usina Serra Grande, município de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, Brasil. Valores em negrito implicam em efeito significativo ($p \leq 0.05$).....	51
Tabela 3. Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos da vegetação (densidade e riqueza de árvores e porcentagem de espécies tolerantes à sombra) sobre os grupos funcionais de formigas de folhiço amostradas nas áreas remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina pertencente à Usina Serra Grande, município de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, Brasil. Valores em negrito implicam em efeito significativo ($p \leq 0,05$).....	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa referente à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Lage, Alagoas, Nordeste, Brasil. Os pontos representam os fragmentos da paisagem que foram analisados nesse estudo.....	54

APRESENTAÇÃO

A destruição das florestas tropicais foi intensificada nas últimas décadas, e o resultado desse processo foi uma paisagem extremamente fragmentada, com a maioria dos remanescentes estando ainda sob intensa pressão antrópica (Morellato 2000). As conseqüências dessa ação, que formam um conjunto de efeitos deletérios à biodiversidade (Turner 1996), agem através de três principais mecanismos de mudanças das comunidades fragmentadas: a redução de área, o isolamento dos remanescentes e o efeito de borda (Carvalho e Vasconcelos 1999). Após a fragmentação, o ambiente é alterado em seu microclima, heterogeneidade ambiental, na abundância original de suas populações, que podem aumentar, diminuir ou extinguir-se localmente, influenciando a diversidade de espécies e a dinâmica da comunidade (Kapos 1989).

A fragmentação e outras perturbações antrópicas que são impostas aos sistemas naturais levam à desestruturação do conjunto das condições ideais para muitos organismos, que podem responder de diversas maneiras, desde indiferença até eliminação total (Brown 1991, Meffe & Carrol 1997). Um modo de detectar e monitorar os padrões de mudança na biota é utilizar espécies, ou grupo de espécies, que funcionam como bioindicadoras de degradação ambiental. Vários grupos de insetos têm sido utilizados para isso em função de sua alta diversidade e sensibilidade a mudanças do ambiente físico e biológico, entre os quais as formigas (Hymenoptera: Formicidae).

As formigas estão entre os organismos mais conspícuos do planeta, tanto numericamente quanto ecologicamente (Hölldobler & Wilson 1990). Por exemplo, embora as espécies de formigas constituam apenas 1,5% da fauna de insetos descrita, elas somam mais de 15% da biomassa total de animais de florestas tropicais, savanas e campos (Fittkau & Klinge 1973). E toda essa conspicuidade tem produzido uma série espetacular de

interações antagonísticas e mutualísticas entre formigas e outros organismos, desde a remoção de até 15% da vegetação nas áreas de forrageamento das colônias de formigas cortadeiras (Urbas et al. 2007) até o mutualismo com plantas que dependem desses organismos para a dispersão de seus diásporos (Leal et al. 2007). Como bioindicadores, as formigas são consideradas um dos grupos mais apropriados por apresentarem diversos atributos, como: marcada dominância na maioria dos ecossistemas terrestres, riqueza de espécies local e global altas, muitos táxons especializados, construção de ninhos perenes e estacionários que facilitam sua localização em inventários consecutivos, e, por fim, facilidade na amostragem e identificação dos espécimes (ver revisão em Freitas et al. 2006).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se as formigas respondem ao processo de fragmentação da Floresta Atlântica Nordestina. Mais especificamente, nós descrevemos as espécies ocorrentes em 19 fragmentos florestais pertencentes à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Laje, AL, e relacionamos a riqueza de formigas com os atributos dos fragmentos (tamanho do fragmento, distância do seu núcleo até a borda mais próxima), da paisagem (porcentagem de cobertura vegetal no entorno do fragmento) e da vegetação (densidade, riqueza de árvores e porcentagem de espécies tolerantes à sombra).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fragmentação florestal

A expansão do uso da terra, que acompanha o crescimento da população humana, resulta na fragmentação dos habitats naturais com a formação de fragmentos florestais de diferentes tamanhos e formas (Murcia 1995, Tuner 1996), inseridos em matrizes não florestais (Tabarelli *et al.* 2004). Essas alterações, podem, segundo Bierragaard *et al.* (2001), resultar na alteração das interações entre espécies, extinções locais, colapso da biomassa e invasão de espécies exóticas, reduzindo a biodiversidade local em função, principalmente, do efeito de redução de área, efeito de isolamento e o efeito de borda (Carvalho & Vasconcelos 1999, Laurance 2004, Tabarelli *et al.* 2004, Ewers e Didham 2006).

O efeito de área e o efeito do isolamento podem ser melhor entendidos através da teoria da biogeografia de ilhas desenvolvida para explicar a diferença no número de espécies presentes em ilhas oceânicas (Mac Arthur & Wilson 1963). Assim, os fragmentos são considerados ilhas de florestas em uma matriz não florestada, que pode ser composta por culturas vegetais, pastos para animais, cidades e estradas (Primack & Rodrigues 2002). Segundo esta teoria, uma ilha pequena teria menos espécies que uma ilha grande porque suas populações seriam menores e, assim, com maior chance de extinção. Paralelamente, uma ilha remota teria menos espécies que uma ilha próxima ao continente devido a dificuldade de colonização (Mac Arthur & Wilson 1963). Aplicando essa idéia para paisagens fragmentadas, os fragmentos menores e mais isolados (*i.e.*, mais distantes das áreas doadoras) possuiriam menos espécies que fragmentos maiores e menos isolados devido às dificuldades na colonização dos fragmentos aos pequenos tamanhos das populações (Bierregaard *et al.* 2001). Contudo, a quantidade maior de espécies em áreas

maiores não pode ser explicada apenas pelo tamanho das populações, mas também pela heterogeneidade ambiental que propicia um maior número de nichos ecológicos e, assim, menor competição e mais co-ocorrência das espécies (Begon *et al.* 1996).

O tamanho e o isolamento dos fragmentos, por exemplo, influenciam diretamente a diversidade e complexidade de uma área (Turner 1996), e são na maioria das vezes associados à fragmentação, mas, na verdade, são conseqüências da perda de habitat (Fahrig 2003). Contudo, a fragmentação florestal, em qualquer escala, implica em perda de área florestada, sendo a separação destes dois conceitos um ato puramente teórico. Assim, a interação entre a floresta e a matriz não florestada resulta no efeito de borda (Bierregaard *et al.* 1992, Murcia 1995), que tem uma extensão bastante variável, dependendo do organismo em questão (Laurence 2000), e é uma conseqüência inevitável da fragmentação de habitats (Fahrig 2003). As transformações físicas causadas pela criação da borda constituem o efeito modificador da estrutura e dinâmica da comunidade biológica (Bierregaard *et al.* 2001).

Devido à criação da borda, podemos perceber, sobretudo, mudanças no microclima da floresta, como aumento da temperatura e da velocidade do vento, ocasionando maior turbulência e diminuição da umidade relativa (Bierregaard *et al.* 2001, Primack e Rodrigues 2002, Scariot *et al.* 2003). Essas condições, por sua vez, favorecem a mortalidade de árvores ou a queda de folhas e ramos por quebra do tronco ou desenraizamento na borda dos fragmentos, resultando num aumento temporário da produção de serrapilheira (Murcia 1995, Laurence *et al.* 2002, Fahrig 2003). No entanto, essa mortalidade não é aleatória; mais árvores emergentes e tolerantes à sombra são atingidas (Oliveira *et al.* 2004, Santos *et al.* 2008), as quais têm seu recrutamento reduzido em conseqüência de alterações na chuva de sementes e dessecação de habitats (Bruna 1999; Melo *et al.* 2006, 2007). Outra conseqüência induzida pelas perturbações em bordas é o aumento na mortalidade de plantas

jovens como resultado da competição com lianas, plantas trepadeiras e ruderais (Scariot 2001). Agindo de forma combinada, esses processos resultam na extinção local e regional de espécies de árvores (Tabarelli *et al.* 2004) e no estabelecimento de assembléias empobrecidas nas bordas e nos pequenos fragmentos florestais (Benítez-Malvido & Martínez-Ramos 2003, Oliveira *et al.* 2004, Santos *et al.* 2008).

Muitos estudos têm testado o efeito do processo de fragmentação sobre a riqueza de espécies vegetais e animais (e.g., Malcolm 1997, Restrepo & Gómez 1998, Chiarello 1999, Dale *et al.* 2000, Silva & Tabarelli 2000, Bierregaard *et al.* 2001, Laurance 2004, Tabarelli *et al.* 2004). Geralmente, o desaparecimento de espécies se enquadra num processo em que, logo após a diminuição do habitat original, as espécies especializadas são perdidas, seja porque requerem áreas muito grandes ou porque ocorrem em baixa densidade (Chiarello 1999, Terborgh *et al.* 2001, Tabarelli *et al.* 2004).

Floresta Atlântica

A floresta tropical pluvial é um bioma fortemente higrófilo e essencialmente equatorial, encontrado em todos os continentes entre a linha do equador e o trópico de capricórnio (Turner 2001). Caracterizam-se por climas quentes, úmidos e com alta taxa de pluviosidade. Esta floresta possui um dossel de cerca de 25 m, com copa sempre verde, caules grossos e lenhosos, com abundância de herbáceas e epífitas. A temperatura gira em torno de 27°C e chove pelo menos 2000 mm por ano (Turner 2001).

A Floresta Atlântica é um dos representantes brasileiros do bioma floresta tropical pluvial. Originalmente, possuía uma área superior a 1.360.000 km², ocupando cerca de 15% do território nacional (Fundação SOS Mata Atlântica 2003). Atualmente, esta paisagem é caracterizada por um mosaico de vegetação restrita a aproximadamente 6% da sua extensão

original (Galindo-Leal e Camara 2003). Essa situação é, sem dúvida, resultante dos impactos causados pelos ciclos de exploração econômica desordenada desde o início da colonização europeia no século XVI e da alta densidade demográfica em sua área de abrangência (Fundação SOS Mata Atlântica 2003).

Segundo Myers *et al.* (2000), a Floresta Atlântica Brasileira está entre os 25 *hotspots* mundiais – área com grandes concentrações de espécies endêmicas e sofrendo uma excepcional perda de habitat - figurando entre os cinco mais ameaçados. Estima-se que esta floresta abrigue pelo menos 8.567 espécies endêmicas, entre 21.361 espécies de plantas vasculares, aves, mamíferos, anfíbios e répteis (Myers *et al.* 2000). As espécies endêmicas presentes nesse ecossistema não estão distribuídas de forma aleatória e, sim, ocorrem em porções particulares da Floresta Atlântica. Assim, as espécies estão distribuídas, preferencialmente, em, pelo menos, seis centros de endemismos, entre os quais o Centro de Endemismo Pernambuco (CEP) (*sensu* Silva & Casteleti 2003). O CEP compreende um bloco de florestas úmidas e semidecíduas situadas ao norte do rio São Francisco, ou seja, entre os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte. Estima-se que essa floresta cobria uma área de aproximadamente 76.938 km² distribuída principalmente sobre as terras baixas da Formação Barreiras e os contra-fortes do Planalto da Borborema até 100 m de altitude, formando uma península florestal que representa o limite setentrional da Floresta Atlântica (Tabarelli *et al.* 2006). Comparado com outros setores da floresta Atlântica, o CEP é o mais desmatado, o mais desconhecido e o menos protegido (COIMBRA-FILHO & CÂMARA, 1996; SILVA & TABARELLI 2000). Atualmente, resta cerca de 12% da área de ocupação original (Ribeiro *et al.* 2009), estando representada por arquipélagos de fragmentos florestais, sendo a maioria deles menores que 10 ha e imersos em matrizes urbanas e agrícolas. Mesmo com essa constante degradação, o CEP comporta cerca de 8% da flora de

plantas vasculares e mais de 2/3 de todas as espécies e subespécies de aves que ocorrem em toda Floresta Atlântica (Porto *et al.* 2005). O problema é que várias espécies endêmicas desta região estão na iminência da extinção global devido ao processo de fragmentação (Brooks & Rylands 2003). Além da perda e da fragmentação de habitats, as unidades de conservação na Floresta Atlântica Nordestina são poucas, pequenas e não estão devidamente implantadas (Uchôa Neto 2002). Essas características fazem do CEP uma das regiões do planeta onde os esforços de conservação são mais urgentes (Paglia *et al.* 2004). Identificar áreas ou paisagens relevantes para conservação da diversidade biológica desta floresta permanece uma tarefa importante, principalmente como forma de orientar políticas de conservação e a criação de novas unidades de conservação.

Indicadores biológicos

Estudos de conservação têm enfatizado principalmente o papel de vertebrados, especialmente aves e mamíferos, na dinâmica das comunidades. Recentemente, entretanto, a fauna de invertebrados tem sido ressaltada como de fundamental importância para os processos que estruturam ecossistemas terrestres, especialmente nos trópicos (Leal 2003; Freitas *et al.* 2003, 2006). Como seria impossível conhecer toda a biodiversidade de um local, para só então medir os efeitos das alterações em um ambiente e avaliar o estado de conservação de um dado ecossistema, muitos estudos vêm adotando uma estratégia que envolve o monitoramento de informações sobre determinados grupos de organismos, os quais são empregados como indicadores de toda a comunidade (Halfpiter & Favila 1993, McGeoch 1998, Hernández 2003).

As espécies ou grupos taxonômicos utilizados para focar monitoramentos ambientais são denominados indicadores biológicos ou “bioindicadores” e são úteis para

informar sobre a qualidade e as alterações de um habitat, ou mesmo refletir o impacto de uma mudança ambiental em outros táxons (McGeoch 1998, McGeoch *et al.* 2002, Hernández 2003). Na sua revisão sobre o assunto, McGeoch (1998) define indicador biológico como uma espécie ou grupo de espécies que apresenta alguma das seguintes características: (1) indica o estado biótico ou abiótico de um ambiente (indicador ambiental); (2) representa o impacto da mudança ambiental em um habitat, comunidade ou ecossistema (indicador ecológico); (3) indica a diversidade de um subconjunto taxonômico ou de toda a diversidade dentro de uma área (indicador de biodiversidade).

Um bom indicador biológico deve possuir alguns parâmetros que permitam estabelecer relações entre as informações sobre sua diversidade e o que vem ocorrendo no ecossistema (Halfpter & Favila 1993, McGeoch 1998, Spector 2006). Dentre as características necessárias o bioindicador deve apresentar guildas bem definidas no tipo de ecossistema estudado; refletir mudanças que a comunidade venha a sofrer; sua coleta deve ser fácil e padronizável; os dados coletados devem fornecer informações ecológicas suficientes para a determinação da composição e estrutura da guilda; a taxonomia do grupo deve ser bem estabelecida e a coleta de indivíduos, ou outras atividades necessárias, não devem colocar o grupo em risco (Halfpter & Favila 1993, McGeoch 1998, Spector 2006). Além desses critérios, organismos com ciclo de vida curto, como os insetos, proporcionam respostas mais rápidas à avaliação de impacto ambiental e de efeitos de fragmentação florestal, pois, além de ser o grupo de animais mais numeroso do globo terrestre, com elevadas densidades populacionais, apresentam grande diversidade, em termos de espécies e de habitats, grande variedade de habilidades para dispersão, seleção de hospedeiros e de respostas à qualidade e quantidade de recursos disponíveis, além de sua dinâmica populacional ser altamente influenciada pela heterogeneidade dentro de um mesmo habitat.

Também são importantes pelo seu papel no funcionamento dos ecossistemas naturais, atuando como predadores, parasitos, fitófagos, saprófagos, polinizadores, entre outros (Rosemberg *et al.* 1986, Souza & Brown 1994, Schoereder 1997, Freitas *et al.* 2006).

Formigas como bioindicadores

Alguns estudos têm indicado as formigas como potenciais indicadores ecológicos de qualidade ambiental (Brown 1991, Agosti *et al.* 2000), e de biodiversidade (Osborn *et al.* 1999). Esses insetos apresentam uma série de características como: (1) diversidade alta e abundância em praticamente todos os ambientes terrestres, (2) são importantes ecologicamente porque interagem com outros organismos em todos os níveis tróficos, (3) possuem ninhos perenes e estacionários, assim como área de forrageamento restrita (alguns centímetros a poucas centenas de metros em raros casos), podendo então ser amostradas e monitoradas com segurança de que representam as unidades estudadas, (4) sua diversidade já foi correlacionada positivamente com a de outros táxons em uma mesma área, e (5) respondem rapidamente a mudanças ambientais por possuírem faixas estreitas de tolerância e por serem especialmente sensíveis a mudanças no clima e microclima (Hölldobler & Wilson 1990, Silva e Brandão 1999, Alonso 2000, Agosti *et al.* 2000, Silvestre e Silva 2001, Leal 2003, Bieber *et al.* 2006).

No Brasil, vários trabalhos foram realizados utilizando formigas como bioindicadoras. Os primeiros estudos avaliaram a restauração de áreas perturbadas pela extração de bauxita em Poços de Caldas, MG (Majer 1992) e em Trombetas, PA (Majer 1996). As formigas também foram utilizadas para determinar os efeitos da fragmentação e isolamento da Floresta Amazônica (Carvalho & Vasconcelos 1999, Vasconcelos 1999, Vasconcelos *et al.* 2001) e da Floresta Atlântica (Bieber *et al.* 2006), avaliar o impacto de

práticas silviculturais em reflorestamento de eucalipto, como bioindicadores do uso de ambientes agrários e naturais (Ramos *et al.* 2003), como identificadores de unidades da paisagem em áreas de Caatinga (Leal 2003), dentre outros.

O uso de formigas como bioindicadoras, assim como de qualquer outro organismo, requer um prévio conhecimento dos fatores ecológicos determinantes da estrutura e composição de suas comunidades (Andersen 1997). De acordo com esse autor, para facilitar os estudos, às cercas de 12 mil e 500 espécies que compõem a família Formicidae foram classificadas em grupos funcionais, os quais são identificados a partir de alterações em relação ao clima, solo, vegetação e distúrbios (Agosti *et al.* 2000). Tais grupos funcionais têm formado a base global de análises de composição das comunidades. Na Austrália e no Brasil, grupos funcionais de formigas, constituídos por espécies que respondem a padrões previsíveis quando expostas a diferentes condições ambientais, vêm sendo classificados somando as propriedades ecológicas básicas dos principais gêneros desses organismos (Read 1996, Delabie *et al.* 2000, Silvestre 2000).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agosti, D. & L.E. Alonso. 2000. The ALL Protocol, p.204-206 *In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversidade*. Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.
- Alonso, L.E. 2000. Ants as indicators of diversity, p.80-88. *In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.
- Andersen, A.N. 1997. Function groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparasion with Australia. *Journal of Biogeography* 24(3): 433-460.
- Bengon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1996. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell Science, 3rd edition, 1068p.
- Benítez-Malvido, J. & M. Martinez-Ramos. 2003. Impact of forest fragmentation on understory plant species richness in Amazonia. *Conservation Biology* 17:389-400.
- Bieber, A.G.D., O.P.G. Darrault, C. Ramos, K.K. Melo & I.R. Leal. 2006. Formigas, p.244-262. *In: K.L. Pôrto, M. Tabarelli & J. Almeida-Cortez (eds.), Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 363p.
- Bierregaard, R.O., T.E Lovejy, V. Kapos, A.A. Santos & W. Hutchings. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *Bioscience* 42: 859-866.
- Bierregaard, R.O., C. Gascon, T.E. Lovejy & R.C.G. Mesquita. 2001. *Lessons from Amazônia: The ecology and conservation of a fragmented Forest*. Yale University press. New Haven. London, 478p.
- Brooks, T. & A.B. Rylands. 2003. Species on the brink: critically endangered terrestrial vertebrates, p.360-371. *In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.), The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Center for applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, D.C. USA, 488p.

- Brown JR., K.S. 1991. Conservation of neotropical environments: Insects as Indicators, p.349-404. In: N.M. Collins & J.A. Thomas (eds.), *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press, London, 450p.
- Bruna, E.M. 1999. Biodiversity – Seed germination in rainforest fragments. *Nature* 402: 139.
- Carvalho, K.S. & H.L. Vasconcelos. 1999. Forest fragmentation in Central Amazônia and its effects on litter-dwelling ants. *Biological Conservation* 91: 151-157.
- Chiarello, A.G. 1999. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation* 89: 71-82.
- Coimbra-Filho, A.F. & I.G. Câmara. 1996. *Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica no Nordeste do Brasil*, Rio de Janeiro: F.B.C.N., 86p.
- Dale, S., K. Mork, R. Solvang & A.J. Plumptre. 2000. Edge effects on the understory bird community in logged forest in Uganda. *Conservation Biology* 14(1): 265-276.
- Delabie, J.H.C., D. Agosti & I.C. Nascimento. 2000. Litter and communities of the Brazilian atlantic rain forest region, p.1-15. In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: standart methods for ground living ants*. Washington: Smithsonian Institution, 280p.
- Ewers, R.M. & R.K. Didham. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81: 117–142.
- Fahrig, L. 2003. Effects of fragmentation on biodiversity. *Annual review of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
- Fittkau, E. J. & H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* 5: 2-14.
- Freitas, A.V.L., R.B. Francini & K.S. Brown Jr. 2003. Insetos como indicadores ambientais, p.125-151. In: L. Cullen Jr., C. Valladares-Pádua & R. Rudran (eds.), *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Editora da UFPR, Curitiba, Brasil, 652p.
- Freitas, A.V.L., I.R. Leal, M.U. Prado & L. Iannuzzi. 2006. Insetos como indicadores de

- conservação da paisagem, p.357-385. In: C.F. Rocha, H. Bergalo, M. Van Sluys & M.A. Alves (eds.), *Biologia da conservação: Essências*. São Carlos: Rima Editora, 582p.
- Fundação Sos Mata Atlântica. 2003. <http://www.sosmataatlantica.org.br>
- Galindo-Leal, C. & I.G. Câmara. 2003. *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, DC, 488p.
- Halfpeter, G. & M.E. Favila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International* 27: 15-21.
- Hernández, M.I.M. 2003. Riqueza de besouros escarabeídeos em duas áreas de floresta Atlântica no estado da Paraíba, p.300-302. In: *Anais de trabalhos completos do VI Congresso de Ecologia do Brasil Simpósio & Floresta Pluvial Tropical Atlântica*.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, 732p.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Laurence, W.F. 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 124-134.
- Laurance, W.F., T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Didham, P.C. Stouffer, C. Gascon, R.O. Bierregaard, S.G. Laurance & E. Sampaio. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16: 605-618.
- Laurance, S.G. 2004. Responses of understory rain forest birds to road edges in central Amazônia. *Ecological Applications* 14(5): 1344-1357.
- Leal, I.R. 2003. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da caatinga, p.435-462. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 802p.
- Leal, I.R., R. Wirth & M. Tabarelli. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. *Annals of Botany* 99: 885-894.

- Mac Arthur, R.H. & E.O. Wilson. 1963. A equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 373-387.
- Majer, J.D. 1992. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Poços de Caldas, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 8: 97-108.
- Majer, J.D. 1996. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 12: 257-273.
- Malcolm, J.R. 1997. Insect biomass in Amazonian forest fragments, p.512-533 *In*: N.E. Stork, J. Adis & R.K. Didham (eds.), *Canopy Arthropods*. Chapman & Hall, London, 584p.
- McGeoch, M.A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73: 181-201.
- McGeoch, M.A., B.J.V. Rensburg & A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 39: 661-672.
- Meffe, G.K. & C.R. Carrol. 1997. *Principles of Conservation Biology*. Sunderland, Mass. Sinauer Associates, 779p.
- Melo, F.P.L., R. Dirzo & M. Tabarelli. 2006. Biased seed rain in forest edges: evidence from the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation* 132: 50-60.
- Melo, F.P.L., D. Lemire & M. Tabarelli. 2007. Extirpation of large-seeded seedlings from the edge of a large Brazilian Atlantic forest fragment. *Ecoscience* 14: 124-129.
- Morellato, L.P.C. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32: 786-792.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- Oliveira, M.A., A.A. Grillo, & M. Tabarelli. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38: 389–394.
- Osborn, F., W. Goitia, M. Cabrera & K. Jaffe. 1999. Ants, plants and butterflies as diversity indicators: comparison between strata at six forest sites in Venezuela. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 34(1): 59-64.
- Paglia, A., A. Paese, L. Bedê, M. Fonseca, L.P. Pinto & R.B. Machado. 2004. Lacunas de conservação e áreas insubstituíveis para vertebrados ameaçados da Mata Atlântica, p.39-50. In: *Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de conservação*. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza & Rede Pró-Unidades de Conservação, Curitiba.
- Pôrto, K.L., J.A. Cortez & M. Tabarelli. 2005. *Diversidade biológica no Centro de Endemismo Pernambuco: sítios prioritários para a conservação*. Coleção Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Primack, R.B. & E. Rodrigues. 2002. *Biologia da Conservação*. Editora Planta. Londrina, 328p.
- Ramos, L.S., C.G.S. Marinho, R. Zanetti, J.H.C. Delabie & M.N. Schlindwein. 2003. Impacto de iscas formicidas granuladas sobre a mimercofauna não-alvo em eucaliptais segundo duas formas de aplicação. *Neotropical Entomology* 32: 231-237.
- Read, J.J. 1996. Use of ants to monitor environmental impacts of salt spray from a mine in arid Australia. *Biodiversity and Conservation* 5: 1533-1543.
- Restrepo, C. & N. Gómez. 1998. Responses of understory birds to anthropogenic edges in a neotropical montane forest. *Ecological Applications* 8(1): 170-183.
- Ribeiro, M.C., J.P. Metzger, A.C. Martensen, F.J. Ponzoni & M.M. Hirota. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* doi:10.1016/j.biocon.2009.02.021 (Artigo no prelo).
- Rosenberg, D.M., H.V. Danks & D.M. Lehmkuhl. 1986. Importance of insects in environmental impact assessment. *Environmental Management* 10(6): 773-783.

- Santos, B.A., C.A. Peres, M.A. Oliveira, A. Grillo, C.P. Alves-Costa & M. Tabarelli. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biological Conservation*. 141: 249-260.
- Scariot, A. 2001. Effects of landscape fragmentation on palm communities, p.121-135. In: R.O. Bierregaard Jr., C. Gascon, T.E. Lovejoy & R. Mesquita (eds.), *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press, New Haven, EUA, 496p.
- Scariot, A., S.R. Freitas, E.M. Neto, M.T. Nascimento, L.C. Oliveira, T. Sanaiotto, A.C. Sevilha & D.M. Villela. 2003. Vegetação e flora. In: *Fragmentação de ecossistemas. Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. (Ministério do Meio Ambiente. Secretaria da biodiversidade e florestas). Denise Marçal Rambaldi e Daniela América Suárez de Oliveira (Orgs.). Brasília, DF, 510p.
- Schoereder, J.H. 1997. Comunidades de formigas: bioindicadores do estresse ambiental em sistemas naturais, p.233. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Entomologia, Salvador*.
- Silva, J.M.C. & C.H.M. Casteleti. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil, p.43-59. In: C. Galindo-Leal & I.G. Câmara (eds.), *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. Center for applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, 88p.
- Silva, J.M.C. & M. Tabarelli. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature* 404: 72-73.
- Silva, R.R. & C.R.F. Brandão. 1999. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas* 12: 55-73.
- Silvestre, R. 2000. *Estrutura de comunidades de formigas do cerrado*. Ribeirão Preto. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 216p.

- Silvestre, R. & R.R. Silva. 2001. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. *Biotemas* 14(1): 37-69.
- Souza, O.F., V.K. Brown. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology* 10: 197-206.
- Spector, S. 2006. Scabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin* 5: 71-83.
- Tabarelli, M., J.M.C. Silva & C. Gascon. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419–1425.
- Tabarelli, M., J.A.S. Filho & E.A.M. Santos. 2006. Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco, p.41-48 In: Pôrto, K.L., J.A. Cortez & M. Tabarelli. (orgs.), *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. MMA, Brasília, 363p.
- Terborgh, J., et al. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294: 1923-1925.
- Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-209.
- Turner, I.M. 2001. *The ecology of tree in the tropical rain forest*. United Kingttom at the University press, Cambridge, 298p.
- Uchôa Neto, C.A.M. 2002. *Integridade, grau de implementação e viabilidade das unidades de conservação de proteção integral na floresta Atlântica de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Urbas, P., M. Araújo-Júnior, I.R. Leal & R. Wirth. 2007. Cutting more from cut forests - edge effects on foraging and herbivory of leaf-cutting ants. *Biotropica* 39: 489-495.
- Vasconcelos, H.L. 1999. Effects of forest disturbance on the structure of ground foraging ant communities in central Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 8: 409-420.
- Vasconcelos, H.L., K.S. Carvalho & J.H.C. Delabie. 2001. Landscape modifications and ant communities, p.189-207. In: R.O. Bierregaard Junior, C. Gascon & T.E. Lovejoy

(eds.), *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*.
New Haven: Yale University Press, 478p.

Manuscrito a ser enviado a revista Neotropical Entomology

Inara Roberta Leal

Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes
Rego s/n, Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil
irleal@ufpe.br

**Influência da Comunidade de Formigas (Hymenoptera; Formicidae) aos Atributos
dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordestina,
Brasil**

JULIANA P. GOMES¹, LUCIANA IANNUZZI² & INARA R. LEAL³

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil.
julipessoa_22@yahoo.com.br

²Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, s/ no., Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil.
iannuzzi@ufpe.br

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil.
irleal@ufpe.br

**Influência da Comunidade de Formigas (Hymenoptera; Formicidae) aos Atributos
dos Fragmentos e da Vegetação em uma Paisagem da Floresta Atlântica Nordeste,
Brasil**

Influence of the ant community (Hymenoptera; Formicidae) to the fragments attributes and vegetation in a Northeastern Atlantic Rain Forest area, Brazil

ABSTRACT – The main objective of this study was to sample and relate the ant community to the fragments attributes and vegetation in a Northeastern Atlantic Forest area. The surveys were held in 19 fragments belonging to the Serra Grande sugarcane Plant located in the Ibataguara and São José da Laje municipalities – AL, which occurred from October 2007 and March 2008 during the dry season. Samples were collected through a 300 m transect established in the center of each fragment, in which every 10 m a 1 m² of foliage was collected, totalizing 30 m². A total of 146 of ant species were collected, which belonged to 42 genera, 24 tribes and 9 subfamilies. The attributes of the fragments and landscape did not influence the ant species richness. On the other hand, the characteristics of vegetation explained ca. 23% of the total ant richness. In relation to functional groups, both the density as the wealth of trees explained the richness of mirmecíneos general (the whole model up to explain ca. 42% of the variation in this group) and the percentage of trees shade tolerant explained the richness of ants predatory specialists (30% for the whole model). These results indicate that the ant fauna is more influenced by the degree of the conservation of vegetation than by the size of the fragments or the quantity of the surrounding vegetation in the remnant areas.

KEY WORDS: border effect, Forest fragmentation, leaf-litter, species richness

RESUMO

O objetivo deste estudo foi amostrar e relacionar a riqueza de formigas com os atributos dos fragmentos e da vegetação em uma paisagem fragmentada da Floresta Atlântica Nordestina. As coletas foram realizadas em 19 fragmentos pertencentes à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Iateguara e São José da Laje - AL, entre outubro/2007 e março/2008, durante a estação seca. As coletas foram realizadas através de um transecto de 300 m estabelecido no centro de cada fragmento, onde a cada 10 m era recolhido 1 m² de folhiço, totalizando 30 m². No total foram coletadas 146 espécies de formigas, pertencentes a 42 gêneros, 24 tribos e nove subfamílias. Atributos dos fragmentos e da paisagem não influenciaram a riqueza de espécies de formigas. Por outro lado, as características da vegetação explicaram ca. 23% da riqueza total de formigas, apesar da única variável significativa ter sido a densidade de árvores. Em relação aos grupos funcionais, tanto a densidade quanto a riqueza de árvores explicaram a riqueza de mirmecíneos generalistas (todo o modelo chegando a explicar ca. 42% da variação deste grupo) e a porcentagem de espécies de árvores tolerantes à sombra explicou a riqueza de formigas predadoras especialistas (30% para todo o modelo). Os resultados indicam que a fauna de formigas é mais influenciada pelo grau de conservação da vegetação que pelo tamanho dos fragmentos ou pela quantidade de vegetação ao redor das áreas remanescentes.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito de borda, fragmentação florestal, serrapilheira, riqueza de espécies.

Fragmentos florestais são áreas de vegetação natural interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais (Laurance 2008), sendo o resultado desse processo, a completa imersão dos fragmentos em matrizes não florestais (Tabarelli *et al.* 2004), que podem ser composta por culturas vegetais, pastos para animais, cidades e estradas (Primack & Rodrigues 2002). Esse processo tem sido bastante acelerado nas florestas tropicais e representa a ameaça mais séria à biodiversidade desse ecossistema (Laurence *et al.* 2002, Ewers & Didham 2006). As conseqüências primárias dessa fragmentação de habitat são: redução de áreas florestadas, aumento do grau de isolamento das manchas criadas, efeito da matriz não florestada sobre os remanescentes de floresta e uma maior exposição do fragmento a áreas de bordas florestais (Jules & Shahani 2003).

O tamanho e o isolamento dos fragmentos, por exemplo, influenciam diretamente a diversidade e complexidade de uma área (Fahrig 2003, Laurance 2008), e são na maioria das vezes associados à fragmentação, mas, na verdade, são conseqüências da perda de habitat (Fahrig 2003). A interação entre a floresta e a matriz não florestada resulta no efeito de borda (Murcia 1995), que tem uma extensão bastante variável, dependendo do organismo em questão (Laurence 2000), e é conseqüência inevitável da fragmentação de habitats (Fahrig 2003). De modo sintético, existem três tipos de efeitos de borda: (1) os efeitos abióticos, que envolvem mudanças em algumas variáveis físicas do ambiente como temperatura, umidade e luz são modificadas (Murcia 1995); (2) efeito biológico direto, que consiste em alterações nos padrões de distribuição e abundância de espécies causadas por alterações das condições físicas próximas da borda, como a proliferação de plantas pioneiras em detrimento de espécies tolerantes à sombra (e.g., Oliveira *et al.* 2004, Nascimento *et al.* 2006); e (3) efeito biológico indireto, que modifica os padrões de interações entre espécies com a proximidade da borda, tais como polinização (e.g., Girão *et*

al. 2007), dispersão de sementes (Silva *et al.* 2007), herbivoria (e.g., Wirth *et al.* 2008), parasitismo (Almeida *et al.* 2008) e predação (Rao 2001).

Essa alta taxa de fragmentação de habitats tem exigido uma urgência na condução de inventários de biodiversidade, tanto para seleção de áreas para criação de unidades de conservação, quanto para o monitoramento da regeneração de áreas já bastante degradadas. Uma abordagem utilizada recentemente é focar os levantamentos em certos grupos taxonômicos, referidos como indicadores biológicos ou bioindicadores (McGeoch 1998). Sendo assim, os bioindicadores são espécies ou grupos de espécies que funcionam como representantes dos outros membros do sistema e dos processos ecológicos que os envolvem (Feinsinger 2001).

Um grupo que vem sendo utilizado como bioindicador desde a década de 1980 são as formigas (Hymenoptera, Formicidae). Várias características fazem das formigas organismos ideais para inventários rápidos e programas de monitoramento. Em primeiro lugar, são abundantes e diversos em praticamente todos os ambientes terrestres. Segundo, as formigas são importantes ecologicamente porque interagem com outros organismos em todos os níveis tróficos. Além disso, a maioria das espécies de formigas possui ninho perene e estacionário, assim como área de forrageamento restrita (alguns centímetros a poucas centenas de metros em raros casos). Desse modo, ao contrário de outros organismos que se movem constantemente entre habitats à procura de alimento, locais para acasalamento e/ou para nidificação, as formigas são uma presença mais constante em um local, podendo então ser amostradas e monitoradas com segurança de que representam as unidades estudadas (Alonso 2000). Por fim, as formigas também podem ser bons indicadores de diversidade, uma vez que a sua riqueza varia com a de outros taxa, incluindo plantas (Majer *et al.* 1983, Abensperg-Traun *et al.* 1996) e vários invertebrados tais como

colêmbolas, cupins (Majer *et al.* 1983), borboletas, besouros (Lawton *et al.* 1998) e escorpiões (Abensperg-Traun *et al.* 1996). Em um recente estudo nas caatingas do vale do Rio São Francisco, Leal (2003) constatou que a riqueza pode ser indicadora da unidade de paisagem, além de ser positivamente relacionada com a riqueza de plantas lenhosas, besouros e aranhas.

Levando em consideração todos os aspectos discutidos acima, este estudo tem como objetivo descrever as espécies e os grupos funcionais de formigas presentes em uma paisagem da Floresta Atlântica Nordestina, relacionando a riqueza amostrada com atributos dos fragmentos, da paisagem e da vegetação arbórea. Mais especificamente, nós verificamos se a riqueza total dos formicídeos e a riqueza de grupos funcionais são influenciadas positivamente pelo tamanho do fragmento, distância do seu núcleo para a borda mais próxima, porcentagem de cobertura florestal no seu entorno, densidade e riqueza de árvores e porcentagem de espécies tolerantes à sombra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O projeto foi realizado em áreas de Floresta Atlântica pertencentes à Usina Serra Grande (9°00'00"S e 38°52'00"O), localizada nos municípios de Ibataguara e São José da Laje, zona da mata norte do estado de Alagoas. A Usina possui cerca de 9.000 ha de floresta inseridos numa matriz de cana-de-açúcar, sendo apontada como uma região biogeográfica única de Floresta Atlântica, o Centro de Endemismo Pernambuco (Santos *et al.* 2008). Além disso, esta área abriga grande parte da Floresta Atlântica Nordestina remanescente, incluindo um dos maiores fragmentos da região – a Mata de Coimbra (3.500 ha). Os solos da região são do tipo latossolos e podzolos, de acordo com o sistema

brasileiro de classificação de solos (IBGE 1985). O clima é tropical quente e úmido, com temperaturas que variam entre 16 e 40°C, com média anual de 26°C e precipitação média anual de aproximadamente 2000 mm, com três meses de estação seca (<60 mm/mês) a partir de novembro a janeiro (Santos *et al.* 2008). A vegetação pode ser classificada como Floresta Ombrófila Aberta Baixo-Montana, com árvores emergentes de até 35 m de altura e dossel aberto com presença de muitas palmeiras (Veloso *et al.* 1991).

Atributos dos fragmentos e da paisagem

Para caracterizar a situação da paisagem estudada, os dados dos fragmentos foram obtidos a partir de 160 fotografias aéreas (1:8000) fornecidas pelo Dr. Marcelo Tabarelli do Departamento de Botânica da UFPE e pela Conservation International-Brasil. A partir dessas imagens foram calculados os atributos dos fragmentos (1) a área total de cada fragmento (ha) e (2) a distância do núcleo do fragmento para a borda mais próxima (m), e da paisagem (3) proporção de cobertura florestal em um raio de 1 km ao redor dos fragmentos (%). Todas essas variáveis foram calculadas para 19 fragmentos da Usina Serra Grande, os quais variaram em tamanho de 10,17 a 3.500 ha.

Caracterização da assembléia de árvores

Para caracterizar a estrutura da vegetação no interior dos fragmentos, foram utilizados alguns parâmetros, como: (1) densidade (por hectare) e (2) riqueza de espécies de árvores com diâmetro na altura do peito (DAP) >10 cm, as quais foram classificadas quanto (3) ao nicho de regeneração em espécies tolerantes e intolerantes à sombra. Esses dados foram obtidos entre 2002 e 2006 através de parcelas permanentes de 0.1 ha (10 x 100 m) estabelecidas na área nuclear de 50 fragmentos da paisagem de Serra Grande e foram

disponibilizados pelo Prof. Dr. Marcelo Tabarelli. Mais detalhes sobre essa categorização da assembléia de árvores são apresentados em Oliveira *et al.* (2004) e Santos *et al.* (2008).

Coleta das formigas

Os 19 fragmentos foram amostrados ao longo da estação seca de outubro de 2007 a março de 2008, no período diurno. As coletas de formigas seguiram o Protocolo ALL (*Ants from Leaf Litter*), um método padronizado e mais eficaz para coletas de formigas de folhiço, as mais susceptíveis a mudanças ambientais e freqüentemente utilizadas como indicadores de qualidade de habitat (Agosti *et al.* 2000). Além disso, uma uniformização no método de coleta é altamente recomendável porque favorece a comparação da diversidade desse grupo em diferentes ambientes do globo (Agosti *et al.* 2000).

Na área nuclear de cada fragmento foi demarcado um transecto de 300 m paralelo à borda, onde a cada 10 m era coletado 1 m² de folhiço, totalizando 30 m² por transecto. Os transectos foram sobrepostos na área das parcelas permanentes do grupo do Prof. Dr. Marcelo Tabarelli para que os atributos da vegetação fossem mais adequadamente comparados com os dados da fauna de formigas. O folhiço coletado foi recolhido em sacos plásticos e levado à base de pesquisa. Lá, cada saco foi esvaziado em um funil de Berlese, adaptado segundo Bieber *et al.* (2006), o qual consiste de um garrafão de água de 20 L com o gargalo voltado para baixo. A base do garrafão foi cortada para receber o folhiço, e no gargalo foi acoplado um frasco com álcool a 70%. Cada funil foi coberto com um voal (50 cm x 50 cm) e amarrado com elástico para evitar que as formigas fugissem. Em seguida os funis foram expostos ao sol para induzir as formigas a migrarem no sentido contrário à luz, em direção ao frasco com álcool, sendo assim mortas e fixadas. Os funis ficaram montados por 48 horas, e, após esse período, todo seu conteúdo era esvaziado sobre um lençol branco

e checado cuidadosamente à procura de formigas remanescentes. As formigas coletadas foram montadas, identificadas e estão depositadas no Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Insetos da UFPE. O material foi identificado em nível de gênero utilizando-se as chaves de Hölldobler & Wilson (1990) e Bolton (1994). Para a determinação específica, o material foi comparado aos exemplares da Coleção Entomológica da UFPE. As espécies foram enquadradas nos seguintes grupos funcionais, seguindo a classificação de Delabie *et al.* (2000) e Silvestre (2000): (1) predadoras especialistas (espécies que se alimentam de apenas um tipo de presa), (2) predadoras generalistas (se alimentam de vários tipos de presas), (3) cultivadoras de fungo (se alimentam de fungo), (4) espécies nômades (espécies com recrutamento do tipo legionário e extremamente agressivas), (5) Myrmicinae generalistas (espécies generalistas na escolha do item alimentar e com ampla tolerância às condições físicas do ambiente), (6) oportunistas (utilizam várias fontes de alimentos e de nidificação) e (7) arborícolas (espécies que nidificam e forrageiam em plantas).

Análise dos dados

Modelos Lineares Generalizados (GLMs) foram utilizados para detectar efeitos das variáveis independentes (atributos dos fragmentos, da paisagem e das assembléias de árvores) sobre a variável dependente (riqueza de espécies). Foi construído um modelo de distribuição de erro Poisson com uma função de ligação log, visando aumentar a normalidade dos dados e estabilizar a variância, as variáveis explicativas referentes aos atributos dos fragmentos foram transformadas. Uma vez dispostos os modelos através dos GLM, as variáveis explicativas foram reunidas e ponderadas em termos de efeito sobre as comunidades de formigas. Em seguida, para melhor entender como a assembléia de árvores influencia a fauna de formigas, o GLM foi efetuado para testar a hipótese de que a

densidade e riqueza de árvores, bem como, a porcentagem de árvores tolerantes a sombra, influenciam a riqueza dos diferentes grupos funcionais de formigas. Todas as variáveis explicativas referentes aos atributos de assembléias de árvores apresentaram distribuição normal (teste Lilliefors, Sokal e Rohlf 1995). O GLM foi realizado com o auxílio do programa JMP 8.0 (SAS Institute Inc.; North Carolina, USA).

RESULTADOS

Caracterização da fauna de formigas

A fauna de formigas de serapilheira amostrada nos 19 fragmentos soma 146 morfoespécies de formigas, pertencentes a 42 gêneros, 24 tribos e nove subfamílias. Dentre as subfamílias amostradas, Myrmicinae foi a que apresentou o maior número de espécies (80), sendo seguida por Ponerinae (28), Formicinae (14), Ectatomminae (10), Dolichoderinae (seis), Pseudomyrmicinae (três), Amblyponinae e Ecitoninae (ambas com duas espécies) e Proceratiinae (uma). Os resultados das coletas para cada fragmento e para a área total estudada estão representados na tabela 1.

Em relação aos gêneros de formigas, *Pheidole* com 24 espécies (16,43% do total) foi o mais rico nos fragmentos estudados, seguido por *Pachycondyla* com 10 espécies (8,22%), *Solenopsis* e *Hypoponera* com 9 espécies cada (6,16%) e *Crematogaster* com 7 espécies (4,8%). Estes cinco gêneros juntos representaram 42% de todos os gêneros registrados e suas proporções em relação à fauna local. As espécies mais comuns nos fragmentos, seguidas do número de vezes em que foram registradas nas 570 amostras de 1 m² de serapilheira coletadas foram *Solenopsis* sp. 3 (388), *Solenopsis* sp.2 (276), *Wasmannia* sp.2 (243), *Hypoponera* sp.1 (208), *Pheidole* sp.1 (186) e *Paratrechyna* sp.3 (172), todos com mais de 30% de frequência nas amostras. A amplitude de ocorrência de

cada espécie variou ao longo dos fragmentos, sendo que 47 espécies (32,2% das espécies encontradas) foram coletadas em apenas um ou dois dos 19 fragmentos amostrados (Tabela 1). Quanto à composição dos grupos funcionais, os grupos ecológicos de formigas mais freqüentes foram as Myrmicinae generalistas, predadoras generalistas e cultivadoras de fungo (Tabela 1).

Atributos dos fragmentos, da paisagem e da assembléia de árvores vs. riqueza de formigas e grupos funcionais

O GLM não detectou efeito dos atributos dos fragmentos (i.e., área, distância do núcleo para a borda mais próxima) e da paisagem (i.e., porcentagem de vegetação ao redor dos fragmentos), sobre a riqueza de espécies de formigas (Tabela 2). Por outro lado, vários atributos da vegetação explicaram a riqueza de formigas (Tabelas 2 e 3). Primeiramente, a densidade de árvores influenciou positivamente a riqueza de formigas como um todo (Tabela 2). Além disso, quando analisando a fauna por grupos funcionais, o GLM detectou efeito das espécies de árvores tolerantes à sombra sobre a riqueza de predadoras especialistas (que levando em conta todo o modelo explicou 30% da variação na riqueza do grupo), e da densidade e riqueza de espécies de árvores sobre a riqueza de mirmeceíneos generalistas (todo o modelo explicando ca. 42% da variação deste grupo).

DISCUSSÃO

A representatividade das subfamílias de Formicidae neste estudo está de acordo com os resultados de Bieber *et al.* (2006) para o Estado de Alagoas, Leal (2002) para todo o Estado de Pernambuco e por outros pesquisadores em relação à fauna de outras regiões brasileiras (e.g., Leal *et al.* 1993 para áreas de Floresta Atlântica do Sul e Sudeste do Brasil,

respectivamente, Vasconcelos *et al.* 2000 para a Floresta Amazônica, Corrêa *et al.* 2006 para o Pantanal). Isto reflete a diversidade geral dos diferentes grupos de formigas (Hölldobler & Wilson 1990, Bolton 1994), mostrando que as amostras foram bem representativas. A predominância da subfamília Myrmicinae pode ser atribuída à dieta onívora que proporciona hábitos generalistas e à alta capacidade adaptativa do grupo aos mais diversos nichos ecológicos na região Neotropical (Fowler *et al.* 1991, Hölldobler & Wilson 1990). Já as Ponerinae, que compõem o segundo grupo mais rico, são predominantemente predadoras (Hölldobler & Wilson 1990). É típico do estrato da serapilheira um maior número de registros para Myrmicinae e Ponerinae do que para Formicinae, Ectatomminae, Dolichoderinae, Pseudomyrmecinae, Amblyoponinae, Ecitoninae e Proceratiinae (Macedo 2004) corroborando os resultados obtidos neste estudo.

Por outro lado, os quatro gêneros mais ricos nesse estudo, *Pheidole*, *Pachycondyla*, *Solenopsis*, *Hypoponera* e *Crematogaster*, são os mesmos apresentados pela grande maioria dos estudos de comunidades mirmecológicas em florestas tropicais (Ward 2000, Silva 2007). Segundo Ward (2000), a hiperdiversidade de *Pheidole* na serapilheira é típica da região neotropical e deve estar associada a uma combinação vantajosa do tamanho relativamente pequeno dos indivíduos, dos curtos períodos reprodutivos e do emprego de mecanismos de defesa química (soldados e operárias) e física (soldados), aliados aos grandes efetivos das colônias (Wilson 2003). Quanto ao gênero *Pachycondyla*, apesar de ter apresentado alta riqueza, sua frequência não foi muito expressiva. Este gênero abriga uma grande diversidade morfológica e comportamental, com cerca de 200 espécies descritas, com distribuição mundial (Wild 2002). Já os outros três gêneros, *Solenopsis*, *Hypoponera* e *Crematogaster*, são sempre muito comuns e diversos (possuem mais de 100 espécies) em amostras de serapilheira de florestas neotropicals (Ward 2000).

Este estudo não evidenciou efeito dos atributos dos fragmentos e da paisagem sobre a riqueza de espécies de formigas da Floresta Atlântica Nordestina, ao contrário do que vem sendo comumente verificado em estudos na Floresta Atlântica para grupos taxonômicos como plantas (Tabarelli *et al.* 2004, Santos *et al.* 2008), vertebrados (Pontes 2006, Roda 2006) e mesmo formigas (Bieber *et al.* 2006). Estudando três paisagens da Floresta Atlântica Nordestina, Bieber *et al.* (2006) verificaram que quanto menor o fragmento, menor a riqueza de formigas. Além disso, como as paisagens eram muito diferentes, incluindo áreas de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta Baixo-Montana e Floresta Ombrófila Montana, estes autores também verificaram influencia da altitude, do tipo de solo e da geomorfologia na riqueza de formigas, as quais, coincidentemente, freqüentemente estavam relacionadas com a área dos fragmentos (Bieber *et al.* 2006). Como nosso estudo foi concentrado em fragmentos de uma mesma paisagem, com atributos de relevo, solo e vegetação bem mais similares que o trabalho acima mencionado, a variação na riqueza de formigas foi bem menor. Assim, é razoável esperar maior dificuldade na determinação de variáveis que expliquem a riqueza observada.

Semelhante aos resultados do presente estudo, Santos *et al.* (2006) não encontraram correlação positiva entre a riqueza de espécies de formigas e o tamanho dos fragmentos em áreas de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil. Resultados semelhantes também foram relatados para a Amazônia, como o de Zimmerman & Bierregaard (1986), que estudaram a relevância da biogeografia de ilhas para predizer o número de espécies de anfíbios em fragmentos na Amazônia, e o de Vasconcelos *et al.* (2001), sobre as respostas de formigas à fragmentação florestal na Amazônia. Gascon *et al.* (1999) também observaram que as formigas respondiam à fragmentação diferentemente dos grupos de vertebrados (sapos, aves e pequenos mamíferos). Estes invertebrados foram os únicos a apresentar espécies que

persistiam em pequenos fragmentos, mesmo quando não toleravam o ambiente de borda ou matriz. Diferentemente das espécies que habitam as áreas nucleares dos fragmentos, as espécies de borda são beneficiadas pela complexidade dos fragmentos, aumentando suas populações concomitantemente com ao aumento do efeito de borda (Ewers & Didham 2007).

Em geral, essas áreas tendem a apresentar, com o tempo, um declínio na riqueza, resultante da exclusão competitiva ou do resultado de distúrbios muito freqüentes (Begon *et al.* 2006). Essa dinâmica poderia explicar a diferença do resultado encontrado para estudos que demonstraram diminuição da riqueza de formigas em áreas alteradas (Leal *et al.* 1993, Bieber *et al.* 2006). Isso é possível pelo fato da maioria das formigas de folhiço serem generalistas, e assim, apresentar maior flexibilidade para lidar com o ambiente modificado pela fragmentação do que aquelas consideradas especialistas (Didham *et al.* 1996). Outra razão pode estar relacionada com o tamanho das espécies e a escala de respostas; por não necessitarem de grandes áreas de uso, as respostas das formigas à fragmentação podem não ser tão claras como em outros grupos, como vertebrados. Por fim, uma última explicação seria que grupos dominantes de formigas, como por exemplo *Pheidole*, *Solenopsis* e *Hypoponera*, podem estar se beneficiando da alta produtividade temporária das bordas, devido à mortalidade de árvores ou a queda de folhas e ramos, resultando num aumento temporário da produção de serrapilheira que faz com que a camada de serrapilheira seja mais espessa, principalmente nos pequenos e médios fragmentos, os quais têm mais borda (Laurance *et al.* 2002, Fahrig 2003) e devido ao estabelecimento de espécies típicas dos estádios sucessionais iniciais, de crescimento rápido e vida relativamente curta, com madeira de baixa densidade (no caso de lenhosas), baixa resistência a predadores e a agentes infecciosos (Jordan 1985). Essas espécies produzem grande quantidade de

fitomassa, e sua alta taxa de renovação acaba gerando grande massa de serapilheira nas bordas (Gascon *et al.* 2000).

Alguns atributos da assembléia de árvores exerceram influência positiva sobre a riqueza de formigas: a densidade de árvores explicou a riqueza total, a densidade e riqueza de árvores influenciaram positivamente a riqueza de mirmecíneos generalistas e a porcentagem de espécies tolerantes à sombra explicou a riqueza de predadoras especialistas. Ribas *et al.* (2006) documentaram resultados similares em vegetação de Cerrado, onde a riqueza de espécies de formigas foi influenciada positivamente pela densidade de árvores. Leal (2003) chegou aos mesmos resultados em áreas de Caatinga.

Uma densa camada de vegetação aumenta a espessura da serapilheira e a quantidade de galhos caídos no solo, aumentando o número de habitats disponíveis para as formigas nidificarem, bem como, a abundância de artrópodes de solo, principais presas das formigas (Hölldobler & Wilson 1990), favorecendo a permanência das mesmas nos remanescentes de floresta. Além disso, a maior densidade da vegetação, associada a uma maior riqueza de espécies vegetais, promove uma maior heterogeneidade dos ambientes, variável que têm sido repetidamente sugerida/demonstrada como responsável pelo aumento na riqueza de formigas (Leal 2002, 2003; Ribas *et al.* 2006). Isso ocorre porque habitats mais heterogêneos disponibilizam maior variedade de sítios para nidificação, variável responsável por altos níveis de competição entre rainhas na época do vôo nupcial (Hölldobler & Wilson 1990). Em relação aos grupos funcionais, as formigas predadoras especialistas têm sido consideradas indicadoras de habitat conservados (Freita *et al.* 2006), explicando o porquê da porcentagem de árvores tolerantes à sombra ter influenciado positivamente o número de espécies com este hábito. Segundo Grillo (2005), a porcentagem de espécies tolerantes à sombra pode ser considerada como uma medida direta

do grau de conservação da área, já que fornece a porcentagem de espécies de árvores características da floresta madura presente nos fragmentos.

Os resultados deste estudo indicam que a fauna de formigas dos 19 fragmentos coletados é composta pelas mesmas subfamílias e gêneros de outros ecossistemas brasileiros. Além disso, a riqueza de espécies de formigas é influenciada mais pelo grau de conservação da vegetação do que pelo tamanho dos fragmentos ou pela quantidade de vegetação ao redor das áreas remanescentes. Entretanto, mais estudos, com outros grupos de formigas, (e.g., como as arborícolas), outras metodologias de coleta (espessura da serapilheira) e com a adição de variáveis que meçam o grau de conservação dos remanescentes são necessários para a determinação mais precisa dos efeitos das métricas dos fragmentos e/ou da paisagem sobre as comunidades de formigas.

AGRADECIMENTOS

Nós somos gratos a Bruno Karol Filgueiras, pela ajuda durante a coleta dos dados e a Luís Antônio Bezerra e José Clodoaldo Baker pela permissão para a realização das coletas nas terras da Usina Serra Grande. Este trabalho foi financiado pelo projeto PROBRAL CAPES/DAAD, processo nº 257/07 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 540322/01-6). Agradecemos também ao apoio logístico fornecido pela Conservação Internacional do Brasil e pelo Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN).

Referências bibliográficas

- Abensperg-Traun, M., G.W. Arnold, D.E. Steven, G.T. Smith, L. Atkins, J.J. Viveen & M. Gutter. 1996. Biodiversity indicators in semiarid, agricultural Western Australia. *Pacific Conservation Biology* 2: 375-389.
- Agosti, D. & L.E. Alonso. 2000. The ALL Protocol, p.204-206 *In*: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversidade*. Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.
- Almeida, W., R. Wirth & I.R. Leal. 2008. Edge-mediated reduction of phorid parasitism on leaf-cutting ants in a Brazilian Atlantic forest. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 129: 251-257.
- Alonso, L.E. 2000. Ants as indicators of diversity, p.80-88. *In*: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.
- Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2006. *Ecology: From individuals to ecosystems*. Blakwell Publishing, Oxford, 752p.
- Bieber, A.G.D., O.P.G. Darrault, C. Ramos, K.K. Melo & I.R. Leal. 2006. Formigas, p.244-262. *In*: K.L. Pôrto, M. Tabarelli & J. Almeida-Cortez (eds.), *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 363p.
- Bolton, B. 1994. *Identification Guide to Ant Genera of the World*. Harvard University Press, Cambridge, 222p.
- Corrêa, M.M., W.D. Fernandes & I.R. Leal. 2006. Diversidade de Formigas Epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em Capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre Riqueza de Espécies e Complexidade Estrutural da Área. *Neotropical Entomology*. 35(6): 724-730.
- Delabie, J.H.C., D. Agosti & I.C. Nascimento. 2000. Litter and communities of the Brazilian atlantic rain forest region, p.1-15. *In*: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), *Measuring and monitoring biological diversity: standart methods for ground living ants*. Washington: Smithsonian Institution, 280p.

- Didham, R.K., J. Ghazoul, N.E. Stok & A.J. Davis. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Tree* 11(6): 255-260.
- Ewers, R.M. & R.K. Didham. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81: 117–142.
- Ewers, R.M. & R.K. Didham. 2007. The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biological*. 21: 926-936.
- Fahrig, L. 2003. effects of fragmentation on biodiversity. *Annual review of Ecology Sysyematic* 34: 487-515.
- Feinsinger, P. 2001. *Designing field studies for biodiversity conservation*. Island Press. Washington, 212p.
- Fowler, H.G., L.C. Forti, C.R.F. Brandão, J.H.C. Delabie & H.L. Vasconcelos. 1991. Ecologia nutricional de formigas, p.131-223. *In: A.R. Panizzi & J.R.P. Parra (eds.), Ecologia Nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Manole, São Paulo, 359p.
- Freitas, A.V.L., I.R. Leal, M.U. Prado & L. Iannuzzi. 2006. Insetos como indicadores de conservação da paisagem, p.357-385. *In: C.F. Rocha, H. Bergalo, M. Van Sluys & M.A. Alves (eds.), Biologia da conservação: Essências*. São Carlos: Rima Editora, 582p.
- Gascon, C., T.E. Lovejoy, R.O. Bierregaard, J.R. Malcolm, P.C. Stouffer, H. Vasconcelos, W.F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher & S. Borges. 1999. Matrix habitat and species persistence in tropical forest remnants. *Biological Conservation*. 91: 223-230.
- Gascon, C., G.B. Williamson & G.A.B. Fonseca. 2000. Receding edges and vanishing reserves. *Science* 288:1356-1358.
- Girão, L.C., A.V. Lopes, M. Tabarelli & E.M. Bruna. 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape. *PLoS One* 2: 980.
- Grillo, A.S. 2005. *As implicações da fragmentação e da perda de habitats sobre a assembléia de árvores na floresta Atlântica ao norte do São Francisco*. Tese PhD, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

- Hölldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, 732p.
- Ibge. 1985. *Atlas Nacional do Brasil: região Nordeste*. Rio de Janeiro.
- Jordan, C.F. 1985. *Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems*. John Wiley & Sons, Reino Unido, 190p.
- Jules, E.S. & P. Shahani. 2003. A broader ecological context to habitat fragmentation: why matrix habitat is more important than we thought. *Journal of Vegetation Science* 14: 459–464.
- Laurence, W.F. 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 124-134.
- Laurance, W.F., T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Didham, P.C. Stouffer, C. Gascon, R.O. Bierregaard, S.G. Laurance & E. Sampaio. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16: 605–618.
- Laurance, W.F. 2008. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* 141: 1731-1744.
- Lawton, J.H., D.E. Bignell, B. Bolton, G.F. Bloemers, P. Eggleton, P.M. Hammond, M. Hodda, R.D. Holt, T.B. Larsen, N.A. Mawdsleu, N.E. Stork, D.S. Srivastava & A.D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*. 391: 72-76.
- Leal, I.R. 2002. Diversidade de formigas no estado de Pernambuco, p.483-492. In: M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.), *Atlas da biodiversidade de Pernambuco*. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 722p.
- Leal, I.R. 2003. Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da caatinga, p.435-462. In: I.R.m Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 802p.
- Macedo, L.P.M. 2004. Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmentos da mata Atlântica do estado de São Paulo. Tese, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 113p.

- Majer, J.D. 1983. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land use, and land conservation. *Environmental Management* 7: 375-383.
- McGeoch, M.A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73: 181-201.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: application for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Nascimento, H.E.M., A.C.S. Andrade, J.L.C. Camargo, W.F. Laurance, S.G. Laurance & J.E.L. Ribeiro. 2006. Effects of surrounding matrix on tree recruitment in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology* 20: 853–860.
- Oliveira, M.A., A.A. Grillo, & M. Tabarelli. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic Forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx* 38: 389–394.
- Primack, R.B. & E. Rodrigues. 2002. *Biologia da Conservação*. Editora Planta. Londrina, 328p.
- Pontes, A.R.M., C.M. Brazil, I.C. Normande & P.H.A.L. Peres. 2006. Mamíferos, p.303-321. In: K.L. Pôrto, M. Tabarelli & J. Almeida-Cortez (eds.), *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 363p.
- Rao, M. 2001. Variation in leaf-cutter ant (*Atta* sp.) densities in forest isolates: the potential role of predation. *Journal of Tropical Ecology* 16: 209-225.
- Ribas, C.R. 2006. *Gradiente latitudinal de riqueza de espécies de formigas em cerrado: regra de Rapoport e efeitos da produtividade e heterogeneidade ambiental*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 147p.
- Roda, S.A. 2006. Aves, p.279-299. In: K.L. Pôrto, M. Tabarelli & J. Almeida-Cortez (eds.), *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao norte do rio São Francisco*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 363p.
- Santos, M.S., J.N.C. Louzada, N. Dias, R. Zanetti, J.H.C. Delabie & I.C. Nascimento. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos

- de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, Porto Alegre. 96(1): 95-101.
- Santos, B.A., C.A. Peres, M.A. Oliveira, A. Grillo, C.P. Alves-Costa & M. Tabarelli. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biological Conservation*. 141: 249-260.
- Silva, P.S.D., I.R. Leal, R. Wirth & M. Tabarelli. 2007. Negative impact of leaf-cutting ants (*Atta sexdens*) on tree recruitment of *Protium heptaphyllum* (Burseraceae) through seed aggregation and seedling cutting. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 553-560.
- Silva, R.R. 2007. *Estrutura de guildas de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em quatro áreas de Floresta Atlântica do sul e sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia, 179p.
- Silvestre, R. 2000. *Estrutura de comunidades de formigas do cerrado*. Ribeirão Preto. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 216p.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf 1995. *Biometry*. Freeman and Company, New York, USA, 887p.
- Tabarelli, M., J.M.C. Silva & C. Gascon. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419–1425.
- Vasconcelos, H.L., J.M.S. Vilhena & G.J.A. Caliri. 2000. Responses of ants to selective logging of a central Amazonian forest. *Journal of Applied Ecology* 37: 508-515.
- Vasconcelos, H.L., K.S. Carvalho & J.H.C. Delabie. 2001. Landscape modifications and ant communities, p.189-207. *In*: R.O. Bierregaard Junior, C. Gascon & T.E. Lovejoy (eds.), *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. New Haven: Yale University Press, 478p.
- Veloso, H.P., A.L.L. Rangel-Filho & J.C.A. Lima. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro, 123p.

- Ward, P.S. 2000. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities, p.99-121.
In: D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz (eds.), Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversidade. Smithsonian Institution Press, Washington, 280p.
- Wild, A.L. 2002. The Genus *Pachycondyla* (Hymenoptera: Formicidae) in Paraguay. *Bol. Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay* 14: 1-18.
- Wilson, E.O. 2003. *Pheidole in the new world, a dominant, hyperdiverse ant genus.* Harvard University Press. Cambridge, MA, 794p.
- Wirth, R., S.T. Meyer, I.R. Leal & M. Tabarelli, 2008. Plant-herbivore interactions at the forest edge. *Progress in Botany* 68:423-448.

Tabela 1. Espécies de formigas (Hymenoptera, Formicidae) notificadas nos 19 fragmentos da Floresta Atlântica Nordeste pertencentes à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Lage, Alagoas, Brasil.

Espécies	Grupo funcional*	P15	P31	P32	P33	P34	P36	P40	P42	P43	P44	P45	P47	P48	P50	P57	P52	P54	P55	P59	Total
Acanthognathus sp.1	Pe	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1	0	6
Acromyrmex sp.1	Cf	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Acromyrmex sp.2	Cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
Acropyga sp.1	Pe	10	13	4	23	4	0	0	2	5	0	14	6	1	3	9	0	3	5	1	103
Amblyopone sp.1	Pe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Anochetus sp.1	Pe	4	0	3	7	0	1	1	14	3	0	0	2	1	0	0	1	2	0	3	42
Anochetus sp.2	Pe	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	10
Apterostgima sp.1	Cf	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Apterostgima sp.2	Cf	1	2	1	2	2	0	0	1	0	0	3	0	0	1	1	1	2	3	4	24
Apterostgima sp.3	Cf	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		0	0	1	0	5
Atta cephalotes	Cf	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Atta sexdens	Cf	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5
Brachymyrmex sp.1	O	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	5
Brachymyrmex sp.2	O	0	10	14	8	7	7	7	12	9	5	11	11	1	8	17	0	10	24	22	183
Camponotus senex	O	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2

Camponotus sp.2	O	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	5
Camponotus sp.6	O	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Camponotus sp.7	O	3	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8
Camponotus sp.8	O	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Camponotus sp.9	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
Cephalotes oculatus	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Crematogaster sp.1	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Crematogaster sp.2	Mg	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Crematogaster sp. 3	Mg	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Crematogaster sp.4	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Crematogaster sp.5	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Crematogaster sp.6	Mg	7	0	1	4	1	1	1	1	0	0	3	1	1	1	0	0	1	1	6	30
Crematogaster sp.7	Mg	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	7
Cyphomyrmex sp.1	Cf	0	1	0	0	1	0	0	7	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	2	16
Cyphomyrmex sp.2	Cf	2	0	0	2	2	3	3	3	4	0	2	1	0	4	2	0	0	2	4	34
Cyphomyrmex sp.3	Cf	1	1	0	1	1	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	3	3	17
Cyphomyrmex sp.4	Cf	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Dolychoderus attelaboides	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Dolychoderus sp.1	A	1	4	9	9	1	4	4	4	7	0	10	0	0	2	8	0	3	10	5	81

Dolychoderus sp.2	A	1	2	3	3	0	0	0	2	1	0	3	0	0	2	0	0	1	3	0	21
Dolychoderus sp.	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Dorymyrmex sp.1	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Eciton burchelli foreli	N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ectatomma edentatum	Pg	0	1	0	0	1	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Ectatomma muticum	Pg	2	0	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	14
Ectatomma tuberculatum	Pg	0	3	1	8	1	1	1	4	8	0	6	1	0	0	5	0	0	3	8	50
Gnamptogenys continua	Pg	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Gnamptogenys horni	Pg	0	0	0	2	1	1	1	5	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	2	19
Gnamptogenys mediatrix	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
Gnamptogenys moelleri	Pg	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	7
Gnamptogenys striatula	Pg	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Gnamptogenys acuminata	Pg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hylomyrma immanis	Mg	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	9
Hylomyrma sp.1	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	6
Hylomyrma sp.2	Mg	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	5	0	2	0	1	0	12
Hylomyrma sp.3	Mg	0	1	0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0	3	0	13
Hylomyrma sp.4	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Hypoponera sp.1	Pg	6	11	11	19	16	9	10	11	12	13	11	9	0	14	7	4	10	13	22	208

Hypoponera sp.2	Pg	8	10	12	2	0	9	10	5	19	1	3	4	2	11	8	3	4	18	8	137
Hypoponera sp.3	Pg	3	6	3	1	1	1	1	7	9	0	2	2	0	3	0	4	1	6	0	50
Hypoponera sp.4	Pg	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4
Hypoponera sp.5	Pg	1	1	5	0	0	1	1	1	5	1	1	0	0	1	2	0	0	2	5	27
Hypoponera sp.6	Pg	1	6	5	2	0	1	1	1	5	1	0	2	0	0	4	0	1	4	10	44
Hypoponera sp.7	Pg	1	5	2	0	0	0	0	3	0	6	1	3	0	1	4	0	1	3	8	38
Hypoponera sp.8	Pg	0	1	3	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	1	2	13
Hypoponera sp.9	Pg	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Leptogenys unistimulosa	Pg	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Linepthea sp.1	O	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
Megalomyrmex sp.1	Mg	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Megalomyrmex sp.2	Mg	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	7
Megalomyrmex sp.3	Mg	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Megalomyrmex sp.4	Mg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Myocepurus sp.1	Cf	1	0	0	0	1	2	2	1	2	2	2	0	0	3	0	0	4	4	3	27
Myrmelachista sp.1	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Neyvamymex sp.1	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Octostruma rugifera	Pe	2	0	0	0	1	0	0	1	16	0	0	1	0	0	1	3	4	7	4	40
Octostruma sp.1	Pe	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3

<i>Odontomachus brunneus</i>	Pg	3	4	5	1	2	1	1	2	3	1	9	4	1	1	1	0	1	3	1	44
<i>Odontomachus haematodus</i>	Pg	0	0	1	0	0	0	0	0	2	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	9
<i>Odontomachus meinerti</i>	Pg	1	5	0	3	0	1	1	3	4	1	1	0	0	1	3	0	0	3	1	28
<i>Odontomachus minutus</i>	Pg	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5
<i>Odontomachus sp.4</i>	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Oligomyrmex sp.1</i>	Mg	1	4	2	3	2	0	0	4	0	0	2	8	0	4	1	1	1	2	8	43
<i>Pachycondyla apicalis</i>	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pachycondyla constricta</i>	Pg	1	0	0	3	0	0	1	1	0	0	7	2	0	0	2	1	0	1	0	19
<i>Pachycondyla harpax</i>	Pg	1	8	5	2	2	1	1	2	12	1	5	7	1	3	6	1	1	5	0	64
<i>Pachycondyla sp.1</i>	Pg	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pachycondyla sp.2</i>	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pachycondyla sp.3</i>	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pachycondyla sp.4</i>	Pg	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pachycondyla striata</i>	Pg	1	1	1	2	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	5	15
<i>Pachycondyla theresiae</i>	Pg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pachycondyla venustta</i>	Pg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Paratrechyna sp.1</i>	O	6	3	7	6	6	0	0	12	9	1	9	3	0	2	6	4	1	0	6	81
<i>Paratrechyna sp.2</i>	O	2	2	2	2	1	1	1	2	4	2	1	2	3	1	3	2	1	3	3	38
<i>Paratrechyna sp.3</i>	O	4	10	14	5	4	6	4	11	15	5	9	8	0	5	21	3	3	24	22	172

Paratrechyna sp.4	O	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	2	0	0	3	0	11
Pheidole sp.01	Mg	6	25	15	8	5	7	7	14	16	4	14	12	2	6	8	7	2	10	18	186
Pheidole sp.02	Mg	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5
Pheidole sp.03	Mg	0	0	7	5	0	4	4	10	5	2	13	0	1	2	10	2	1	0	5	71
Pheidole sp.04	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pheidole sp.05	Mg	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	7
Pheidole sp.06	Mg	0	0	1	6	0	3	3	6	8	0	1	2	0	2	8	0	1	4	12	57
Pheidole sp.07	Mg	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Pheidole sp.08	Mg	5	4	8	4	8	8	8	7	12	12	5	5	5	7	4	6	6	3	2	119
Pheidole sp.09	Mg	1	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	0	5	0	1	0	0	0	14
Pheidole sp.10	Mg	2	0	0	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	12
Pheidole sp.11	Mg	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Pheidole sp.12	Mg	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Pheidole sp.13	Mg	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	9
Pheidole sp.14	Mg	0	4	6	4	6	12	13	11	9	4	2	4	1	8	8	3	5	6	7	113
Pheidole sp.15	Mg	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
Pheidole sp.16	Mg	2	5	4	2	2	0	0	16	3	0	4	0	1	8	0	9	3	1	9	69
Pheidole sp.17	Mg	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	6
Pheidole sp.18	Mg	4	0	3	2	0	0	0	3	1	0	0	0	1	2	1	2	1	2	1	23

Pheidole sp.19	Mg	11	5	5	8	0	6	6	11	7	2	5	2	0	3	7	0	0	4	20	102
Pheidole sp.20	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pheidole sp.21	Mg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	8
Pheidole sp.22	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	9
Pheidole sp.23	Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
Pheidole sp.24	Mg	1	1	6	8	0	2	2	2	4	0	2	3	1	0	4	1	0	0	5	42
Piramyca denticulata	Pe	11	12	13	1	4	7	7	13	11	3	5	0	2	8	10	9	0	15	8	139
Prionopelta sp.1	Pe	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	0	5	0	10
Probolomyrmex sp.1	Pe	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pseudomyrmex flavidulus	A	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Pseudomyrmex oculatus	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Pseudomyrmex tenuis	A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sericomyrmex sp.1	Cf	1	0	1	0	1	2	2	0	4	2	2	0	3	1	0	1	0	4	0	24
Sericomyrmex sp.2	Cf	1	2	1	0	4	1	1	0	3	3	2	0	0	1	1	2	1	1	0	24
Sericomyrmex sp.3	Cf	1	1	3	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	2	1	0	15
Sericomyrmex sp.4	Cf	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
Sericomyrmex sp.5	Cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Solenopsis sp.1	Mg	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	2	3	1	2	16
Solenopsis sp.2	Mg	18	15	19	4	12	14	14	14	10	13	10	17	9	18	12	24	23	22	8	276

Solenopsis sp.3	Mg	15	22	26	16	18	22	22	22	27	15	18	25	16	24	25	18	11	21	25	388
Solenopsis sp.4	Mg	4	3	1	2	4	0	0	1	0	0	0	6	6	3	3	2	2	1	5	43
Solenopsis sp.5	Mg	4	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	11
Solenopsis sp.6	Mg	6	2	12	7	10	5	5	8	6	2	6	4	1	6	4	0	14	12	10	120
Solenopsis sp.7	Mg	6	7	8	2	1	2	2	15	2	3	7	5	1	6	20	0	2	9	10	108
Solenopsis sp.8	Mg	4	1	3	8	0	0	0	5	0	0	4	2	2	7	1	0	4	1	0	42
Solenopsis sp.9	Mg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Strumigenys sp.1	Pe	4	12	8	1	0	2	2	3	6	1	5	9	0	3	5	0	4	10	5	80
Strumigenys sp.2	Pe	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Strumigenys sp.3	Pe	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Thaumatomyrmex sp.1	Pe	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Trachymyrmex sp.1	Cf	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Trachymyrmex sp.2	Cf	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Trachymyrmex sp.3	Cf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Typholomyrmex sp,1	Pe	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Wasmania sp.1	Mg	3	3	2	3	19	4	4	1	11	14	3	5	6	5	5	10	15	2	1	116
Wasmania sp.2	Mg	6	12	15	2	27	17	17	8	13	22	6	19	1	12	18	9	14	24	1	243
Total de registros		208	188	298	226	106	185	188	313	359	162	257	126	74	242	297	100	182	330	345	4197

* Pe (Predadora especialista); Pg (Predadora generalista); Cf (Cultivadora de fungo); O (Oportunista); N (Nômade); Mg (Myrmicinae generalista); A (Arborícola).

Tabela 2. Resultados do Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos das métricas dos fragmentos e dos atributos de assembléias de árvores sobre a riqueza e a abundância de formigas de folhiço nos fragmentos da Floresta Atlântica Nordestina pertencente à Usina Serra Grande, município de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, Brasil. Valores em negrito implicam em efeito significativo ($p \leq 0.05$).

Variável dependente	Variáveis independentes	Modelo					
		Estimativa ($\pm EP$)	<i>GI</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>R</i> ² (%)	<i>P</i>
Riqueza	Área dos fragmentos ($\log_{10}ha$)	0,04115 (0,14)	1	08,2	0,7743	20,36	0,0688
	Distância do núcleo para a borda ($\log_{10}m$)	0,27052 (0,34)	1	6,48	0,4206		
	Cobertura florestal no entorno do fragmento (%)	0,00582 (0,04)	1	1,75	0,1858		
	Densidade de árvores (por ha)	0,26231 (0,11)	1	4,63	0,0314	23,32	0,0267
	Riqueza de espécies	-0,11812 (0,23)	1	2,50	0,6165		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	-0,11628 (0,20)	1	3,41	0,5591		

Tabela 3. Resultados do Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos da vegetação (densidade e riqueza de árvores e porcentagem de espécies tolerantes à sombra) sobre os grupos funcionais de formigas de folhíço amostradas nas áreas remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina pertencente à Usina Serra Grande, município de Iateguara e São José da Laje, Alagoas, Brasil. Valores em negrito implicam em efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Variáveis dependentes (Grupos funcionais)		Variáveis independentes			Modelo		
		Estimativa (\pm EP)	GI	F	P	R ² (%)	P
Predadoras especialistas	Densidade de árvores (por ha)	0,01956 (0,02)	1	1,09	0,2959	30,13	0,0381
	Riqueza de espécies	0,02737 (0,03)	1	0,74	0,3886		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	0,04888 (0,02)	1	3,99	0,0466		
Predadoras generalistas	Densidade de árvores (por ha)	0,08948 (0,06)	1	1,77	0,1827	27,38	0,6025
	Riqueza de espécies	0,02151 (0,11)	1	0,04	0,8475		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	-0,08452 (0,08)	1	1,00	0,3167		

Cultivadoras de fungos	Densidade de árvores (por ha)	0,00756 (0,05)	1	0,02	0,8971	8,96	0,9250
	Riqueza de espécies	0,04096 (0,10)	1	0,17	0,6819		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	-0,021486 (0,07)	1	0,08	0,7726		
Espécies nômades	Densidade de árvores (por ha)	0,00599 (0,01)	1	0,37	0,5406	18,48	0,7637
	Riqueza de espécies	-0,015316 (0,01)	1	0,83	0,3620		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	0,00204 (0,01)	1	0,03	0,8686		
Myrmicinae generalistas	Densidade de árvores (por ha)	0,14715 (0,04)	1	8,32	0,0039	42,10	0,0453
	Riqueza de espécies	0,208423 (0,07)	1	6,11	0,0134		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	0,02959 (0,05)	1	0,26	0,6101		
Oportunistas	Densidade de árvores (por ha)	0,01425 (0,01)	1	1,46	0,2265	17,01	0,2226
	Riqueza de espécies	0,02317 (0,02)	1	1,33	0,2480		
	Espécies tolerantes à sombra (%)	0,02386 (0,01)	1	2,47	0,1157		

Legenda das figuras

Figura 1. Mapa referente à Usina Serra Grande, localizada nos municípios de Ibateguara e São José da Laje, Alagoas, Nordeste, Brasil. Os pontos representam os fragmentos da paisagem que foram analisados nesse estudo.

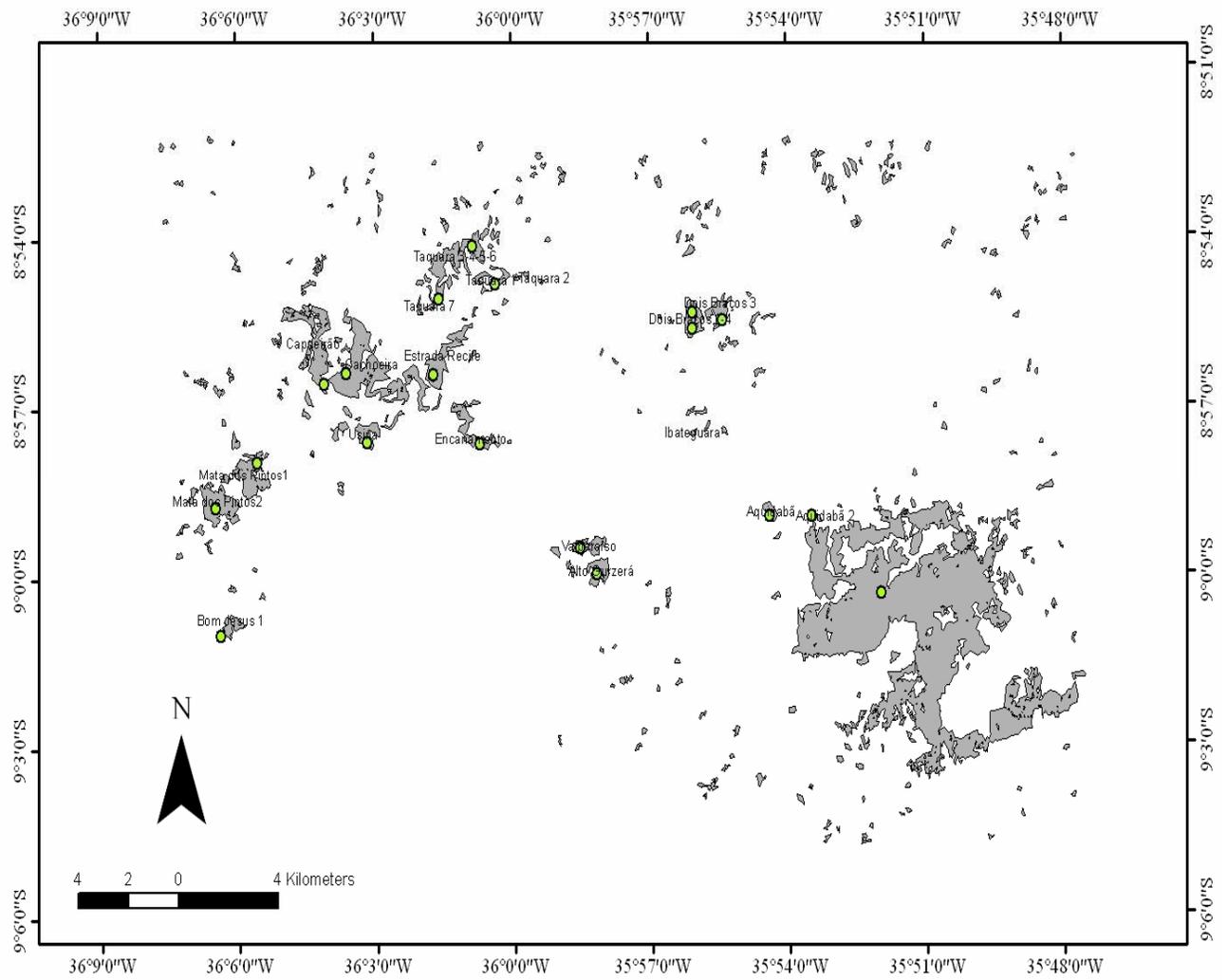


Figura 1.

Anexo

Instruções aos autores

Scope and policy

Neotropical Entomology publishes original scientific articles that significantly contribute to entomological knowledge. Articles previously submitted to or accepted by other journals are not accepted. Technological-content papers with bioassays on efficacy of methods to control insects and mites are not accepted. Manuscripts are peer reviewed and acceptance for publication is based on recommendations by the editorial board and peer-reviewers.

Sections. "Ecology, Behavior and Bionomics", "Systematics, Morphology and Physiology", "Biological Control", "Crop Protection", "Acarology", "Public Health" and "Scientific Notes".

Languages. Manuscripts should preferably be in English, although texts in Portuguese and Spanish are also considered.

Types of manuscript. Manuscripts can be published as scientific articles, scientific notes and forum articles.

Submission. All manuscripts should be submitted electronically using the form available at <http://submission.scielo.br/index.php/ne/about>

Form and preparation of manuscripts

Please submit manuscripts as MS Word 2003 or other recent word processors with a page size of 21.0 x 29.7 cm. Type all pages as double-spaced with 2.5 cm margins. Use the font Times New Roman with a size of 12 points. Number all lines and pages consecutively, beginning with the title page.

Front page. Justify the name and the regular and electronic mail addresses of corresponding author on the upper right of the page. Center-justify the title using capital initials (except for prepositions and articles). Scientific names in the title should be followed by the descriptor's name (do not mention the year) and by the order and family names in parentheses. Author names should be center-justified below the title using small capital letters; only the first and last names of authors should be written in full. Next, list authors' affiliation including mail and email addresses; call numbers should be used for more than one address. This page is not sent to peer-reviewers, to preserve author identity.

Page 2. Title page. Write the title of the manuscript.

Page 3. Abstract in a second language. For articles submitted in English, the abstract can be in Portuguese or in Spanish. For articles originally in Portuguese or Spanish, the abstract should be in English. The abstract should be easy to understand and not require reference to the body of the article. Only very important results should be presented in the abstract; it must not contain any abbreviations or statistical details. Initials of the original title should be in capital initials (except for prepositions, conjunctions and articles). Below the title type RESUMO, RESUMEN or ABSTRACT followed by a hyphen and the text. The abstract should be one-paragraph long and not exceed 250 words. Skip one line and type PALAVRAS-CHAVE, PALABRAS-CLAVE or KEY WORDS in capital letters. Type three to five words separated by commas; these words can not be in the title.

Page 4. Abstract in the language of the article. This page contains the abstract in the same language as the article. Abstracts and Resumo must have exactly the same content. Follow the guidelines to prepare the second abstract (previous item).

Page 5. Introduction. Do not type the subtitle "Introduction". The introduction should clearly state the research problem, the hypothesis, and the objectives of the study.

Material and Methods. The subtitle "Material and Methods" should be in bold and center-justified. Include all information for replication of the study, including the statistical design used and if appropriate, the statistical program used for data analysis.

Results and Discussion. Center-justify the subtitle "Results and Discussion" or "Results" and "Discussion" separately, using bold face. Use one decimal for mean values and two decimals for standard errors. The conclusions should be stated in the end of Discussion.

Acknowledgments. The subtitle should be in bold and centralized. Acknowledgments should be concise and contain your recognition to people first, and then to affiliations or sponsors.

References. References should be typed in a separate page, in alphabetical order. The author's last names are typed in full and capital initials followed by a period should be used; commas separate the names of authors. Next, type the year. The first author is cited by the last name first and then name initials; all others are cited by their name initials first and then last names in full. Use the symbol "&" before citing the last author. Abbreviate the titles of bibliographical sources, starting with capital letters. Use journal acronyms according to BIOSIS Serial Sources (http://cssrvr.entnem.ufl.edu/~pmc/journals/all_journals.htm or <http://www.library.uq.edu.au/faqs/endnote/biosciences.txt>). Abbreviation of Brazilian journal titles must follow each journal requirements. Please avoid citations

of dissertations, theses, and extension materials. Do not cite restricted circulation materials (such as institutional documentation and research reports), monographs, partial research reports, or abstracts of papers presented at scientific meetings.

Examples: Suzuki, K.M., S.A. Almeida, L.M.K. Sodr , A.N.T. Pascual & S.H. Sofia. 2006. Genetic similarity among male bees of *Euglossa truncata* Rebelo & Moure (Hymenoptera: Apidae). Neotrop. Entomol. 35: 477-482.

Malavasi, A. & R.A. Zucchi. 2000. Moscas-das-frutas de import ncia econ mica no Brasil: conhecimento b sico e aplicado. Ribeir o Preto, Holos Editora, 327p.

Oliveira-Filho, A.T. & J.T. Ratter. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome, p.91-120. In P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.), The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical savanna. New York, Columbia University Press, 398p.

Tables. Tables and respective titles should be typed in MS Word 2003 or other recent programs and uploaded separately, one per page, after the References section. Please number tables consecutively with Arabic numbers followed by a full stop, in the order they occur in the text. Footnotes must have call numbers. Example of a table title: Table 1. Mean (\pm SE) duration and survivorship of larvae and pupae of *Tuta absoluta* fed on leaves of different tomato genotypes. Temp.: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, RH: 70% and photophase: 14h.

Figures. Insert the list of figures after the tables. Use the abbreviation "Fig." Use original or high resolution figures. Graphics should be sent preferably in Excell or gif, and photos in JPG. Figure files should be named according to figure numbers. Examples: fig1.gif or fig2.jpg. Fig. 1. Flutua o populacional de *Mahanarva fimbriolata* em S o Carlos, SP, 2002 a 2005

In-text citations

Scientific names. When first mentioned in the Resumo, Abstract and Introduction, scientific names of insects and mites should be followed by the descriptor's name (do not mention the year), and by the order and family in parentheses. E.g.: *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Use the abbreviated generic name in the rest of the paper, except for tables and figures. E.g.: *S. frugiperda*.

References. Please write the author's last name with capital initial, followed by the year of publication (for example, Martins 1998). More than one publication by the same author are chronologically ordered (for example: Martins 1998, Garcia 2002, Gomes 2005). Use "&" for two authors (such as Martins & Gomes 2004). Please use italicized "*et al.*" for more than two authors (as in Garcia *et al.* 2003); for more than two citations of the same author, use a semi-colon between authors (for example: Garcia 2003; Toledo 2001, 2005).

Tables: Use the word "Table" in full in the text (example: Table 1).

Figures: Use the abbreviation "Fig." in the text (such as Fig. 3).

Scientific Notes. Manuscripts that register trophic occurrences and interactions and new methods for the study of insects can be accepted. Manuscript requirements are the same as for scientific articles but the Introduction, the Material and Methods, and the Results and Discussion sections are written as one paragraph without subtitles. The abstract can have up to 100 words, and the text 1,000 words. Figures or tables can be included if highly necessary, by following the limit of two figures or tables per note.**Forum.** Extensive interpretative or evaluative articles on current topics in Entomology are published in this section. Controversial articles are welcome and must present both the currently accepted and the controversial paradigms or views. Neotropical Entomology and its Editorial Board are not responsible for the opinions expressed in this section.

Printing Costs. SEB members non-resident in Brazil pay US\$ 24.00 (twenty four dollars) per printed page, non-members pay US\$ 36.00 (thirty six dollars) per page. Color reproduction should only be included when highly necessary. Each color page costs US\$ 75.00 (seventy five dollars) for members and 90.00 (ninety dollars) for non members. Reprints will not be provided. All articles can be assessed and downloaded free of charge from the Neotropical Entomology and Scielo site (www.scielo.br/ne).

Further information

Fernando L. Cônsoli/Editor Chefe
Esalq/USP

Dept. Entomol., Fitopatol. & Zool. Agric. Av. Pádua Dias 1113418-900 - Piracicaba
- SP - Brazil

Tel: +55 19 3429 4199

editor.ne@seb.org.br

www.seb.org.br/neotropical

2002-2009 Sociedade Entomologica do Brasil

Fernando L. Cônsoli
Esalq/USP
Dept. Entomol., Fitopatol. & Zool. Agric.
Av. Pádua Dias 11
13418-900 - Piracicaba - SP - Brasil
Tel: +55 19 3429 4199