



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

MICHELA COSTA BATISTA

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE VESPAS E
ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA)
AO USO DA TERRA**

São Luís
2010

MICHELA COSTA BATISTA

Bióloga

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE VESPAS E
ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA)
AO USO DA TERRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

São Luís
2010

Batista, Michela Costa.

Resposta da comunidade de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) ao uso da terra / Michela Costa Batista. – São Luís, 2010.

96 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

MICHELA COSTA BATISTA

**RESPOSTA DA COMUNIDADE DE VESPAS E ABELHAS
SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA) AO USO DA TERRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da
Universidade Estadual do Maranhão, para a
obtenção do título de Mestre em Agroecologia

Aprovado em: _____/_____/_____

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro – UEMA

Prof. Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo – UFMA

Prof. Dr. Cláudio Gonçalves da Silva – UFMA

Dedico e ofereço a todos aqueles que me apoiaram mesmo sem entender, e ao I.C.M. e R. pela constante intercessão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele nada disso teria sido possível. Por ter providenciado TUDO o que me foi necessário nestes dois anos longe de casa.

A minha mãe, Irailde Costa Batista, e ao meu pai, José Carlos de Araújo Batista, que apesar da distância me apoiaram em todos os momentos deste trabalho.

Aos meus irmãos, Joelson Costa Batista, Ariadnny Costa Batista e Maria Alice Costa Batista, que eu amo muito e para os quais tenho tentado ser um exemplo. A Ariadnny, meu especial obrigada pelas noites dormidas no mestrado e pelos serviços de irrigação e companhia prestados.

Ao meu *namorado*, Diego Lima Matos, por todo amor, cuidado e atenção durante todo esse processo. Por toda a ajuda (apesar do incidente da abobrinha) e por me compreender e me amar mesmo nos momentos em que eu estava “surtada”.

Ao meu orientador, prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro, pela orientação e dedicação profissional que me levaram a concluir com sucesso esta etapa e pelo exemplo de profissionalismo e competência que levarei comigo.

Aos professores da UEMA/Mestrado em Agroecologia, pela dedicação e ensinamentos durante o período do curso e à FAPEMA pela concessão da bolsa.

A Ruanno Silva Almeida, Eduardo Henrique Santana Sousa e Alexandra Rocha da Piedade pelo auxílio inestimável no campo e no laboratório.

Aos meus amigos Gerbeli Salgado de Mattos, Paulo Henrique Marques Monroe, Marlon Gomes da Costa, Adriano Soares Rego, Kátia Pereira Coelho, Geyson Coutinho Moura, Antônio Lopes Bonfim Neto e Cristina Silva Carvalho pelo apoio, amizade, ajuda com a estatística, suporte técnico, consultoria de português, caronas, companhia no almoço e por me fazerem sorrir naqueles dias em que tudo parecia triste.

Aos colegas das turmas de 2008, 2009 e 2010 pela amizade e companheirismo.

A Ivaneide de Oliveira Nascimento e Gilvan de Sousa Nascimento (e família) por terem tido o amor de acolher uma ex-aluna em sua casa, apesar de saberem muito pouco sobre ela e a quem hoje tenho a honra de chamar de AMIGOS.

Ao meu eterno conselheiro prof. MSc. José Roberto Pereira Sousa, que sempre me apoiou. Ao prof. MSc. Expedito Barroso que me avisou do processo de seleção, me orientou na organização da documentação e me recomendou.

A Daniele Regina Parizotto, Bolívar Rafael Garcete Barret, Marcel Gustavo Hermes e ao prof. Dr. Gabriel Augusto Rodrigues de Melo pela identificação dos himenópteros, em especial à Daniele por ter possibilitado o contato com os demais.

Aos produtores que gentilmente colocaram sua propriedade a disposição.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a finalização dessa jornada.

TUDO tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

(Eclesiastes 3, 1)

RESUMO

As paisagens tropicais são caracterizadas por diversos tipos de uso da terra como agroecossistemas e remanescentes de florestas em diferentes graus de antropização. Diversos organismos que vivem em remanescentes florestais interagem com agroecossistemas, porém a contribuição destas áreas para a conservação da biodiversidade ainda é pouco conhecida. A comunidade de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) tem um papel chave no funcionamento de agroecossistemas e tem sido utilizada como bioindicadora da qualidade ambiental. Cultivos agrícolas se beneficiam dos serviços ambientais de controle biológico de pragas e polinização realizados por vespas e abelhas solitárias, respectivamente. Adicionalmente, fragmentos florestais próximos a cultivos agrícolas podem aumentar o controle biológico natural e a polinização. O presente trabalho avaliou a riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha ao longo do tempo em um gradiente decrescente de intensidade do uso da terra formado por: pastagens; cultivos em aléias; capoeiras novas (8 anos de idade); e capoeiras velhas (20 anos de idade). A similaridade da comunidade de vespas e abelhas em função do uso da terra também foi avaliada. Ademais, a variação sazonal na abundância de vespas e abelhas solitárias bem como a composição da comunidade de tais himenópteros nos quatro tipos de uso da terra foram estudadas. A influência da distância entre um fragmento florestal e um cultivo de milho na riqueza e abundância de vespas predadoras e sua relação com o controle biológico da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith) foi analisada. Capoeiras velhas tiveram maior riqueza de espécies de vespas e abelhas em comparação com os demais tipos de uso da terra. Capoeiras novas, cultivos em aléias e pastagens apresentaram comunidades similares de vespas e abelhas. A densidade populacional de vespas e abelhas solitárias, de modo geral, não foi influenciada pelo uso da terra. No entanto, a composição faunística de algumas espécies de vespas e abelhas variou com o uso da terra. A densidade populacional de vespas e abelhas variou ao longo do tempo com picos populacionais nos meses de janeiro (abelhas) e junho e julho (vespas). Ademais, a variação temporal na abundância de vespas (mas não de abelhas) foi afetada pelo uso da terra. A abundância de vespas predadoras solitárias (mas não a riqueza de espécies) diminuiu enquanto que a abundância da lagarta-do-cartucho aumentou com a distância do fragmento florestal. Conclui-se que a riqueza de espécies de abelhas e vespas solitárias é maior em ambientes menos antropizados como capoeiras velhas e capoeiras novas, no entanto, paisagens formadas por diferentes tipos de uso da terra, inclusive cultivos em aléia e pastagens, podem aprovisionar recursos importantes para a manutenção de populações de vespas e abelhas solitárias em regiões onde a vegetação original foi completamente removida. Adicionalmente, cultivos agrícolas podem se beneficiar da proximidade de fragmentos florestais por meio da redução de problemas com pragas.

Palavras-chave: Agroecossistemas. Biodiversidade. Controle biológico natural. Densidade populacional. Fragmentos florestais. Ninhos-armadilha. Riqueza de espécies.

ABSTRACT

Tropical landscapes are characterized by different land-use types such as agroecosystems and forest remnants with varying anthropization levels. Several species inhabiting forest remnants interact with agroecosystems, but their contribution to biodiversity conservation is unclear. Communities of solitary wasps and bees (Insecta: Hymenoptera) play a key role in agroecosystem functioning and these organisms have been used as bioindicators of environmental quality. Crops benefit from the ecosystem services of pest biological control and pollination provided by solitary wasps and bees, respectively. Additionally, forest fragments in the vicinity of crops can enhance natural biological control and pollination. We evaluated the species richness of solitary wasps and bees over time in a gradient of decreasing land use intensity formed by: pastures; alley croppings; young fallows (8 years old); and old fallows (20 years old). The similarity of wasps and bees' communities according to land-use was also evaluated. Moreover, the seasonal variation of the abundance of solitary wasps and bees as well as their communities' composition in the four land-use types was studied. The influence of the distance from a forest fragment to a maize field on species richness and abundance of predatory solitary wasps and its relation with the biological control of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith) was analysed. Old fallows had higher species richness of wasps and bees in comparison to the remaining land use types. Young fallows, alley croppings and pastures had similar communities of wasps and bees. Population densities of wasps and bees, in general, were not influenced by land use. However, the faunistic composition of some species of solitary wasps and bees varied with land use. The abundance of solitary wasps and bees varied throughout time with peaks in January (bees) and June and July (wasps). Moreover, the temporal variation of wasps' abundance (but not bees' abundance) was affected by land use. Predatory solitary wasps' abundance (but not species richness) decreased, while the fall armyworm abundance increased with increasing distance from the forest fragment. We conclude that solitary bees and wasps' species richness is higher in less anthropized environments such as old and young fallows, however, landscapes formed by different land use types including alley croppings and pastures, may provide important resources to maintaining populations of solitary wasps and bees in regions where the original vegetation was entirely removed. Additionally, crops may benefit from the proximity of forest fragments by reduced pest problems.

Key words: Agroecosystems. Biodiversity. Natural biological control. Population density. Forest fragments. Trap nests. Species richness.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – <i>INTRODUÇÃO GERAL</i>	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 REGIÃO DE ESTUDO E TIPOS DE USO DA TERRA	14
3 VESPAS E ABELHAS SOLITÁRIAS	17
4 ESBOÇO DOS CAPÍTULOS	21
5 REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2 – <i>RIQUEZA DE ESPÉCIES DE VESPAS E ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA) EM RELAÇÃO AO USO DA TERRA</i>	29
Resumo	31
Abstract	32
Introdução	33
Material e Métodos	35
Resultados	38
Discussão	41
Agradecimentos	43
Referências	44
Tabelas	51
Figuras	53
CAPÍTULO 3 - <i>VARIAÇÃO TEMPORAL E COMPOSIÇÃO FAUNÍSTICA DA COMUNIDADE DE VESPAS E ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA) EM RELAÇÃO AO USO DA TERRA</i>	57
Resumo	59
Abstract	60
Introdução	61
Material e Métodos	62
Resultados	65
Discussão	68
Agradecimentos	70

Referências	71
Tabelas	76
Figuras	78
CAPÍTULO 4 - <i>FOREST FRAGMENTS' CONTRIBUTION TO THE NATURAL BIOLOGICAL CONTROL OF SPODOPTERA FRUGIPERDA SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN MAIZE</i>	81
ABSTRACT	82
INTRODUCTION	82
MATERIALS AND METHODS	83
RESULTS	84
DISCUSSION	85
ACKNOWLEDGEMENTS	86
RESUMO	86
REFERENCES	86
ANEXO – NORMAS DAS REVISTAS	88

Insect Science

Brazilian Archives of Biology and Technology

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

As paisagens tropicais são caracterizadas por diversos tipos de uso da terra como agroecossistemas e remanescentes de florestas e outros ecossistemas naturais em diferentes graus de antropização (KLEIN *et al.*, 2002). Fragmentos florestais e tipos de uso da terra mais similares à vegetação original como capoeiras encontram-se, em geral, distribuídos em uma matriz agrícola e diversas espécies que vivem em fragmentos florestais interagem com agroecossistemas (KLEIN *et al.*, 2002, DÍAZ; GALANTE; FAVILA, 2010). Historicamente, esforços para preservar a biodiversidade têm focado em remanescentes de mata primária, no entanto, estas áreas perfazem apenas cerca de 16% do ambiente terrestre (FAO, 2010), e portanto tem havido um aumento no interesse em estudos sobre o potencial de agroecossistemas e ecossistemas alterados pelo homem para a conservação da biodiversidade (BENGTSSON *et al.*, 2003; BAWA *et al.*, 2004; PERFECTO; VANDERMEER, 2008).

A biodiversidade é definida como a variedade e número de organismos vivos presentes no planeta, em escalas que vão de genes até ecossistemas, e é considerada essencial para a humanidade (DAILY, 1997; FEARNSSIDE; 2002; BROOKS *et al.*, 2006). De fato, a diminuição da biodiversidade leva à redução das funções ecológicas e, conseqüentemente, à redução dos serviços ambientais (TYLIANAKIS; KLEIN; TSCHARNTKE, 2005). Ademais, todos os serviços ambientais fornecem e dependem da biodiversidade (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; KREMEN; OSTFELD, 2005). Serviços ambientais são benefícios naturais proporcionados pelos ecossistemas ou agroecossistemas que são úteis para o homem como, por exemplo, a polinização, o controle biológico natural de pragas, a produção primária, a ciclagem de nutrientes, entre outros (ALTIERI, 1999; KLEIN *et al.*, 2002; LUCK; DAILY; EHRLICH, 2003; DE MARCO; COELHO, 2004; KREMEN, 2005). Tais serviços propiciam as condições e processos que dão suporte à vida e contribuem para a sobrevivência e o bem-estar humano (MIRANDA; OTOYA; VENEGAS, 2005; FAO, 2007; WUNDER, 2007).

Paisagens com diferentes tipos de uso da terra formando uma matriz heterogênea podem abrigar uma rica biodiversidade devido a uma maior variedade de nichos e recursos (TEWS *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2008), e contribuem para o provisionamento de serviços ambientais (KREMEN, 2005; TSCHARNTKE *et al.*, 2005; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2006; BIANCHI; BOOIJ; TSCHARNTKE, 2006). No entanto, a qualidade dos habitats que compõem uma paisagem é um fator relevante para a

conservação da riqueza de espécies (VEDDELER *et al.*, 2005; BRAGAGNOLO *et al.*, 2007). Dentro deste contexto, diferentes organismos podem ser usados como indicadores para avaliar a qualidade ambiental, destacando-se entre eles os insetos (TSCHARNTKE; GATHMANN; STEFFAN-DEWENTER, 1998; DAVIS *et al.*, 2001; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2006). Insetos são particularmente importantes como bioindicadores porque formam o grupo de organismos mais diversificado do planeta, são de fácil amostragem e, de maneira geral, são sensíveis às perturbações ambientais (TYLIANAKIS *et al.*, 2004; GAYUBO *et al.*, 2005; WINK *et al.*, 2005). Adicionalmente, várias espécies de insetos contribuem para serviços ambientais essenciais em ecossistemas e agroecossistemas (TYLIANAKIS *et al.*, 2004; RICKETTS, 2004; SHAHABUDDIN; SHULZE; TSCHARNTKE, 2005; TSCHARNTKE *et al.*, 2007).

Dentre os insetos, destacam-se as vespas e as abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) por serem fornecedores de serviços ambientais além de bioindicadores de qualidade ambiental (TSCHARNTKE; GATHMANN; STEFFAN-DEWENTER, 1998; TYLIANAKIS; KLEIN; TSCHARNTKE, 2005; KLEIN *et al.*, 2002). Diversas espécies de vespas solitárias são predadoras ou parasitóides de outros artrópodes, e atuam no controle biológico natural de espécies fitófagas em culturas agrícolas (TYLIANAKIS *et al.*, 2004; HOLZSCHUH; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2009), enquanto abelhas solitárias são consideradas os polinizadores mais importantes de várias plantas nativas e cultivadas (GARÓFALO; MARTINS; ALVES-DOS-SANTOS, 2004; KREMEN *et al.*, 2004; BUSCHINI, 2006; RÊGO; ALBUQUERQUE, 2006).

Fragmentos de floresta ou de vegetação similar à natural situados no entorno de cultivos agrícolas podem ajudar a incrementar o fornecimento de serviços ambientais como o controle biológico natural e a polinização (ARMBRECHT; PERFECTO 2003; TSCHARNTKE *et al.*, 2007; KLEIN, 2009). Fragmentos florestais funcionam como habitats relativamente estáveis nos quais diversas espécies de predadores e polinizadores podem encontrar refúgio das perturbações frequentes em agroecossistemas, além de presas alternativas e recursos vegetais (BIANCHI; BOOIJ; TSCHARNTKE, 2006; KLEIN *et al.*, 2006; TSCHARNTKE *et al.*, 2007;). Deste modo, fragmentos de floresta podem funcionar como uma fonte de vespas e abelhas solitárias que eventualmente se espalham em plantios agrícolas adjacentes (TSCHARNTKE; RAND; BIANCHI, 2005; BIANCHI; BOOIJ; TSCHARNTKE, 2006). Portanto, a distância entre cultivos agrícolas e fragmentos florestais pode ser um fator importante na diversidade destes insetos, podendo ter impacto sobre o controle biológico natural e a polinização (KREMEN *et al.*, 2004; KLEIN; STEFFAN-

DEWENTER; TSCHARNTKE, 2006; BIANCHI; BOOIJ; TSCHARNTKE, 2006; TSCHARNTKE *et al.*, 2007).

Neste estudo, experimentos de campo foram utilizados para avaliar como diferentes tipos de uso da terra afetam os padrões de riqueza, a abundância e a composição faunística da comunidade de vespas e abelhas solitárias ao longo de um ano. Adicionalmente, a influência da distância de um fragmento de floresta sobre a riqueza e abundância de vespas solitárias predadoras e seu impacto sobre o controle biológico natural de uma praga chave do milho, a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith), foi avaliada.

As seguintes questões foram abordadas:

1. Como o uso da terra afeta a riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias e qual a importância relativa de agroecossistemas na conservação dessas espécies? Qual a contribuição relativa de variáveis ambientais para a riqueza de vespas e abelhas solitárias? (Capítulo 2)
2. Como o uso da terra afeta a densidade populacional e a composição faunística da comunidade de vespas e abelhas solitárias? Qual a contribuição relativa de variáveis ambientais para a densidade de vespas e abelhas solitárias? (Capítulo 3)
3. A distância de fragmentos florestais influencia a riqueza e abundância de vespas predadoras em agroecossistemas adjacentes? Qual a importância da proximidade de fragmentos florestais para o controle biológico natural da lagarta-do-cartucho-do-milho? (Capítulo 4)

2 REGIÃO DE ESTUDO E TIPOS DE USO DA TERRA

O experimento referente aos Capítulos 2 e 3 foram realizados em sítios de estudo localizados na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' S, 44° 34' O, elevação 44 m), Maranhão, Brasil (Figura 1). A temperatura média anual da região é de 27°C e a pluviosidade média anual é de 1.615mm, com o período chuvoso de janeiro a maio, e o período seco de junho a dezembro. A vegetação natural da região foi completamente substituída por cultivos agrícolas de subsistência e pastagens para a criação de gado. Fragmentos de vegetação secundária (capoeiras) de diferentes tamanhos e estágios de sucessão encontram-se distribuídos em meio a uma matriz de cultivos agrícolas e pastagens.



Figura 1 Distribuição dos tipos de uso da terra selecionados em Miranda do Norte, MA.
Fonte: Google Earth

Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados (Figura 2):

- (a) *pastagens* de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf) não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng);
- (b) *cultivos em aléias* entre 8 e 9 anos de idade e caracterizados pela presença de leguminosas arbóreas como leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R. Howard) plantadas em fileiras entre as quais são cultivados arroz, milho, feijão e mandioca;
- (c) *capoeiras novas* com aproximadamente 8 anos de idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo-arbustivas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth);
- (d) *capoeiras velhas* com cerca de 20 anos de idade e constituídas principalmente de palmeiras como o babaçu e o tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), além de leguminosas arbóreas como o olho de boi (*Dioclea latifolia* Benth) e algumas espécies do gênero *Bauhinia* spp.

O cultivo em aléias é um sistema agroflorestal que vêm sendo pesquisado como alternativa à agricultura itinerante de corte e queima na região de estudo (FERRAZ JÚNIOR *et al.*, 2006). Capoeiras de diferentes tamanhos e estágios de sucessão são comuns na região de estudo e são oriundas, principalmente, da fase de pousio da agricultura de corte e queima

(MUNIZ, 2004). Capoeiras velhas, seguidas por capoeiras novas, são os tipos de uso da terra mais similares à vegetação natural, a qual foi totalmente perdida na região de estudo.

Para cada tipo de uso da terra, foram selecionados quatro sítios de estudo (repetições) com no mínimo 1ha, totalizando 16 sítios de estudo. A distância mínima entre os sítios de estudo foi de pelo menos 400m.



Figura 2 Tipos de uso da terra selecionados para os experimentos referentes aos Capítulos 2 e 3: (a) pastagem, (b) cultivo em aléias, (c) capoeira nova e (d) capoeira velha.

O experimento referente ao Capítulo 4 foi realizado em um campo experimental localizado na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA (2°35' S, 44°12'O, elevação 35 m), São Luís, Maranhão, Brasil (Figura 3). A temperatura média anual da região é de 26,1°C e a pluviosidade média anual é de 2.100mm, com o período chuvoso de janeiro a junho, e o período seco de julho a dezembro.



Figura 3 Detalhe do sítio de estudo em São Luís, MA.

3 VESPAS E ABELHAS SOLITÁRIAS

Vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) são importantes provedores de serviços ambientais em ecossistemas e agroecossistemas, além de serem considerados organismos sensíveis às modificações ambientais (TSCHARNTKE; GATHMANN; STEFFAN-DEWENTER, 1998; MORATO; CAMPOS, 2000; KLEIN *et al.*, 2002; TYLIANAKIS; KLEIN; TSCHARNTKE, 2005; GAYUBO *et al.*, 2005; LOYOLA; MARTINS, 2006).

Existem cerca de 26.000 espécies de vespas no mundo, das quais 90% são solitárias (LOYOLA; MARTINS, 2006; BUSCHINI; WOISKI, 2008). Vespas solitárias possuem diversos hábitos de nidificação (MORATO; MARTINS, 2006), e vários grupos constroem seus ninhos em cavidades pré-existent no interior de troncos e galhos ocos ou perfurados por outros insetos, construindo células de barro ou de materiais vegetais como folhas, pétalas ou resina (BUDRIENÈ; BUDRYS; NEVRONYTÉ, 2004; MORATO; MARTINS, 2006). Os ninhos de diversas espécies de vespas solitárias são aprovionados com aranhas ou insetos fitófagos para a alimentação da prole (MORATO; CAMPOS, 2000; SOARES *et al.*, 2001; SANTONI; DEL LAMA, 2007; BUSCHINI; BUSS, 2010). Portanto, vespas solitárias podem ser importantes no controle biológico natural de insetos fitófagos presentes em agroecossistemas (TYLIANAKIS; KLEIN; TSCHARNTKE, 2005; KLEIN; STEFFAN-

DEWENTER; TSCHARNTKE, 2006; HOLZSCHUH; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2009).

Em relação às abelhas, estima-se que haja aproximadamente 25.000 espécies descritas em todo o mundo, sendo 85% delas classificadas como solitárias (FAO, 2004; LOYOLA; MARTINS, 2006). Também as abelhas solitárias apresentam hábitos de nidificação variados (MORATO; CAMPOS, 2000; MORATO; MARTINS, 2006). Algumas espécies nidificam no solo (ANTONINI; JACOBI; MARTINS, 2000; BUCHMANN, 2004) enquanto outras utilizam cavidades pré-existentes em troncos de árvores ou ramos ocos (MORATO; CAMPOS, 2000; AGUIAR; GARÓFALO, 2004; BUSCHINI, 2006; MENDES; RÊGO, 2007). Os ninhos de abelhas solitárias, geralmente, são construídos com folhas, resinas, óleos e outros materiais vegetais e aprovisionados com pólen, néctar e óleo coletado de flores (JESUS; GARÓFALO, 2000; AGUIAR *et al.*, 2003; LOYOLA; MARTINS, 2006). Diversas espécies de plantas dependem de abelhas solitárias para a sua reprodução, e a maioria dos táxons de abelhas dependem exclusivamente de flores para a obtenção de pólen, néctar, óleos, resinas, dentre outros recursos (MORATO; CAMPOS, 2000; LOYOLA; MARTINS, 2006). Adicionalmente, abelhas solitárias são eficientes polinizadoras de diversas culturas agrícolas (CORBET, 1991; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2003; KREMEN *et al.*, 2004).

Devido ao hábito de nidificar em cavidades pré-existentes, várias espécies de vespas e abelhas solitárias (Figuras 4 e 5) podem ser estudadas utilizando-se ninhos-armadilha (TSCHARNTKE; GATHMANN; STEFFAN-DEWENTER, 1998; AGUIAR; MARTINS, 2002). Ninhos-armadilha (Figura 6) são espaços tubulares preparados para que as fêmeas de vespas e abelhas solitárias nidifiquem, permitindo estudos de sua biologia, composição faunística, distribuição, dinâmica populacional e riqueza de espécies em diferentes habitats (TSCHARNTKE; GATHMANN; STEFFAN-DEWENTER, 1998; MORATO; CAMPOS, 2000; AGUIAR; MARTINS, 2002; ALVES-DOS-SANTOS, 2003; TYLIANAKIS *et al.*, 2004; TYLIANAKIS; KLEIN; TSCHARNTKE, 2005; KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2006; BUSCHINI, 2006; DRUMMONT; SILVA; VIANA, 2008).

Tanto vespas quanto abelhas solitárias são atacadas por parasitóides e cleptoparasitas da ordem Hymenoptera (VEDDELER *et al.*, 2010) (Figura 7). Parasitóides são insetos que parasitam outros insetos, matando seu hospedeiro no processo. Cleptoparasitas são espécies que ovopositam nos ninhos de seus hospedeiros. Enquanto se desenvolve, a larva do cleptoparasita consome o alimento aprovisionado no ninho, destruindo o ovo ou levando à

larva do hospedeiro à morte (SCOTT; KELLEY; STRICKLER, 2000; VEDDELER *et al.*, 2010).

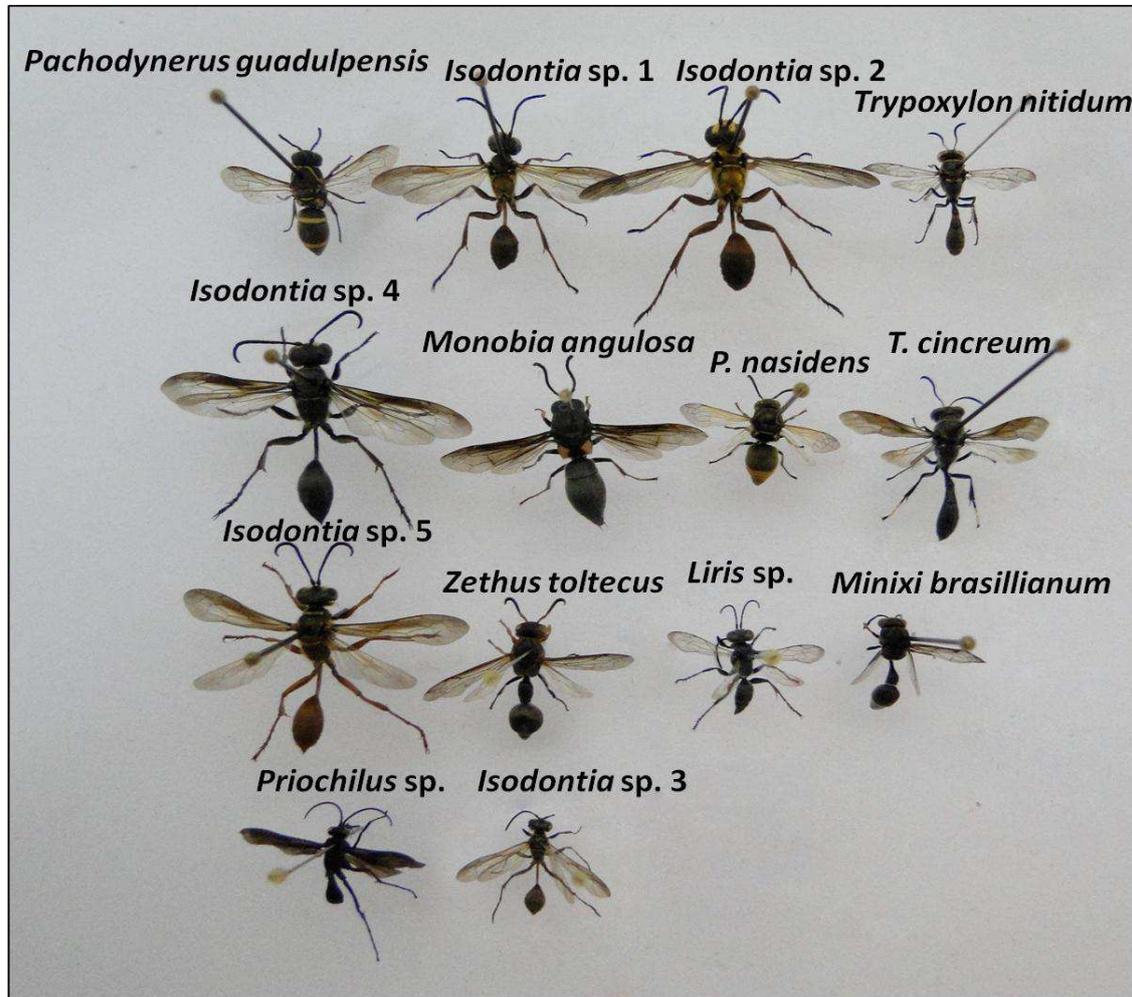


Figura 4 Vespas solitárias coletadas em ninhos-armadilha em Miranda do Norte, MA.

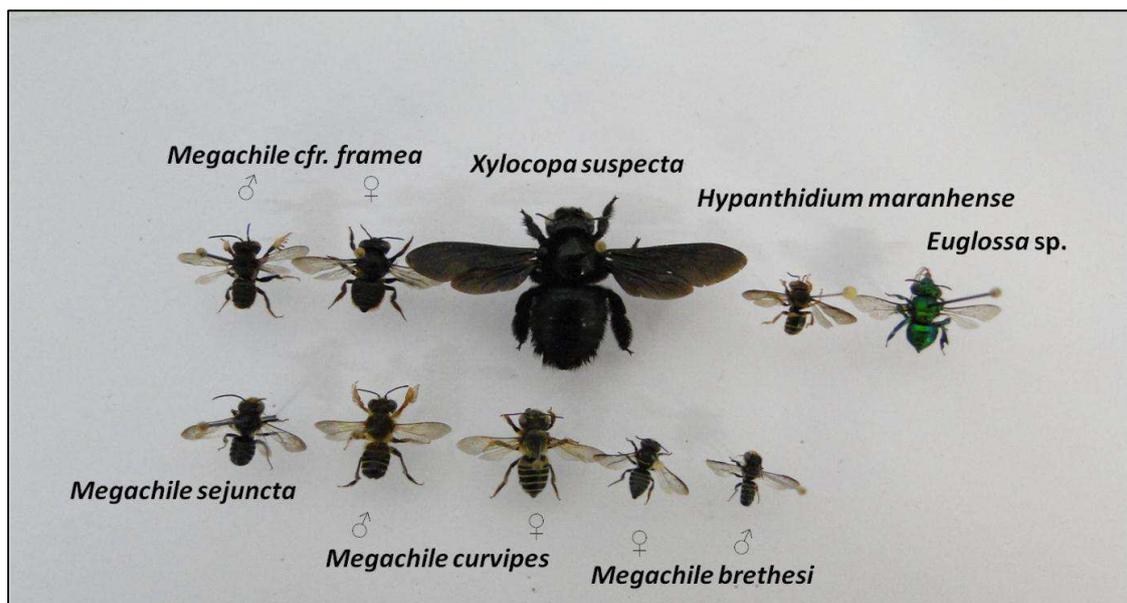


Figura 5 Abelhas solitárias coletadas em ninhos-armadilha em Miranda do Norte, MA.

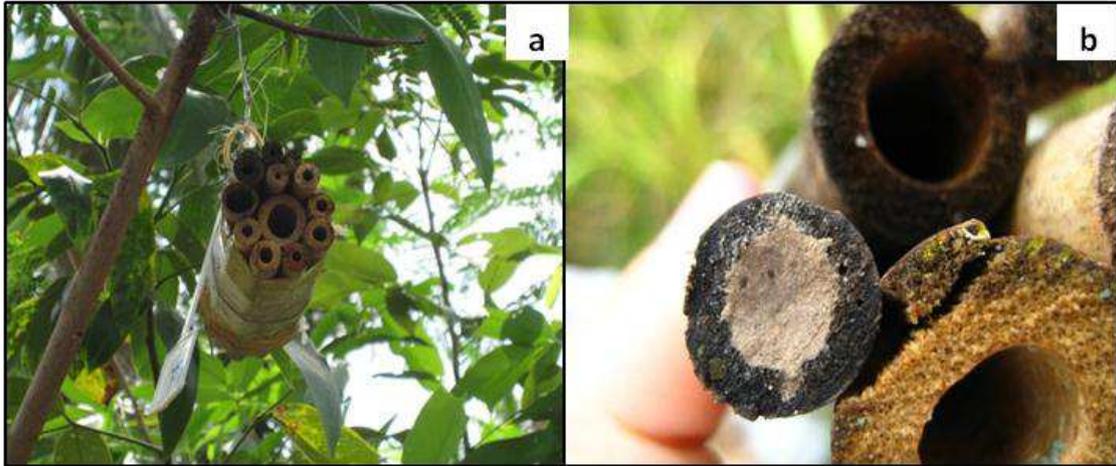


Figura 6 Ninho-armadilha para himenópteros (a) e internódio nidificado (b).

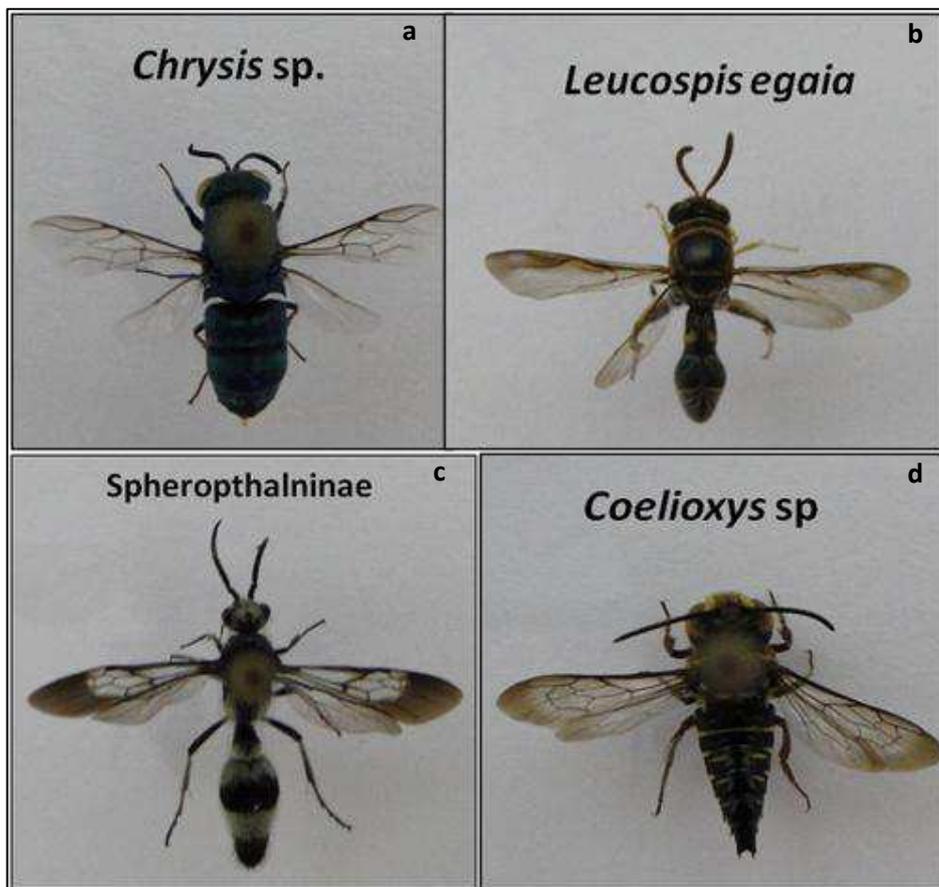


Figura 7 Parasitas e cleptoparasitas de vespas e abelhas solitárias coletados em ninhos-armadilha em Miranda do Norte, MA: Vespas (a, b e c) e abelha (d).

4 ESBOÇO DOS CAPÍTULOS

O capítulo 2 investiga a riqueza de vespas e abelhas solitárias em um gradiente decrescente de intensidade do uso da terra formado por pastagens, cultivos em aléias, capoeiras novas e capoeiras velhas ao longo de um ano. A riqueza de espécies de abelhas e vespas solitárias é maior em ambientes menos antropizados como capoeiras velhas e novas. No entanto, paisagens formadas por diferentes tipos de uso da terra, inclusive mais antropizados como cultivos em aléia e pastagens, ajudam a manter uma rica comunidade de vespas e abelhas.

O capítulo 3 aborda a influência da sazonalidade e uso da terra na flutuação populacional e composição faunística de vespas e abelhas solitárias. A densidade populacional de vespas e abelhas solitárias, no geral, não é influenciada pelo uso da terra. No entanto, a composição faunística de algumas espécies de vespas e abelhas solitárias muda em função do uso da terra. A sazonalidade influencia a abundância de vespas e abelhas solitárias. Adicionalmente, há uma interação entre a sazonalidade e o uso da terra para a abundância de vespas (mas não de abelhas). Paisagens heterogêneas podem aprovisionar recursos importantes para a manutenção de populações de vespas e abelhas solitárias.

O capítulo 4 investiga a influência da distância de um fragmento florestal na riqueza e abundância de vespas solitárias predadoras e, conseqüentemente, no controle biológico natural de uma praga chave do milho, a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith). A abundância de vespas predadoras (mas não a riqueza de espécies) diminuiu enquanto a abundância da lagarta-do-cartucho aumentou com o aumento da distância do fragmento florestal. Adicionalmente, densidades populacionais de vespas predadoras e da lagarta-do-cartucho foram negativamente correlacionadas. Cultivos agrícolas podem se beneficiar da proximidade com fragmentos florestais por meio de uma redução de pragas.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **The ecological role of biodiversity in agroecosystems.** Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 74, 19-31p., 1999.

AGUIAR, A.J.C.; MARTINS, C.F. **Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil)**. Revista Brasileira de Zoologia, vol. 19, 101-116p., 2002.

AGUIAR, C. M. L.; GARÓFALO, C. A. **Nesting biology of *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini)**. Revista Brasileira de Zoologia, vol. 21, 477–486p., 2004.

AGUIAR, C. M. L.; ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F.; CARVALHO, C. A. L. **Plantas visitadas por *Centris* spp. (Hymenoptera: Apidae) na Caatinga para obtenção de recursos florais**. Neotropical Entomology, vol. 32, 247-259p., 2003.

ALVES-DOS-SANTOS, I. **Trap-nesting bees and wasps on the University campus in São Paulo, southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata)**. Journal of Kansas Entomological Society, vol. 76, 328–334p., 2003.

ANTONINI, Y.; JACOBI, C.M.; MARTINS, R.P. **Philopatry in the Neotropical ground-nesting solitary digger bee, *Diadasina distincta* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera: Apidae) at a nesting site in southern Brazil**. Revista de Etologia, vol. 2, 111-119p., 2000.

ARMBRECHT, I.; PERFECTO, I. **Litter-twig dwelling ant species richness and predation potential within a forest fragment and neighbouring coffee plantations of contrasting habitat quality in Mexico**. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 97, 107–115p., 2003.

BAWA, K. S.; KRESS, W. J.; NADKARNI, N. M.; LELE, S.; RAVEN, P. H.; JANZEN, D. H.; LUGO, A. E.; ASHTON, P. S.; LOVEJOY, T. E. **Tropical ecosystems into the 21st century**. Science, vol. 306, 227–228p., 2004.

BENGTSSON, J.; ANGELSTAM, P.; ELMQUVIST, T.; EMANUELSSON, U.; FORBES, C.; IHSE, M. **Reserves, resilience and dynamic landscapes**. Ambio, vol. 32, 389–396p., 2003.

BIANCHI, F. J. J. A.; BOOIJ, C. J. H.; TSCHARNTKE, T. **Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control**. Proceedings of the Royal Society B, vol. 273, 1715–1727p., 2006.

BRAGAGNOLO, C.; NOGUEIRA, A. A.; PINTO-DA-ROCHA, R.; PARDINI, R. **Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: evaluating assemblage response to habitat quality and quantity**. Biological Conservation, vol. xx, 389–400p., 2007.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; DA FONSECA, G. A., GERLACH, J.; HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. **Global biodiversity conservation priorities**. *Science*, vol. 313, 58–61p., 2006.

BUCHMANN, S. L. **Aspects of Centridine biology (*Centris* spp.) importance for pollination, and use of *Xylocopa* spp. as greenhouse pollinators of tomatoes and other crops**. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. (Ed.) **Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 19–25.

BUDRIENÈ, A.; BUDRYS, E.; NEVRONYTÉ, Z. **Solitary Hymenoptera Aculeata inhabiting trap-nests in Lithuania: nesting choice and niche overlap**. *Latvijas Entomologs*, vol. 41, 19–31p., 2004.

BUSCHINI, M. L. T. **Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil**. *Apidologie*, vol. 37, 58–66p., 2006.

BUSCHINI, M. L. T.; BUSS, C. E. **Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae)**. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 70, 623–629p., 2010.

BUSCHINI, M. L. T.; WOISKI, T. D. **Alpha–beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil**. *Acta Zoologica (Stockholm)*, vol. 89, 351–358p., 2008.

CORBET, S. A. **Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community**. *Bee World*, vol. 72, 47–59p., 1991.

DAILY, G. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Island Press, Washington, 1997.

DAVIS, A.; HOLLOWAY, J.; HUIJBREGTS, H.; KRIKKEN, J.; KIRK-SPRIGGS, A.; SUTTON, S. **Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo**. *Journal of Applied Ecology*, vol. 38, 593–616p., 2001.

DE MARCO, P.; COELHO, F. M. **Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production**. *Biodiversity and Conservation*, vol. 13, 1245–1255p., 2004.

DÍAZ, A.; GALANTE, E.; FAVILA, M.E. **The effect of the landscape matrix on the distribution of dung and carrion beetles in a fragmented tropical rain forest.** Journal of Insect Science, vol. 10, 2010. DOI: 10.1673/031.010.8101.

DRUMMONT, P.; SILVA, F. O.; VIANA, B. F. **Ninhos de *Centris (Heterocentris) terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em fragmentos de Mata Atlântica secundária, Salvador, BA.** Neotropical Entomology, vol. 37, 239–246p., 2008.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). Conservation and management of pollinators for Sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. (Ed.) **Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 19–25.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Paying farmers for environmental services.** Roma: FAO. FAO Agriculture Series n°. 38, 2007.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Global Forest Resources Assessment 2010.** Roma: FAO, 2010. 340p.

FEARNSIDE, P. M. **Serviços ambientais como o uso sustentável de recursos naturais na Amazônia.** Inpa, Manaus, 2002.

FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F. Plantio direto na palha de leguminosas em aléias uma alternativa para o uso sustentável dos solos do Trópico Úmido. In: MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F. (Eds.) **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: Princípios e Tecnologias.** São Luís: UEMA, 2006. p. 221–237.

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; ALVES-DOS-SANTOS, I. The Brazilian solitary bees caught in trap nests. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. (Ed.) **Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. p. 77–84.

GAYUBO, S. F.; GONZÁLEZ, J. A.; ASÍS, J. D.; TORMOS, J. **Conservation of European environments: the spheciformes wasps as biodiversity indicators (Hymenoptera: Apoidea: Ampulicidae, Sphecidae and Crabronidae).** Journal of Natural History, vol. 39, 2705–2714p., 2005.

HOLZSCHUH, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. **Grass strip corridors in agricultural landscapes enhance nest site colonisation by solitary wasps.** *Ecological Applications*, vol. 19, 123–132p., 2009.

JESUS, B. M. V.; GAROFALO, C. A. **Nesting behaviour of *Centris (Heterocentris) analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini).** *Apidologie*, vol. 31, 503–515p., 2000.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; BUCHORI, D.; TSCHARNTKE, T. **Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps.** *Conservation Biology*, vol. 16, 1003-1014p., 2002.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. **Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees.** *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 270, 955–961p., 2003.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. **Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry.** *Journal of Animal Ecology*, vol. 75, 315–323p., 2006.

KLEIN, A.M. **Nearby rainforest promotes coffee pollination by increasing spatio-temporal stability in bee species richness.** *Forest Ecology and Management*, vol. 258, 1838–1845p., 2009.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R.L.; FAY, J.P.; THORP, R.W. **The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California.** *Ecology Letters*, vol. 7, 1109–1119p., 2004.

KREMEN, C. **Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?** *Ecology Letters*, vol.8, 468–479p., 2005.

KREMEN, C.; OSTFELD, R. S. **A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services.** *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol.3, 540–548p., 2005.

LOYOLA, R. D.; MARTINS, R. P. **Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant.** *Neotropical Entomology*, vol. 35,41–48p., 2006.

LUCK, G.W.; DAILY, G.C.; EHRLICH, P.R. **Population diversity and ecosystem services.** *Trends in Ecology and Evolution*, vol.18, 331–336p., 2003.

MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C. **Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil.** Revista Brasileira de Entomologia, vol. 51, 382–388p., 2007.

MIRANDA, M.; OTOYA, M. VENEGAS, I. **Estrategías y mecanismos financieros para la conservación y uso sostenible de los bosques en América Latina. Estudio de Caso: Costa Rica.** Relatório técnico. Proyecto Internacional de Cooperación Técnica FAO – UICN / Holanda GCP/INT/953/NET. 2005.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis.** Washington, DC: Island Press, 2005.

MORATO, E. F.; CAMPOS, L. A. O. **Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central.** Revista brasileira de Zoologia, vol. 17, 429–444p., 2000.

MORATO, E. F.; MARTINS, R. P. **An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood.** Neotropical Entomology, vol. 35, 285–298p., 2006.

MUNIZ, F.H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste: diversidade e estrutura. In: MOURA, E. G. (Ed.) **Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e semi-árido Maranhense.** São Luís: UEMA, 2004. p. 53–69.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. **Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm.** Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 1134, 173–200p., 2008.

RÊGO, M.; ALBUQUERQUE, P. **Polinização do Murici.** São Luís: MMA/EDUFMA, 2006. 104p.

RICKETTS, T. H. **Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops.** Conservation Biology, vol.18, 1262–1271p., 2004.

SANTONI, M. M.; DEL LAMA, M. A. **Nesting biology of the trap-nesting Neotropical wasp *Trypoxylon (Trypargilum) aurifrons* Shuckard (Hymenoptera, Crabronidae).** Revista Brasileira de Entomologia, vol. 51, 369–376p., 2007.

SCOTT, V. L.; KELLEY, S. T.; STRICKLER, K. **Reproductive biology of two *Coelioxys* cleptoparasites in relation to their *Megachile* hosts (Hymenoptera: Megachilidae).** *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 93, 941–948p., 2000.

SHAHABUDDIN; SCHULZE, C. H.; TSCHARNTKE, T. **Changes of dung beetle communities from rainforests towards agroforestry systems and annual cultures in Sulawesi (Indonesia).** *Biodiversity and Conservation*, vol. 14, 863–877p., 2005.

SILVA, P. M.; AGUIAR, C. A. S.; NIEMELA, J.; SOUSA, J. P., SERRANO, A. R. M. **Diversity patterns of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) along a gradient of land-use disturbance.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 124, 270–274p., 2008.

SOARES, L. A.; ZANETTE, L. R. S.; PIMENTA, H. R.; GONÇALVES, A. M.; MARTINS, R. P. **Nesting biology of *Isodontia costipennis* (Spinola) (Hymenoptera: Sphecidae).** *Journal of Hymenoptera Research*, vol. 10, 245–250p., 2001.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. **Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures.** *Journal of Biogeography*, vol. 31, 79–92p., 2004.

TSCHARNTKE, T.; GATHMANN, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. **Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions.** *Journal of Applied Ecology*, vol. 35, 708–719p., 1998.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. **Landscape perspective on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management.** *Ecology Letters*, vol. 8, 857–874p., 2005.

TSCHARNTKE, T.; RAND, T. A.; BIANCHI, F. J. J. A. **The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop–noncrop interface.** *Annales Zoologici Fennici*, vol. 42, 421–432p., 2005.

TSCHARNTKE, T.; BOMMARCO, R.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; KLEIJN, D.; RAND, T. A.; TYLIANAKIS, J. M.; VAN NOUHUYS, S.; VIDAL, S. **Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale.** *Biological Control*, vol. 43, 294–309p., 2007.

TYLIANAKIS, J.; VEDDELER, D.; LOZADA, T.; LÓPEZ, R. M.; BENÍTEZ, P.; KLEIN, A. M.; DE KONING, G. H. J.; OLSCHIEWSKI, R.; VELDKAMP, E.; NAVARRETE, H.; ONORE, G.; TSCHARNTKE, T. **Biodiversity of land-use systems in coastal Ecuador and**

bioindication using trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. Lyonia, vol.6, 7–15p., 2004.

TYLIANAKIS, J. M.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T. **Spatiotemporal variation in the diversity of hymenoptera across a tropical habitat gradient.** Ecology, vol. 86, 3296–3302p., 2005.

VEDDELER D.; SCHULZE C. H.; STEFFAN-DEWENTER I.; BUCHORI D.; TSCHARNTKE, T. **The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age.** Biodiversity Conservation, vol. 14, 3577–3592p. 2005.

VEDDELER, D.; TYLIANAKIS, J.; TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M. **Natural enemy diversity reduces temporal variability in wasp but not bee parasitism.** Oecologia, vol. 162, 755–762p., 2010.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. **Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental.** Revista de Ciências Agroveterinárias, vol. 4, 60–71p., 2005.

WUNDER, S. **The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation.** Conservation Biology, vol. 21, 48–58p., 2007.

CAPÍTULO 2

RIQUEZA DE ESPÉCIES DE VESPAS E ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA: HYMENOPTERA) EM RELAÇÃO AO USO DA TERRA

Riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) em relação ao uso da terra

Michela C. Batista^{1*}, Ruanno S. Almeida², Eduardo H. S. Sousa², Adenir V. Teodoro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, Maranhão, Brasil

²Estudantes de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3009, São Luís, Maranhão, Brasil.

*Correspondência: Michela Costa Batista

Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: costa_michela@yahoo.com

Resumo. Agroecossistemas dominam a paisagem dos trópicos, enquanto florestas e outros ecossistemas naturais geralmente distribuem-se dentro de uma matriz agrícola. Diversas espécies de organismos que vivem em fragmentos florestais interagem com áreas manejadas, porém a importância de tais áreas para a conservação da biodiversidade não está bem estabelecida. As comunidades de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) têm um papel chave no funcionamento de agroecossistemas e têm sido utilizadas em estudos de avaliação da biodiversidade em diferentes usos da terra. O objetivo deste trabalho foi avaliar a riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias durante o período de um ano ao longo de um gradiente decrescente de intensidade do uso da terra formado por pastagens, cultivos em aléias, capoeiras novas (8 anos de idade) e capoeiras velhas (20 anos de idade), utilizando ninhos-armadilha. A capoeira velha foi o uso da terra com maior riqueza de espécies de vespas e abelhas, enquanto os demais usos da terra apresentaram riqueza de espécies semelhante. A umidade relativa explicou a maior parte da variância para a riqueza de espécies de vespas enquanto a temperatura teve maior influência sobre a riqueza de espécies de abelhas. A composição da comunidade de vespas e de abelhas solitárias foi similar nos tipos de uso da terra mais antropizados, e algumas espécies desses himenópteros tiveram maior ocorrência em pastagem, cultivo em aléias e capoeira nova. Conclui-se que as comunidades de vespas e abelhas solitárias são influenciadas pelo uso da terra de modo que mais espécies são encontradas em áreas menos antropizadas como capoeiras, no entanto, usos da terra como cultivos em aléias e pastagens também contribuem para conservar espécies de vespas e abelhas solitárias, especialmente em paisagens dominadas por agroecossistemas.

Palavras-chave: agroecossistemas, bioindicadores, composição faunística, himenópteros, ninhos armadilha, serviços ambientais

Abstract. Agroecosystems dominate the landscape in the tropics, while forests and other natural ecosystems are usually distributed inside an agricultural matrix. Several species of organisms inhabiting forest fragments interact with managed areas, however the importance of such areas to biodiversity conservation is not well established. The communities of solitary wasps and bees (Insecta: Hymenoptera) play a key role in agroecosystem functioning and they have been used in studies of biodiversity assessment in different land use types. We aimed to assess the species richness of solitary wasps and bees over a 1-year period in a gradient of decreasing land use intensity formed by pastures, alley croppings, young fallows (8 years old), and old fallows (20 years old) using trap nests. Old fallow was the land use type with higher species richness of wasps and bees, while the remaining land uses had similar species richness. Relative humidity explained most of the variance for the species richness of wasps while temperature had higher influence on the species richness of bees. The communities' composition of solitary wasps and bees were similar in the more anthropized land use, and some species of these hymenopterans occurred more in pasture, alley cropping and young fallow. We conclude that the communities of solitary wasps and bees are influenced by land use in a way that more species are found in less anthropized areas such as fallows, however, land uses such as alley croppings and pastures also contribute to conserve species of solitary wasps and bees, especially in landscapes dominated by agroecosystems.

Key words: agroecosystems, bioindicators, faunistic composition, hymenopterans, trap nests, ecosystem services

Introdução

Agroecossistemas perfazem cerca de 70% da paisagem dos trópicos (McNeely & Scherr, 2003), e fragmentos de florestas e outros ecossistemas naturais geralmente encontram-se distribuídos dentro dessa matriz agrícola formando um mosaico de diferentes tipos de uso da terra (Klein *et al.*, 2002a; Schulze *et al.*, 2004; Olschewski *et al.*, 2006). Diversas espécies de organismos que vivem em fragmentos florestais interagem com agroecossistemas, porém o potencial de tais áreas para a conservação da biodiversidade ainda é pouco conhecido (Klein *et al.*, 2002a).

Historicamente, programas de preservação da biodiversidade têm focado em remanescentes de mata primária (Tscharntke *et al.*, 2005), no entanto tais áreas perfazem apenas 16% do ambiente terrestre (FAO, 2010) e são, portanto, insuficientes para diminuir o declínio da biodiversidade (Perfecto *et al.*, 2003; Tscharntke *et al.*, 2005). Deste modo, há um interesse crescente em entender o papel de habitats antropogênicos, como agroecossistemas, para conservação da biodiversidade (Klein *et al.*, 2002a; Bawa *et al.*, 2004; Tylianakis *et al.*, 2005; Perfecto & Vandermeer, 2008).

Diferentes organismos podem ser usados como indicadores para avaliar a biodiversidade (Tscharntke *et al.*, 1998; Davis *et al.*, 2001; Wanger *et al.*, 2009). Insetos são particularmente úteis como bioindicadores, pois representam mais da metade de todas as espécies de animais conhecidos, são de fácil amostragem e sua alta diversidade permite uma resolução em escala fina nos estudos de diferenciação entre habitats (Tylianakis *et al.*, 2004; Wink *et al.*, 2005). Vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) são sensíveis a alterações ambientais e são comumente utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental em diferentes usos da terra e habitats (Aguiar & Martins, 2002; Klein *et al.*, 2002a; Tylianakis *et al.*, 2005, 2006; Loyola & Martins, 2006). Vespas e abelhas refletem mudanças ecológicas através de sua

riqueza de espécies e parâmetros correlatos, e também por suas interações (predação e mortalidade devido a seus inimigos naturais) ou pelos serviços ambientais que fornecem (Buschini, 2006; Buschini & Woiski, 2008). Várias espécies de vespas solitárias predadoras atuam no controle biológico natural de diferentes espécies de artrópodes (Klein *et al.*, 2004; Buschini & Woiski, 2008; Holzschuh *et al.*, 2009). Adicionalmente, diversas espécies de abelhas solitárias são importantes polinizadoras de plantas nativas e cultivadas (Klein *et al.*, 2003; Garófalo *et al.*, 2004; Kremen, 2005; Rêgo & Albuquerque, 2006).

Várias espécies de vespas e abelhas solitárias nidificam em cavidades pré-existentes (em troncos e galhos ocos ou perfurados, por exemplo) e, portanto, podem ser estudadas utilizando-se ninhos-armadilha (Tschardt *et al.*, 1998; Morato & Campos, 2000; Aguiar & Martins, 2002; Mendes & Rêgo, 2007). Ninhos-armadilha são espaços tubulares preparados para a nidificação de algumas espécies de vespas e abelhas solitárias e podem ser usados no estudo de riqueza e abundância dessas espécies (Tschardt *et al.*, 1998; Aguiar & Martins, 2002; Tylianakis *et al.*, 2004, 2005; Holzschuh *et al.*, 2009).

Dado o exposto, o presente trabalho avaliou a riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha em um gradiente decrescente de intensidade do uso da terra formado por pastagens, cultivos em aléias, capoeiras novas (8 anos de idade) e capoeiras velhas (20 anos de idade) durante um ano. Pastagens e capoeiras em diferentes estágios de sucessão são comuns nos trópicos (McNeely & Scherr, 2003; Muniz, 2004), enquanto o cultivo em aléias é um tipo de sistema agroflorestal que vêm sendo estudado como uma alternativa à agricultura itinerante de corte e queima (Ferraz Júnior *et al.*, 2006). As seguintes questões foram abordadas neste estudo: (1) A riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias muda em função do uso da terra? (2) Qual é a importância relativa de variáveis ambientais para os padrões de riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias? (3) As comunidades de vespas e abelhas solitárias variam com o uso da terra? (4) Qual é a

importância relativa de agroecossistemas na manutenção de espécies de vespas e abelhas solitárias?

Material e métodos

Sítios de estudo

O experimento foi realizado em sítios de estudo localizados na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' S, 44° 34' O, elevação 44m), Maranhão, Brasil. A temperatura média anual da região é de 27°C e a pluviosidade média anual é de 1.615mm, com o período chuvoso de janeiro a maio, e o período seco de junho a dezembro. A vegetação natural da região foi completamente substituída por cultivos agrícolas de subsistência e pastagens para a criação de gado. Fragmentos de vegetação secundária (capoeiras) de diferentes tamanhos e estágios de sucessão encontram-se distribuídos em meio a uma matriz de áreas de cultivo e pastagens.

Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados: (i) *pastagens* de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf) não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng); (ii) *cultivos em aléias* entre 8 e 9 anos de idade e caracterizados pela presença de fileiras de leguminosas arbóreas leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R. Howard) entre as quais são realizados plantios de arroz, milho, feijão e mandioca; (iii) *capoeiras novas* com aproximadamente 8 anos de idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo-arbustivas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth); e (iv) *capoeiras velhas* com cerca de 20 anos de idade e constituídas principalmente de palmeiras como o babaçu e o tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), além de leguminosas arbóreas como o olho de boi (*Dioclea*

latifolia Benth) e algumas espécies do gênero *Bauhinia* spp. Para cada tipo de uso da terra foram selecionados 4 sítios de estudo (repetições) com no mínimo 1ha, totalizando 16 sítios de estudo. A distância mínima entre os sítios de estudo foi de pelo menos 400m.

Ninhos-armadilha e amostragem

Cada ninho-armadilha foi confeccionado com 15 internódios de bambu seco, com diâmetros internos variando de 2-20mm e comprimento de aproximadamente 20cm, presos com um fio de arame. Quatro ninhos-armadilha foram instalados em cada sítio de estudo nos vértices de um quadrado (5 x 5m) localizado a pelo menos 30m da borda, perfazendo um total de 64 ninhos-armadilha (960 internódios) em todos os sítios de estudo. Cada ninho-armadilha foi suspenso com um arame em um poste de madeira a uma altura de 1,5m do solo. Uma porção de cola entomológica (Isca Cola, Ijuí, Brasil) foi aplicada mensalmente ao redor do arame para impedir a entrada de formigas e outros artrópodes nos internódios. As coletas foram realizadas mensalmente durante um ano (dezembro de 2008 a novembro de 2009) através da retirada dos internódios ocupados (nidificados) de cada ninho-armadilha e subsequente substituição por internódios novos.

Os internódios nidificados foram levados ao Laboratório de Artrópodes do Programa de Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, e acondicionados em caixas de papelão (20 x 5cm) com tampa coberta com uma tela fina e plástico filme e observados diariamente até a emergência dos adultos de vespas e de abelhas. Após a emergência, os himenópteros foram mortos em acetato de etila, separados em morfoespécies, contados e, posteriormente, enviados para identificação. Espécimes voucher foram depositados na Coleção do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP), Curitiba, Paraná, Brasil.

Variáveis ambientais

Parâmetros abióticos foram medidos em cada sítio de estudo para explicar padrões de riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias. Temperatura e umidade relativa do ar foram medidas mensalmente, durante um ano, entre às 8:00 e 14:00, horas usando um termohigrômetro digital portátil (Termohigrômetro modelo 910.15chp, Alla Brasil) posicionado sobre o solo (Klein *et al.*, 2002a).

Diversidade vegetal

A diversidade herbácea foi amostrada em 4 áreas separadas de 0,25m² e a diversidade arbórea em duas áreas de 100m² em cada sítio de estudo (Klein *et al.*, 2002b adaptado). Todas as plantas herbáceas amostradas nas áreas de 0,25m² foram separadas em morfotipos e contadas. Nas áreas de 100m² apenas plantas cujo tronco possuía diâmetro a altura do peito (DAP) > 10cm foram identificadas com a ajuda de um mateiro e contadas (Lozada *et al.*, 2007 adaptado). O índice de diversidade de Shannon-Wiener para ervas e árvores foi calculado separadamente para cada sítio de estudo (Tabela 1).

Análise Estatística

Os estimadores de riqueza de espécies ACE e Chao 1 foram calculados para vespas e abelhas a fim de corroborar a eficiência do esforço amostral (saturação de espécies) usando o programa EstimateS 8 (Colwell, 2006). Posteriormente, foi testada a correlação entre a riqueza de espécies observada e a riqueza estimada por tipo de uso da terra para vespas e abelhas utilizando o programa Statistica 8.0 (StatSoft Inc 1984-2007). Curvas de saturação de

espécies baseadas na abundância de vespas e abelhas em cada uso da terra foram calculadas usando a função Mao Tau do programa EstimateS, utilizando-se como unidade amostral o número acumulado de indivíduos por sítio de estudo por mês (Gotelli & Colwell, 2001).

Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa das variáveis abióticas temperatura e umidade relativa do ar sobre a riqueza de espécies de vespas e abelhas ao longo do tempo. A análise de partição hierárquica estima a percentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally, 1996, 2000; Heikkinen *et al.*, 2004, 2005). As análises de partição hierárquica foram realizadas usando o programa R (Mc Nally & Walsh, 2004), com os pacotes “hier.part” e “gtools” (R 2.10.1, R Development Core Team, 2010).

Análises de componentes principais (PCA) usando a média mensal da abundância de vespas e de abelhas foram conduzidas para avaliar a similaridade das comunidades de himenópteros entre os usos da terra, com o programa Statistica 8.0. Neste método, as espécies são plotadas ao longo de eixos de variação da composição da comunidade ou alteração do espaço/tempo, os quais podem, subsequentemente, ser interpretados em termos de gradiente ambiental (Dias *et al.*, 2005). Todos os dados foram testados para a normalidade e transformados usando-se $\log(x+1)$ quando necessário.

Resultados

Foram encontradas 25 espécies de himenópteros, sendo 17 de vespas, pertencentes às famílias Chrysididae, Crabronidae, Leucospidae, Mutillidae, Pompilidae, Sphecidae, e Vespidae e 8 espécies de abelhas pertencentes às famílias Apidae e Megachilidae (Tabela 2).

Dentre as vespas, as famílias Vespidae (821 indivíduos) e Sphecidae (250 indivíduos) foram as mais diversas, com 5 espécies cada, seguidas por Crabronidae (529 indivíduos) com 3 espécies e Pompilidae (um indivíduo) com uma espécie. Entre as abelhas capturadas, a família Megachilidae foi a mais diversa com 6 espécies de abelhas (254 indivíduos), enquanto Apidae apresentou apenas 2 espécies (6 indivíduos).

As vespas das famílias Chrysididae (*Chrysis* sp. group. *Intricans* – 21 indivíduos), Leucospidae (*Leucospis egaia* Walker – 1 indivíduo) e Mutillidae (Spherothalpninae (subfamília)/sp. – 1 indivíduo), e uma espécie de abelha da família Megachilidae (*Coelioxys* sp. – 16 indivíduos) são parasitas de vespas e abelhas e não foram incluídas nas análises estatísticas. Os parasitas representaram 16% do total de espécies coletadas.

Riqueza de espécies

Curvas de saturação revelaram que a riqueza de espécies de vespas e abelhas aumenta com o número de indivíduos coletados em todos os usos da terra, atingindo um platô, o que indica que o esforço e o tamanho amostral foram adequados (Figs. 1a-b). O número de espécies de vespas e abelhas observado e estimado foi altamente correlacionado de acordo com a correlação de Pearson ($r > 0,98$, $P < 0,0001$, $n = 48$ para todos os usos da terra), corroborando os resultados das curvas de saturação de espécies. As curvas de saturação de espécies mostraram ainda que a riqueza de espécies na capoeira velha foi maior em comparação com capoeira nova, cultivo em aléias e pastagem, tanto para vespas quanto para abelhas (Figs. 1a-b). Não foi possível gerar curvas de saturação de espécies de abelhas para capoeira nova e cultivo em aléias devido à presença de apenas duas espécies de abelhas nesses usos da terra (Tabela 1, Fig. 1b).

Efeito de variáveis ambientais abióticas sobre a riqueza de espécies

A análise de partição hierárquica revelou que a maior parte da variância para a riqueza de espécies de vespas (83,26%) e abelhas (78,36%) foi explicada pelos efeitos independentes das variáveis ambientais. A umidade relativa apresentou a maior contribuição independente (70,00%) para a riqueza de vespas, seguida pela temperatura (13,30%) (Fig. 2a). No entanto, para a riqueza de abelhas a maior contribuição independente foi da temperatura (65,71%), seguida pela umidade (12,64%) (Fig. 2b).

Similaridade da comunidade entre os usos da terra

A PCA explicou 39,65% da variação encontrada para vespas, sendo 23,78% explicada pelo eixo 1 e 15,87% pelo eixo 2. As capoeiras velhas se distribuíram à direita no primeiro eixo, juntamente com uma capoeira nova e um cultivo em aléias, enquanto as demais áreas de capoeiras novas, cultivos em aléias e pastagens se distribuíram à esquerda (Fig. 3a). Dez espécies de vespas (*Minixi brasillianum* de Saussure, *Isodontia* sp.1, *Isodontia* sp.2, *Isodontia* sp.3, *Isodontia* sp. 4, *Isodontia* sp.5, *Trypoxylon cincreum* Cameron, *Liris* sp., *Zethus toltecus* de Saussure e *Priochilus* sp.) se agruparam à direita do eixo 1, onde se concentraram as capoeiras velhas, um dos cultivos em aléias e uma das capoeiras novas. As demais espécies de vespas (*Pachodynerus guadulpensis* de Saussure, *Pachodynerus nasidens* Latreille, *Trypoxylon nitidum* Smith e *Monobia angulosa* de Saussure) foram mais abundantes nas pastagens, cultivos em aléias e capoeiras novas (Fig. 3b).

Para abelhas, a PCA explicou 66,34% da variação encontrada, sendo 50,53% explicada pelo eixo 1 e 15,81% pelo eixo 2, embora não tenha havido grande distinção entre os sítios de estudo, os quais tenderam a se agrupar ao longo do primeiro eixo do gráfico (Fig. 4a). Uma

capoeira velha, uma capoeira nova e uma pastagem se posicionaram à esquerda no eixo 1, onde observa-se um agrupamento das espécies *Hypanthidium maranhense* Urban, *Megachile curvipes* Smith, *Megachile sejuncta* Cockerell e *Xylocopa Suspecta* Moure (Fig. 4b). A espécie *Megachile cfr. framea* Schrottky, foi onipresente em todos os usos da terra, enquanto que *Euglossa* sp. ocorreu em um cultivo em aléias e uma capoeira velha e *Megachile brethesi* Schrottky em uma pastagem e uma capoeira velha.

Discussão

Capoeira velha, que foi o uso da terra mais semelhante à vegetação original, abrigou uma maior riqueza de espécies de vespas e abelhas em comparação com ambientes mais antropizados como capoeira nova, cultivo em aléias e pastagem. A variável ambiental que mais influenciou a riqueza de espécies de vespas foi a umidade enquanto a riqueza de abelhas foi mais influenciada temperatura. A composição da comunidade de vespas e de abelhas foi similar entre os usos da terra mais antropizados, sendo que algumas espécies tiveram maior ocorrência em pastagem, cultivo em aléias, e capoeira nova.

A maior riqueza de espécies de vespas e abelhas solitárias encontrada na capoeira velha revela a importância desse uso da terra para a conservação da biodiversidade de himenópteros em paisagens pouco diversas e dominadas por agroecossistemas. Capoeiras podem ter um papel essencial na conservação de espécies, pois fornecem condições microclimáticas e uma variedade de recursos muitas vezes não encontrados em cultivos agrícolas como, por exemplo, temperatura e umidade favoráveis, locais para nidificação, alimento alternativo, recursos florais, dentre outros (Tschardtke *et al.*, 2007; Sobek *et al.*, 2009, Le Feón *et al.*, 2009). Ademais, em regiões onde se pratica a agricultura itinerante de corte e queima, áreas de capoeira em diferentes estágios sucessionais são comuns e, para diversas espécies de

artrópodes, quanto mais avançado for o estágio de sucessão do fragmento, maior será a riqueza (Veddeler *et al.*, 2005, Bragagnolo *et al.*, 2007).

A umidade foi o fator abiótico que mais influenciou a riqueza de espécies de vespas ao longo do ano, enquanto a riqueza de abelhas foi mais influenciada pela temperatura. Diversos estudos em regiões tropicais mostram a influência da variação de parâmetros ambientais como temperatura e umidade ao longo do ano sobre a riqueza de espécies de artrópodes (Guedes *et al.*, 2000; Philpott *et al.*, 2006; Wielgoss *et al.*, 2010). Estudos realizados na Indonésia, acerca do efeito da intensidade do uso da terra sobre a riqueza e abundância de vespas e abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha, mostraram uma correlação positiva entre a riqueza de espécies desses artrópodes e a intensidade do uso da terra relacionada a mudanças na temperatura e umidade. A intensificação do uso da terra eleva a temperatura enquanto diminui a umidade do habitat, favorecendo algumas espécies de vespas e abelhas solitárias (Klein *et al.*, 2002a).

A composição das comunidades de vespas e abelhas solitárias foi semelhante em capoeira nova, cultivo em aléias e pastagem. Certas espécies de vespas e abelhas solitárias podem explorar recursos encontrados em agroecossistemas, como a comunidade de herbívoros associada a plantas cultivadas e a alta diversidade herbácea, respectivamente, e, portanto, podem se beneficiar de usos da terra mais intensivos (Klein *et al.*, 2002b, 2006; Tylianakis *et al.*, 2006). As vespas *P. guadulpenis*, *P. nasidens* e *M. angulosa*, por exemplo, são predadoras de larvas de lepidópteros (Camillo *et al.*, 1997; Buschini & Buss, 2010) e podem ser favorecidas por altas densidades populacionais dessas larvas encontradas em cultivos agrícolas (Klein *et al.*, 2002b, 2004). De fato, essas espécies foram pouco abundantes ou ausentes em capoeira velha, que foi o tipo de uso da terra mais semelhante à vegetação original (Tabela 2). Algumas espécies de abelhas do gênero *Megachile* também podem se favorecer da alta diversidade herbácea encontrada nos usos da terra mais intensivos,

principalmente onde há abundância de espécies de Asteraceae e Leguminosae, pelas quais abelhas desse gênero têm mostrado preferência (Garófalo *et al.*, 2004). *Megachile cfr. framea* foi, de fato, mais abundante em tipos de uso da terra mais antropizados como pastagem e cultivo em aléias (Tabela 2).

Os resultados indicam que a comunidade de vespas e abelhas solitárias é influenciada pelo uso da terra de modo que mais espécies são encontradas em áreas menos antropizadas como capoeiras, embora cultivos em aléias e pastagens também contribuem para minimizar a perda de espécies de vespas e abelhas na região estudada. Paisagens formadas por diferentes tipos de uso da terra como capoeiras e plantios agrícolas apresentam uma grande variedade de nichos e recursos, ajudando a manter uma parte da comunidade de vespas e abelhas originalmente presente na vegetação nativa, especialmente em regiões onde a vegetação original foi totalmente substituída por agroecossistemas. Serviços ambientais como controle biológico e polinização podem, portanto, ser incrementados em tais paisagens.

Agradecimentos:

A Bolívar R. G. Barret, Daniele R. Parizotto, Gabriel A. R. Melo e Marcel G. Hermes (Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia) pela identificação das espécies de vespas e abelhas. À Fundação de Amparo a Pesquisa no Maranhão (FAPEMA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela concessão de bolsas de estudo ao primeiro, segundo e terceiro autores, respectivamente. Ao PNPd/CAPES pelo financiamento do projeto.

Referências:

- Aguiar, A.J.C. and Martins, C.F. (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 19, 101-116.
- Bawa, K.S., Kress, W.J., Nadkarni, N.M., Sharachandra, L., Raven, P.H., Janzen, D.H., Lugo, A.E., Ashton, P.S. and Lovejoy, T.E. (2004) Tropical ecosystems into the 21st century. *Science*, 306, 227–228.
- Bragagnolo, C., Nogueira, A.A., Pinto-da-Rocha, R. and Pardini, R. (2007) Harvestmen in an Atlantic forest fragmented landscape: evaluating assemblage response to habitat quality and quantity. *Biological Conservation*, xx, 389-400.
- Buschini, M.L.T. (2006) Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie*, 37, 58–66.
- Buschini, M.L.T. and Buss, C.E. (2010) Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae). *Brazilian Journal of Biology*, 70, 623-629.
- Buschini, M.L.T. and Woiski, T.D. (2008) Alpha–beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica*, 89, 351-358.
- Camillo, E., Garófalo, C.A. and Serrano, J.C. (1997) Biologia de *Monobia angulosa* Saussure em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 169-175.
- Colwell, R.K., (2006). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, Version 8. URL <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimatesS>

- Davis, A., Holloway, J., Huijbregts, H., Krikken, J., Kirk-Spriggs, A. and Sutton, S. (2001) Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. *Journal of Applied Ecology*, 38, 593-616.
- Dias, M.F.R., Brescovit, A.D. and Menezes, M. (2005) Aranhas de solo (Arachnida: Araneae) em fragmentos florestais no sul da Bahia, Brasil. *Biota Neotropica*, 5, [on line]. URL <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1a/pt/abstract?inventory+BN010051a2005>
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS) (2010) *Global Forest Resources Assessment 2010*. FAO, Rome. pp. 340.
- Ferraz Júnior, A.S.L., Moura, E.G and Aguiar, A.C.F. (2006) Plantio direto na palha de leguminosas em aléias uma alternativa para o uso sustentável dos solos do Trópico Úmido. O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo: Princípios e Tecnologias. (eds. E.G. Moura e A.C.F. Aguiar), pp. 221-237. UEMA, São Luís.
- Garófalo, C.A., Martins, C.F. and Alves-Dos-Santos, I. (2004) The Brazilian solitary bees caught in trap nests. *Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination* (ed. B.M. Freitas e J.O. Pereira), pp. 77-84. Imprensa Universitária, Fortaleza.
- Gotelli, N.J. and Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4, 379-391.
- Guedes, R.N.C., Zanuncio, T.V., Zanuncio, J.C. and Medeiros, A.G.B. (2000) Species richness and fluctuation of defoliator Lepidoptera populations in Brazilian plantations of *Eucalyptus grandis* as affected by plant age and weather conditions. *Forest Ecology Management*, 137, 179-184.
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R. and Rainio, K. (2004) Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology*, 41, 824–835.

- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Kuussaari, M. and Pöyry, J. (2005) New insights into butterfly–environment relationships using partitioning methods. *Proceedings of the Royal Society B*, 272, 2203–2210.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2009). Grass strip corridors in agricultural landscapes enhance nest site colonisation by solitary wasps. *Ecological Applications*, 19, 123–132.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. and Tscharntke, T. (2002a) Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16, 1003–1014.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2002b) Predator–prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 11, 638–693.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2003) Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology*, 40, 837–845.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2004) Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. *Journal of Animal Ecology*, 73, 517–525.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2006) Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology*, 75, 315–323.
- Kremen, C. (2005) Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 8, 468–479.
- Le Feón, V., Schermann-Legionnet, A., Delettre, Y., Aviron, S., Billeter, R., Bugter, R., Hendrickx, F. and Burel, F. (2009) Intensification of agriculture, landscape composition

- and wild bee communities: a large scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 143–150.
- Loyola, R.D. and Martins, R.P. (2006) Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. *Neotropical Entomology*, 35,41-48.
- Lozada, T., de Koning, G.H.J., Marché, R., Klein, A.M. and Tschardtke, T. (2007) Tree recovery and seed dispersal by birds, comparing forest, agroforestry and abandoned agroforestry in coastal Ecuador. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8, 131–140.
- Mc Nally, R. (1996) Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. *Australian Journal of Ecology*, 21, 224–228.
- Mc Nally, R. (2000) Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between – and reconciliation of – “predictive” and explanatory models. *Biodiversity Conservation*, 9, 655–671.
- Mc Nally, R. and Walsh, C.J. (2004) Hierarchical partitioning public-domain software. *Biodiversity Conservation*, 13, 659–660.
- McNeely, J.A. and Scherr, S. J. (2003) *Ecoagriculture: strategies for feeding the world and conserving wild biodiversity*. Island Press.
- Mendes, F.N. and Rêgo, M.M.C. (2007) Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51, 382-388.
- Morato, E.F. and Campos, L.A.O. (2000) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista brasileira de Zoologia*, 17, 429-444.

- Muniz, F.H. (2004) A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste: diversidade e estrutura. *Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e semi-árido Maranhense* (ed. E.G. Moura), pp. 53-69. UEMA, São Luís.
- Olschewski, R., Tschardtke, T., Benítez, P.C., Schwarze, S. and Klein, A.M. (2006) Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecology and Society*, 11, [online]. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/>
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T. and Vandermeer, J. (2003) Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tritaxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1239–1252.
- Perfecto, I. and Vandermeer, J. (2008) Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134, 173-200.
- Philpott, S., Perfecto, I. and Vandermeer, J. (2006) Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity Conservation*, 15, 139-155.
- R Development Core Team (2010). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <http://www.R-project.org>
- Rêgo, M. and Albuquerque, P. (2006) *Polinização do Murici*. MMA/EDUFMA, São Luís. pp. 104.
- Schulze C.H., Waltert M., Kessler P.J.A., Pitopang R., Shahabuddin, Veddeler D., Mühlenberg M., Gradstein S.R., Lleuschner C., Steffan-Dewenter I. and Tschardtke T. (2004) Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: comparing plants, birds, and insects, *Ecological Applications* 14, 1321–1335.

- Sobek, S., Tschardtke T., Scherber C., Schiele, S. and Steffan-Dewenter, I. (2009) Canopy vs. understory: does tree diversity affect bee and wasp communities and their natural enemies across forest strata? *Forest Ecology and Management*, 258, 609–615.
- Tschardtke, T.; Gathmann, A. and Steffan-Dewenter, I. (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, 35, 708-719.
- Tschardtke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. and Thies, C. (2005) Landscape perspective on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8, 857–874.
- Tschardtke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., van Nouhuys, S. and Vidal, S. (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 43, 294–309.
- Tylianakis, J., Veddeler, D., Lozada, T., López, R. M., Benítez, P., Klein, A. M., De Koning, G. H. J., Olschewski, R., Veldkamp, E., Navarrete, H., Onore, G. and Tschardtke, T. (2004) Biodiversity of land-use systems in coastal Ecuador and bioindication using trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Lyonia*, 6, 7-15.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M. and Tschardtke, T. (2005) Spatiotemporal variation in the diversity of hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86, 3296–3302.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M., Lozada, T. and Tschardtke, T. (2006) Spatial scale of observation affects alpha, beta and gamma diversity of cavity-nesting bees and wasps across a tropical land-use gradient. *Journal of Biogeography*, 33, 1295–1304.
- Veddeler D., Schulze C.H., Steffan-Dewenter I., Buchori D. and Tschardtke, T. (2005) The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age. *Biodiversity Conservation*, 14, 3577–3592.

- Wanger, T.C., Iskandar, D.T., Motzke, I., Brook, B.W., Sodhi, N.S., Clough, Y. and Tschardtke, T. (2009) Effects of land-use change on community composition of tropical amphibians and reptiles in Sulawesi, Indonesia. *Conservation Biology*, 24, 795–802.
- Wielgoss, A., Tschardtke, T., Buchori, D., Fiala, B. and Clough, Y. (2010) Temperature and a dominant dolichoderine ant species affect ant diversity in Indonesian cacao plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135, 253–259.
- Wink, C., Guedes, J.V.C., Fagundes, C.K. and Rovedder, A.P. (2005) Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 4, 60-71.

Tabelas

Tabela 1 – Índices de diversidade de Shannon-Wiener para vegetação herbácea e arbórea em função do uso da terra.

Índices de Shannon-Wiener	Uso da terra			
	PA	AL	CN	CV
Vegetação herbácea	1,01	1,27	1,36	1,18
Vegetação arbórea	0,22	0,18	1,03	0,73

*PA – Pastagem; AL – Cultivo em aléias; CN – Capoeira nova; CV – Capoeira velha

Tabela 2 – Vespas e abelhas e solitárias (Insecta: Hymenoptera) encontradas nos quatro tipos de uso da terra.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	USO DA TERRA*				
		PA	AL	CN	CV	Total
VESPIDAE	<i>Pachodynerus guadulpensis</i> de Saussure	73	361	137	43	614
	<i>Pachodynerus nasidens</i> Latreille	13	74	33	-	120
	<i>Monobia angulosa</i> de Saussure	50	-	19	8	77
	<i>Zethus toltecus</i> de Saussure	-	-	-	9	9
	<i>Minixi brasillianum</i> de Saussure	-	-	-	1	1
SPHECIDAE	<i>Isodontia</i> sp. 1	30	23	54	38	145
	<i>Isodontia</i> sp. 2	11	19	20	30	80
	<i>Isodontia</i> sp.5	-	9	-	4	13
	<i>Isodontia</i> sp. 4	-	-	11	-	11
	<i>Isodontia</i> sp. 3	-	-	-	1	1
CRABRONIDAE	<i>Trypoxylon nitidum</i> Smith	162	133	31	10	336
	<i>Trypoxylon cincreum</i> Cameron	-	13	87	92	192
	<i>Liris</i> sp.	-	-	-	1	1
CHRYSIDIDAE	<i>Chrysis</i> sp. group. <i>Intricans</i> **	-	15	2	4	21
MUTILLIDAE	Spherophthalninae (subfamília)**	-	-	1	-	1
LEUCOSPIDAE	<i>Leucospis egaia</i> Walker**	-	-	-	1	1
POMPILIDAE	<i>Priochilus</i> sp.	-	-	-	1	1
MEGACHILIDAE	<i>Megachile</i> cfr. <i>framea</i> Schrottky	65	70	23	39	197
	<i>Hypanthidium maranhense</i> Urban	-	-	9	13	22
	<i>Megachile curvipes</i> Smith	3	-	-	7	10
	<i>Megachile brethesi</i> Schrottky	4	-	-	1	5
	<i>Megachile sejuncta</i> Cockerell	-	-	-	4	4
	<i>Coelioxys</i> sp.**	4	5	-	7	16
APIDAE	<i>Euglossa</i> sp.	-	1	-	3	4
	<i>Xylocopa suspecta</i> Moure	-	-	-	2	2

* PA – Pastagem; AL – Cultivo em aléias; CN – Capoeira nova; CV – Capoeira velha

** Espécie parasita de vespas e abelhas que nidificam em ninhos-armadilhas. Não incluída nas análises estatísticas.

Figuras

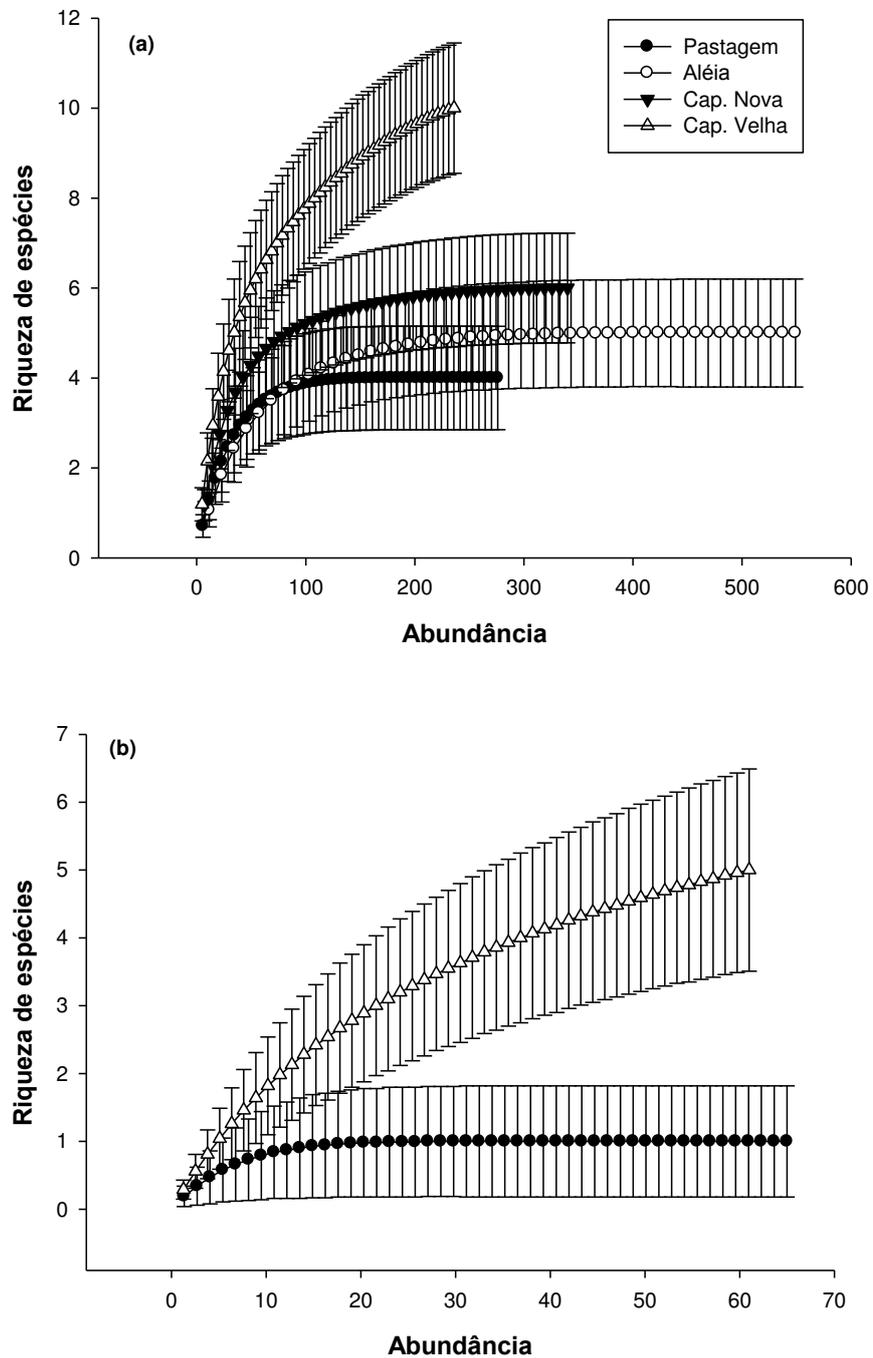


Fig. 1 Curvas de saturação padronizadas pelo número de espécies de (a) vespas e (b) abelhas solitárias geradas pelo estimador Mao Tau (em função da abundância de espécimes) em diferentes tipos de uso da terra. As barras de erro representam o desvio padrão.

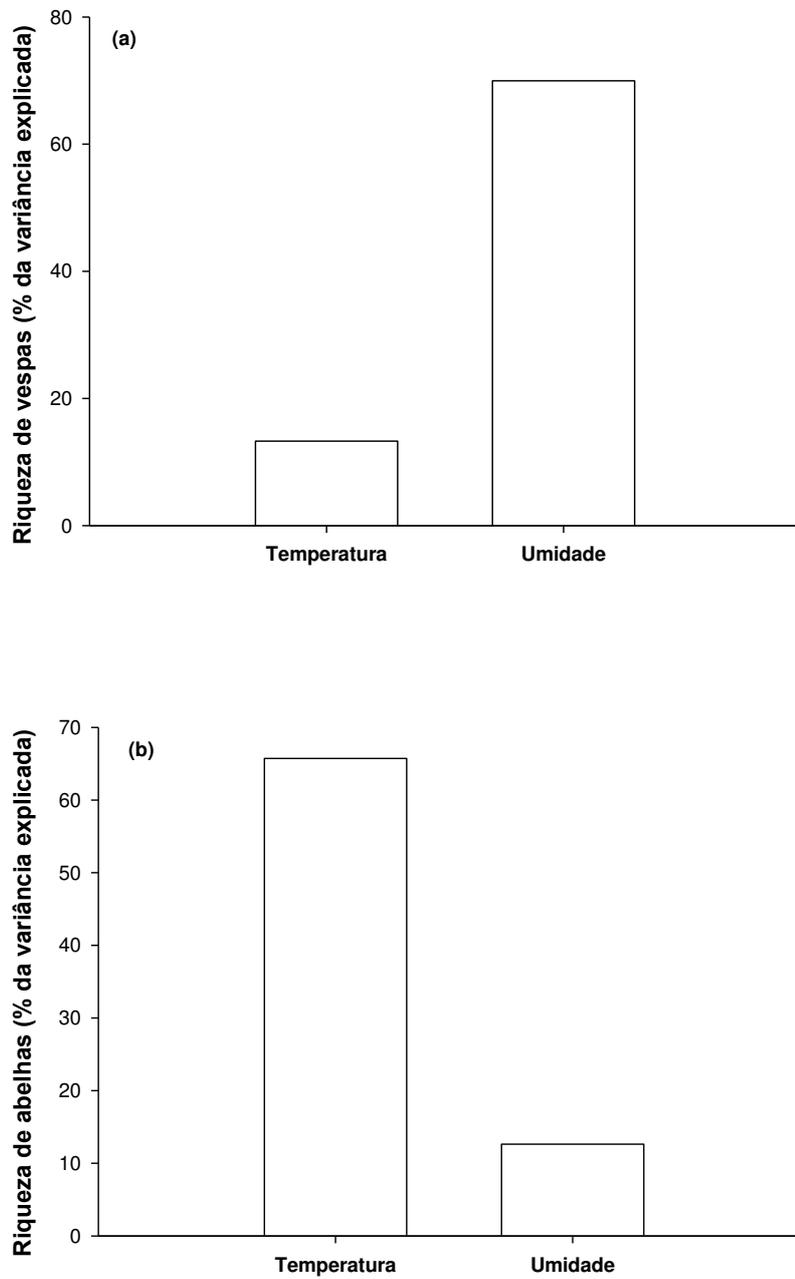


Fig. 2 Análise de partição hierárquica mostrando o efeito independente (apresentado como porcentagem de variância explicada) de variáveis ambientais abióticas para a riqueza de: (a) vespas e (b) abelhas solitárias.

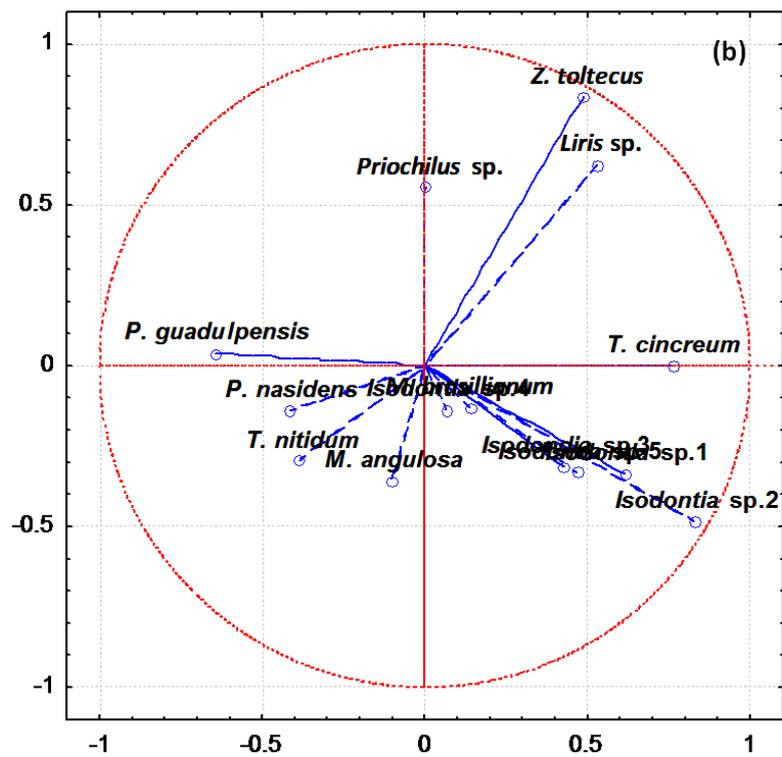
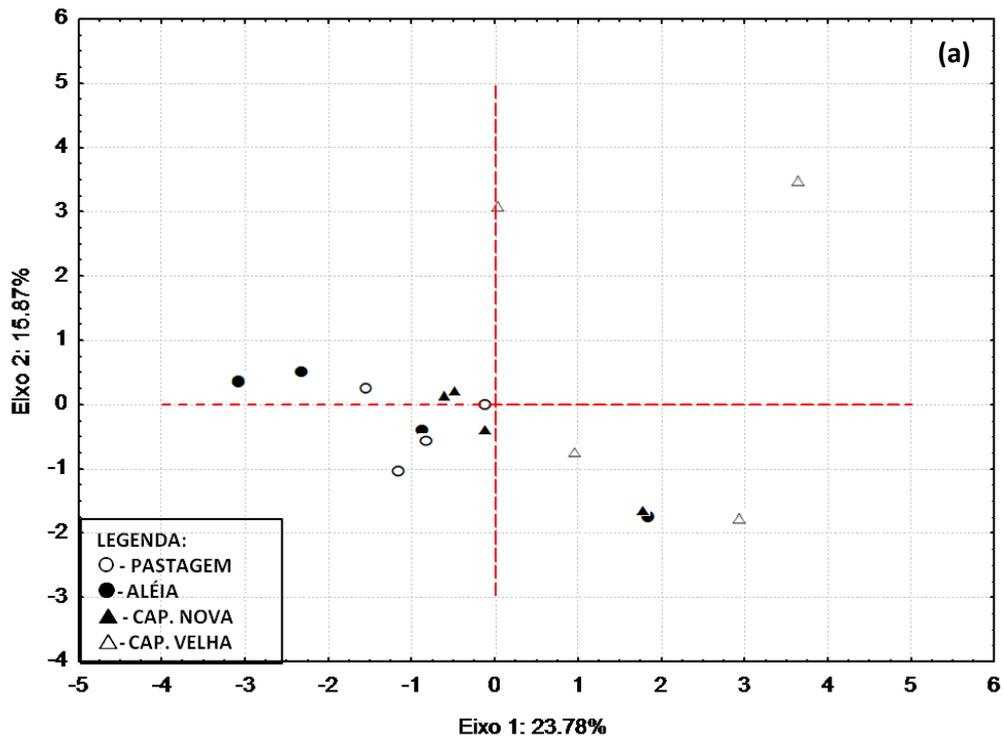


Fig. 3 Análise de Componentes Principais (PCA) para (a) usos da terra e (b) espécies de vespas solitárias.

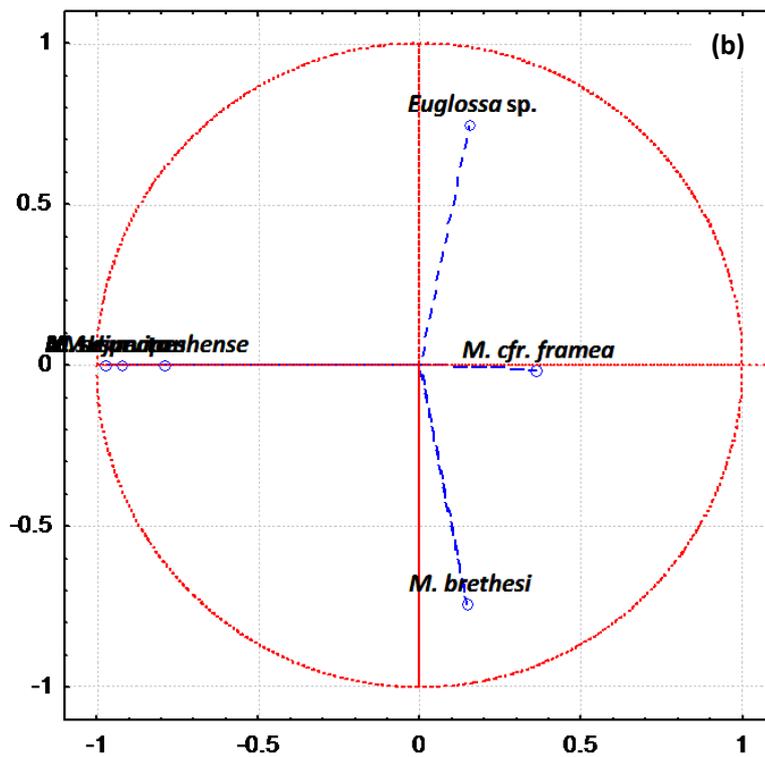
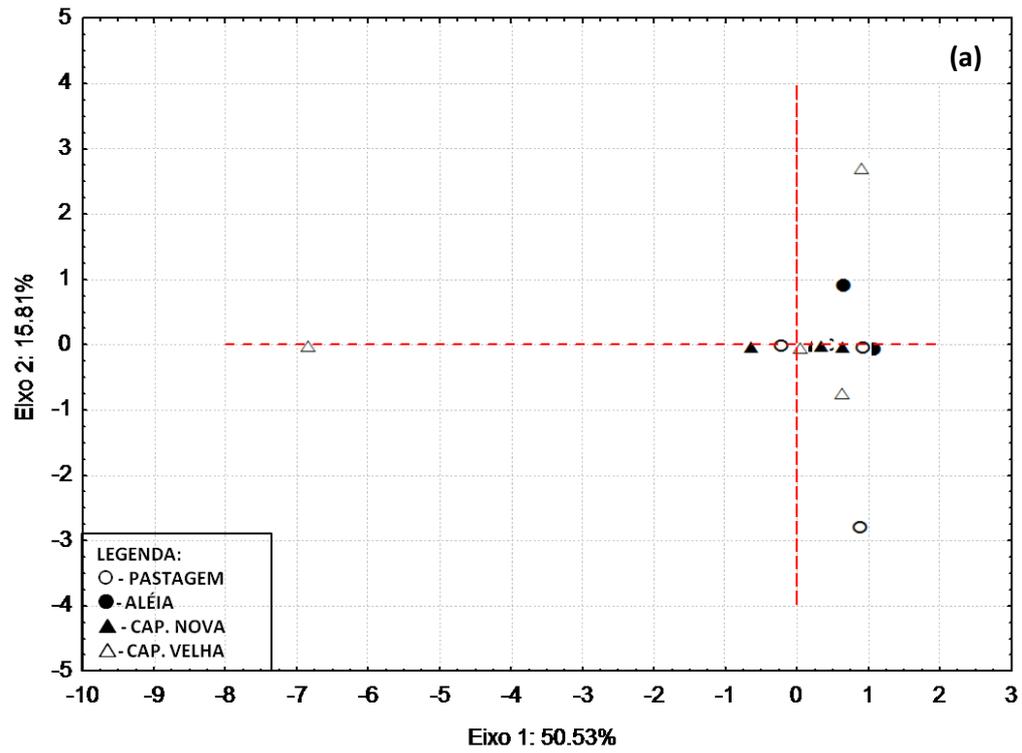


Fig. 4 Análise de Componentes Principais (PCA) para (a) usos da terra e (b) espécies de abelhas solitárias.

CAPÍTULO 3

***VARIAÇÃO TEMPORAL E COMPOSIÇÃO
FAUNÍSTICA DA COMUNIDADE DE VESPAS E
ABELHAS SOLITÁRIAS (INSECTA:
HYMENOPTERA) EM RELAÇÃO AO USO DA TERRA***

Variação temporal e composição faunística da comunidade de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) em relação ao uso da terra

Michela C. Batista^{1*}, Ruanno S. Almeida², Alexandra R. da Piedade², Adenir V. Teodoro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, Maranhão, Brasil.

²Estudantes de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3009, São Luís, Maranhão, Brasil.

*Correspondência: Michela Costa Batista

Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: costa_michela@yahoo.com

Resumo. Vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) têm um papel chave no funcionamento de ecossistemas e agroecossistemas. Cultivos agrícolas se beneficiam do controle biológico de pragas e da polinização desempenhados por vespas e abelhas solitárias, respectivamente. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica populacional e composição faunística de vespas e abelhas solitárias em relação ao uso da terra (pastagens, cultivos em aléias, capoeiras novas e capoeiras velhas) no Norte do Maranhão durante o período de um ano utilizando ninhos-armadilha. O uso da terra não influencia a abundância de vespas e abelhas solitárias de acordo com a Anova para Medidas Repetidas, no entanto, os níveis de dominância, abundância e frequência para as espécies *Pachodynerus guadulpensis* de Saussure, *Isodontia* sp.1, *Isodontia* sp. 2, *Trypoxylon nitidum* Smith e *Megachile* cfr. *framea* Schrottky variaram com o uso da terra como indicado pelas análises faunísticas. A abundância de vespas e abelhas variou ao longo do tempo com picos populacionais em janeiro (abelhas), e junho e julho (vespas). A umidade relativa explicou a maior parte da variação para a abundância de vespas enquanto a temperatura explicou maiores porções da variância para a abundância de abelhas. Houve uma interação entre o tempo e o uso da terra para a abundância de vespas (mas não para abelhas). Conclui-se que fragmentos de vegetação secundária como capoeiras e agroecossistemas como cultivos em aléias e pastagens podem aprovisionar recursos para a manutenção de populações de vespas e abelhas solitárias em regiões onde a vegetação original foi completamente removida, aumentando potencialmente serviços ambientais como controle biológico e polinização.

Palavras-chave: abundância, agroecossistemas, análise faunística, controle biológico, fatores abióticos, polinização.

Abstract. Solitary wasps and bees (Insecta: Hymenoptera) play a key role in ecosystem and agroecosystem functioning. Crops may benefit from biological pest control and pollination carried out by predatory solitary wasps and solitary bees, respectively. We aimed at evaluating the population dynamics and the faunistic compositions of solitary wasps and bees in respect to land use (pastures, alley croppings, young fallows and old fallows) in the North of the Maranhão state over a 1-year period using trap nests. The land use did not influence the abundance of solitary wasps and bees according to Repeated Measures Anova, however, the levels of dominance, abundance and frequency to the species *Pachodynerus guadulpensis* de Saussure, *Isodontia* sp.1, *Isodontia* sp. 2, *Trypoxylon nitidum* Smith and *Megachile* cfr. *framea* Schrottky varied with land use as indicated by faunistic analyses. The abundance of wasps and bees varied over time with populations peaking in January (bees), and June and July (wasps). Relative humidity explained the most portions of the variation to the abundance of wasps while temperature explained higher portions of the variance for the abundance of bees. There was an interaction between time and land use for the abundance of wasps (but not for bees' abundance). We conclude that secondary fragments of vegetation such as fallows as well as agricultural systems like alley croppings and pastures may provide resources to maintaining populations of solitary wasps and bees in regions where the original vegetation was completely removed, potentially increasing ecological services like biological control and pollination.

Key words: abundance, agroecosystems, faunistic analysis, biological control, abiotic predictors, pollination.

Introdução

Vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) são importantes componentes no funcionamento de ecossistemas e agroecossistemas (Morato & Campos, 2000; Tylianakis *et al.*, 2005; Buschini & Woiski, 2008). Vespas solitárias predadoras podem ter um papel chave na redução de determinadas espécies de pragas de cultivos, como larvas de lepidópteros (Tylianakis *et al.*, 2005) ou ninfas de ortópteros (Soares, *et al.*, 2001). No entanto, algumas espécies de vespas solitárias também atacam predadores benéficos como aranhas (Klein *et al.*, 2006, Santoni & Del Lama, 2007). Abelhas solitárias são eficientes polinizadoras de plantas nativas e cultivadas e a redução populacional desses insetos pode comprometer a produtividade de culturas agrícolas (Klein *et al.*, 2003; Kremen *et al.*, 2004; Ricketts *et al.*, 2008). Vespas e abelhas solitárias são consideradas excelentes bioindicadores, pois são sensíveis a alterações ambientais, como mudanças no microclima e na disponibilidade de recursos alimentares (Klein *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2004, 2005, 2006; Buschini & Woiski, 2008).

Vários fatores podem afetar a população de vespas e abelhas solitárias, como a abundância de presas, diversidade de recursos florais, disponibilidade de locais para nidificação e condições microclimáticas (Aguiar & Martins, 2002; Klein, *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2006). Diferentes tipos de uso da terra podem apresentar padrões distintos de fatores bióticos e abióticos essenciais para esses himenópteros e afetar a distribuição e densidade de suas populações (Klein *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2006). Desta forma, diferentes tipos de uso da terra em uma região podem se complementar, contribuindo para a manutenção de populações de vespas e abelhas solitárias e, conseqüentemente dos serviços ambientais provisionados por esses himenópteros (Tscharrntke *et al.*, 2005; 2007; Kremen, 2005). A variação sazonal de fatores abióticos, como umidade e temperatura, e de disponibilidade de

diversos recursos também pode influenciar a população de vários artrópodes, incluindo vespas e abelhas solitárias (Guedes *et al.*, 2000; Tylianakis *et al.*, 2005; Teodoro *et al.*, 2009). O presente trabalho avaliou a abundância de vespas e abelhas solitárias em diferentes tipos de uso da terra do Norte do Estado do Maranhão (pastagens, cultivos em aléias, capoeiras novas e capoeiras velhas) ao longo do tempo. As seguintes questões foram abordadas neste estudo:

- (1) A densidade populacional de vespas e abelhas solitárias muda em função do uso da terra?
- (2) A variação da temperatura e umidade relativa do ar ao longo do ano afeta a população de vespas e abelhas solitárias?
- (3) A composição faunística da comunidade de vespas e abelhas solitárias muda com o uso da terra?

Material e métodos

Sítios de estudo

O experimento foi realizado em sítios de estudo localizados na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' S, 44° 34' O, elevação 44 m), Maranhão, Brasil. A temperatura média anual da região é de 27°C e a pluviosidade média anual é de 1.615mm, com o período chuvoso de janeiro a maio, e o período seco de junho a dezembro. A vegetação natural da região foi completamente substituída por cultivos agrícolas de subsistência e pastagens para a criação de gado. Fragmentos de vegetação secundária (capoeiras) de diferentes tamanhos e estágios de sucessão encontram-se distribuídos em meio a uma matriz de áreas de cultivo e pastagens.

Quatro tipos de uso da terra presentes na região foram selecionados: (i) *pastagens* de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf) não manejadas e com presença esparsa de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng); (ii) *cultivos em aléias* entre 8 e 9

anos de idade e caracterizados pela presença de fileiras de leguminosas arbóreas leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R. Howard) entre as quais são cultivados arroz, milho, feijão e mandioca; (iii) *capoeiras novas* com aproximadamente 8 anos de idade e caracterizadas pela presença de espécies arbóreo-arbustivas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth); e (iv) *capoeiras velhas* com cerca de 20 anos de idade e constituídas principalmente de palmeiras como o babaçu e o tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.) além de leguminosas arbóreas como o olho de boi (*Dioclea latifolia* Benth) e algumas espécies do gênero *Bauhinia* spp. Para cada tipo de uso da terra foram selecionados 4 sítios de estudo (repetições) com no mínimo 1ha, totalizando 16 sítios de estudo. A distância mínima entre os sítios de estudo foi de pelo menos 400m.

Ninhos-armadilha e amostragem

Ninhos-armadilha são espaços tubulares preparados para a nidificação de algumas espécies de vespas e abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes (Tschardtke *et al.*, 1998; Aguiar & Martins, 2002; Tylianakis *et al.*, 2004; Buschini & Woiski, 2008; Sobek *et al.*, 2009). Cada ninho-armadilha foi confeccionado com 15 internódios de bambu seco, com diâmetros internos variando de 2-20mm e comprimento de aproximadamente 20cm, presos com um fio de arame. Quatro ninhos-armadilha foram instalados em cada sítio de estudo nos vértices de um quadrado (5 x 5m) localizado a pelo menos 30m da borda, perfazendo um total de 64 ninhos-armadilha (960 internódios) em todos os sítios de estudo. Cada ninho-armadilha foi suspenso com um arame em um poste de madeira a 1,5m de altura do solo. Uma porção de cola entomológica (Isca Cola, Ijuí, Brasil) foi aplicada mensalmente ao redor do arame para impedir a entrada de formigas e outros artrópodes nos internódios. As coletas foram realizadas mensalmente durante um ano (dezembro de 2008 a novembro de 2009) através da

retirada dos internódios ocupados (nidificados) em cada ninho-armadilha e subsequente substituição por internódios novos.

Os internódios nidificados foram levados ao Laboratório de Artrópodes do Programa de Pós-graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, e acondicionados em caixas de papelão (20 x 5cm) com tampa coberta com uma tela fina e plástico filme e observados diariamente até a emergência dos adultos. Após a emergência, os himenópteros foram mortos em acetato de etila, separados em morfoespécies e, posteriormente, enviados para identificação. Espécimes voucher foram depositados na Coleção do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP), Curitiba, Paraná, Brasil.

Variáveis ambientais

Parâmetros abióticos foram medidos em cada sítio de estudo para explicar os padrões de abundância de vespas e abelhas solitárias. Temperatura e umidade relativa do ar foram medidas mensalmente, durante um ano, entre às 8:00 e 14:00, horas usando um termohigrômetro digital portátil (Termohigrômetro modelo 910.15chp, Alla Brasil) colocado sobre o solo (Klein *et al.*, 2002).

Análise estatística

Análises de variância para medidas repetidas com soma de quadrados do tipo I (seqüencial) foram realizadas com o programa Statistica 8.0 (StatSoft Inc 1984-2007), para testar o efeito do uso da terra sobre a abundância de vespas e abelhas solitárias ao longo do tempo. Análises de variância adicionais, seguidas de teste de Fisher LSD (5% de probabilidade), foram conduzidas para testar diferenças entre os usos da terra para cada mês.

Foram realizadas análises faunísticas da comunidade de vespas e abelhas solitárias nos diferentes usos da terra. As análises faunísticas consistiram nos cálculos de dominância (espécie que apresenta frequência superior a $1/S$, onde S é o número total de espécies na comunidade), abundância (número de indivíduos por unidade amostral) e frequência (% de indivíduos de uma espécie com relação ao total de indivíduos) (Silveira Neto *et al.*, 1976) utilizando o programa ANAFAU, desenvolvido pela ESALQ/USP (Lofego & Moraes, 2006). Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa das variáveis ambientais abióticas temperatura e umidade relativa do ar sobre a abundância de vespas e abelhas solitárias ao longo do tempo. A análise de partição hierárquica estima a percentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally, 1996, 2000; Heikkinen *et al.*, 2004, 2005). As análises de partição hierárquica foram realizadas usando o programa R (Mc Nally & Walsh, 2004), com os pacotes “hier.part” e “gtools” (R 2.10.1, R Development Core Team 2010). Todos os dados foram testados para normalidade e transformados usando-se $\log(x+1)$ sempre que necessário.

Resultados

Foram encontradas 17 espécies de vespas (famílias Chrysididae, Crabronidae, Leucospidae, Mutillidae, Pompilidae, Sphecidae e Vespidae) e 8 espécies de abelhas (famílias Apidae e Megachilidae), perfazendo um total de 25 espécies de himenópteros (Tabela 1). Vespidae foi a família de vespas mais abundante com 821 indivíduos (5 espécies), seguida por Crabronidae, com 529 indivíduos (3 espécies), Sphecidae, 250 indivíduos (5 espécies), e

Pompilidae, um indivíduo (uma espécie). Megachilidae foi a família mais numerosa de abelhas com 254 indivíduos (6 espécies) comparada à Apidae com 6 indivíduos (2 espécies). As vespas das famílias Chrysididae (*Chrysis* sp. group. *Intricans* – 21 indivíduos), Mutillidae (Spherophthalninae (subfamília)/sp. – 1 indivíduo), Leucospidae (*Leucospis egaia* Walker – 1 indivíduo) e uma espécie de abelha da família Megachilidae (*Coelioxys* sp. – 16 indivíduos) são parasitas de vespas e abelhas e, portanto, não foram incluídas nas análises estatísticas. Os parasitas representaram apenas 2,08% do total de espécimes coletadas.

Efeito do uso da terra e sazonalidade sobre a abundância de himenópteros

A abundância de vespas não foi afetada ($F_{3, 60} = 2,657$, $P = 0,056$) pelo uso da terra (Fig. 1a). O tempo influenciou a abundância de vespas ($F_{11, 660} = 7,327$, $P < 0,0001$), com um pico populacional nos meses de junho e julho (Fig. 1b). A interação entre o uso da terra e o tempo para a abundância de vespas foi significativa nos meses de janeiro ($F_{3, 60} = 4,152$, $P = 0,009$), março ($F_{3, 60} = 3,727$, $P = 0,016$), abril ($F_{3, 60} = 2,882$, $P = 0,043$), maio ($F_{3, 60} = 3,017$, $P = 0,037$), junho ($F_{3, 60} = 3,324$, $P = 0,025$), julho ($F_{3, 60} = 7,850$, $P = 0,0002$), agosto ($F_{3, 60} = 4,053$, $P = 0,011$) e outubro ($F_{3, 60} = 3,866$, $P = 0,0135$) enquanto que não houve diferença significativa para os meses de dezembro ($F_{3, 60} = 2,231$, $P = 0,094$), fevereiro ($F_{3, 60} = 1,328$, $P = 0,273$), setembro ($F_{3, 60} = 1,540$, $P = 0,213$) e novembro ($F_{3, 60} = 2,321$, $P = 0,084$) (Fig. 1c). A abundância de abelhas não foi afetada pelo uso da terra ($F_{3, 60} = 1,108$, $P = 0,353$) (Fig. 2a). O tempo afetou a abundância de abelhas ($F_{11, 660} = 2,863$, $P = 0,001$), com um pico populacional mais pronunciado em janeiro (Fig. 2b). Não houve interação entre o uso da terra e o tempo ($F_{33, 660} = 1,340$, $P = 0,099$) para a abundância de abelhas (Fig. 2c).

Composição faunística de vespas e abelhas

Níveis de dominância, abundância e frequência para a maioria das espécies de vespas e abelhas não foram afetados pelo uso da terra (Tabela 2). No entanto, para as espécies de vespas *Pachodynerus guadulpensis* de Saussure, *Isodontia* sp.1, *Isodontia* sp. 2, *Trypoxylon nitidum* Smith e a abelha *Megachile* cfr. *framea* Schrottky, os níveis de dominância, abundância e frequência mudaram com o uso da terra. *Pachodynerus guadulpensis* passou de dominante comum e freqüente em pastagem, para super dominante, super abundante e super freqüente em cultivo em aléias e dominante, muito abundante e muito freqüente em capoeira nova e velha. *Isodontia* sp. 1 passou de comum e freqüente em pastagem, cultivo em aléias e capoeira nova, para muito abundante e muito freqüente em capoeira velha. *Isodontia* sp. 2 passou de disperso e pouco freqüente em pastagem, para comum e freqüente em cultivo em aléias e capoeira nova e muito abundante e muito freqüente em capoeira velha. *Trypoxylon nitidum* passou de muito abundante e muito freqüente em pastagem e cultivo em aléias, para comum e freqüente em capoeira nova e velha. *Megachile* cfr. *framea* passou de comum e freqüente em cultivo em aléias, pastagem e capoeira nova, para muito abundante e muito freqüente em capoeira velha.

Efeito das variáveis ambientais abióticas sobre a abundância de vespas e abelhas

A maior parte da variância para a abundância vespas (61,16%) e abelhas (64,66%) foi explicada pelos efeitos independentes das variáveis. A variável ambiental abiótica umidade apresentou a maior contribuição independente (41,67%) para a abundância de vespas, seguida pela temperatura (19,48%) (Fig. 3a). No entanto, para a abundância de abelhas a maior

contribuição independente foi da temperatura (49,07%) seguida pela umidade (15,59%) (Fig.3b).

Discussão

Embora a abundância de vespas e abelhas não tenha sido afetada pelo uso da terra, houve uma variação sazonal da densidade populacional de vespas (mas não de abelhas) em alguns usos da terra. Níveis de dominância, abundância e frequência de algumas espécies de vespas e de uma espécie de abelha também mudaram em função do uso da terra. As densidades populacionais de vespas e abelhas variaram ao longo do tempo com picos populacionais nos meses de janeiro (abelhas) e junho e julho (vespas). Adicionalmente, a umidade foi o fator ambiental abiótico que explicou a maior parte da variância na abundância de vespas enquanto a temperatura explicou a maiores porções da variância na abundância de abelhas.

As análises de variância não revelaram efeito do uso da terra sobre a abundância de vespas e abelhas. No entanto, os níveis de dominância, abundância e frequência de algumas espécies (*P. guadulpensis*, *Isodontia* sp.1, *Isodontia* sp. 2, *T. nitidum* e *M. cfr. framea*) mudaram com o uso da terra demonstrando que os diferentes habitats da região afetam o nível populacional desses himenópteros. Vários habitats formando uma paisagem heterogênea oferecem uma grande quantidade de nichos e possibilidades de exploração de recursos (Silva *et al.*, 2008), podendo favorecer a manutenção de populações de artrópodes (Clough *et al.*, 2005; Tscharntke *et al.*, 2005; Kremen, 2005). Por exemplo, capoeiras podem fornecer recursos escassos nos cultivos agrícolas, como cobertura vegetal permanente, locais de abrigo e nidificação e fontes alternativas de pólen e néctar para as espécies que interagem com os plantios (Tscharntke *et al.*, 2007; Sobek *et al.*, 2009). Agroecossistemas, por sua vez, geralmente contêm uma grande quantidade de presas e recursos florais em determinadas

épocas do ano que podem favorecer as populações de artrópodes (Tschardtke *et al.*, 2005; 2007). Deste modo, diferentes tipos de uso da terra em uma região podem se complementar contribuindo para a manutenção de insetos como vespas e abelhas solitárias e conseqüentemente dos serviços ambientais providos por esses artrópodes em agroecossistemas próximos (Tschardtke *et al.*, 2005; 2007; Kremen, 2005).

As vespas *P. guadulpensis*, *Isodontia* sp.1 e *Isodontia* sp. 2, providam seus ninhos com larvas de lepidópteros e ninfas de ortópteros respectivamente (Buschini & Buss, 2010; Soares, *et al.*, 2001). Essas espécies de vespas podem atuar no controle biológico de pragas associadas aos cultivos agrícolas. *Trypoxylon nitidum*, por sua vez, provida seus ninhos com aranhas (Santoni & Del Lama, 2007), e grandes populações dessa vespa podem prejudicar o controle natural de pragas conduzido por aracnídeos. A espécie *M. cfr. framea* pode ser polinizadora de plantas cultivadas, pois as espécies do gênero *Megachile* encontradas no Brasil têm mostrado potencial para incrementar a produção de sementes de Leguminosae, além de diversas plantas ornamentais, medicinais e comestíveis (Garófalo, *et al.*, 2004).

A abundância de vespas e abelhas solitárias variou ao longo do tempo com picos populacionais de vespas nos meses de junho e julho (período seco) e de abelhas em janeiro (período chuvoso). Mudanças sazonais de temperatura e umidade relativa, são conhecidas por afetarem a densidade populacional de diversas espécies de artrópodes (Philpott *et al.*, 2006; Teodoro *et al.*, 2009), incluindo vespas e abelhas solitárias (Tylianakis *et al.*, 2005). Na região onde o estudo foi conduzido, durante o período seco a temperatura média é mais elevada e a umidade relativa mais baixa, enquanto no período chuvoso ocorre o inverso. Desta forma, contrastando-se os picos populacionais com os resultados de partição hierárquica, é possível que umidades relativas mais baixas favoreçam as populações de vespas solitárias enquanto temperaturas médias mais amenas favoreçam as abelhas solitárias.

O uso da terra influenciou a abundância de vespas em alguns meses. De um modo geral, a abundância de vespas foi maior em cultivos em aléias durante os meses de março, junho e julho. A variação sazonal na disponibilidade de recursos, assim como a temperatura e umidade, em diferentes habitats também pode influenciar as populações de insetos, especialmente quando recursos importantes se tornam disponíveis em períodos diferentes (Wolda, 1988, Tylianakis *et al.*, 2005). Por exemplo, Klein *et al.* (2002) determinaram a resposta da comunidade de vespas e abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha ao uso da terra na Indonésia. A abundância de vespas solitárias eumenídeas foi maior nos usos da terra mais antropizados, como agroflorestas de manejo intensivo, possivelmente devido à grande quantidade de presas encontradas além das condições microclimáticas de temperatura e umidade.

Conclui-se que em regiões onde a mata original foi completamente substituída, fragmentos de vegetação secundária como capoeiras juntamente com sistemas agrícolas como cultivos em aléias e pastagens podem aprovisionar recursos importantes para a manutenção de populações de vespas e abelhas solitárias.

Agradecimentos:

A Bolívar R. Garcete Barret, Daniele R. Parizotto, Gabriel A. R. Melo e Marcel G. Hermes (Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia) pela identificação das espécies de vespas e abelhas. À Fundação de Amparo a Pesquisa no Maranhão (FAPEMA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo ao primeiro e segundo autores. Ao PNPd/CAPES pelo financiamento do projeto.

Referências :

- Aguiar, A.J.C. and Martins, C.F. (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 19, 101-116.
- Buschini, M.L.T. and Woiski, T.D. (2008) Alpha–beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica (Stockholm)*, 89, 351-358.
- Buschini, M.L.T. and Buss, C.E. (2010) Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae). *Brazilian Journal of Biology*, 70, 623-629.
- Clough, Y., Kruess, A., Kleijn, D. and Tschardtke, T. (2005) Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. *Journal of Biogeography*, 32, 2007–2014.
- Garófalo, C.A., Martins, C.F. and Alves-Dos-Santos, I. (2004) The Brazilian solitary bees caught in trap nests. *Solitary bees: Conservation, rearing and management for pollination* (ed. B.M. Freitas e J.O. Pereira), pp. 77-84. Imprensa Universitária, Fortaleza.
- Guedes, R.N.C., Zanuncio, T.V., Zanuncio, J.C. and Medeiros, A.G.B. (2000) Species richness and fluctuation of defoliator Lepidoptera populations in Brazilian plantations of *Eucalyptus grandis* as affected by plant age and weather conditions. *Forest Ecology Management.*, 137, 179-184.
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R. and Rainio, K. (2004) Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology*, 41, 824–835.

- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Kuussaari, M. and Pöyry, J. (2005) New insights into butterfly–environment relationships using partitioning methods. *Proceedings of the Royal Society B*, 272, 2203–2210.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. and Tscharntke, T. (2002) Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16, 1003–1014.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2003) Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B*, 270, 955–961.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. and Tscharntke, T. (2006) Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology*, 75, 315–323.
- Kremen, C., Williams, N.M., Bugg, R.L., Fay, J. P. and Thorp, R.W. (2004) The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7, 1109–1119.
- Kremen, C. (2005) Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, 8, 468–479.
- Lofego, A.C and Moraes, G.J. (2006) Ácaros (Acari) associados a mirtáceas (Myrtaceae) em áreas de Cerrado no estado de São Paulo com análise faunística das famílias Phytoseiidae e Tarsonemidae. *Neotropical Entomology*, 35, 731–746.
- Mc Nally, R. (1996) Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. *Australian Journal of Ecology*, 21, 224–228.
- Mc Nally, R. (2000) Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between – and reconciliation of – “predictive” and explanatory models. *Biodiversity Conservation*, 9, 655–671.

- Mc Nally, R. and Walsh, C.J. (2004) Hierarchical partitioning public-domain software. *Biodiversity Conservation*, 13, 659–660.
- Morato, E.F. and Campos, L.A. de O. (2000) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista brasileira de Zoologia*, 17, 429-444.
- Philpott, S., Perfecto, I. and Vandermeer, J. (2006) Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity Conservation*, 15, 139-155.
- R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL <http://www.R-project.org>.
- Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I, Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. and Viana, B.F. (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11, 499–515.
- Santoni, M.M. and Del Lama, M.A. (2007) Nesting biology of the trap-nesting Neotropical wasp *Trypoxylon (Trypargilum) aurifrons* Shuckard (Hymenoptera, Crabronidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 51, 369-376.
- Silva, P.M., Aguiar, C.A.S., Niemelä, J., Sousa, J.P. and Serrano, A.R.M. (2008) Diversity patterns of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) along a gradient of land-use disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124, 270–274.
- Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D. and Villa Nova, N.A. (1976) Manual de ecologia dos insetos. Agronomica Ceres, Piracicaba. pp. 416.
- Soares, L.A., Zanette, L.R.S., Pimenta, H.R., Gonçalves, A.M. and Martins, R.P. (2001) Nesting biology of *Isodontia costipennis* (Spinola) (Hymenoptera: Sphecidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 10, 245-250.

- Sobek, S., Tschardtke T., Scherber C., Schiele, S. e Steffan-Dewenter, I. (2009) Canopy vs. understory: does tree diversity affect bee and wasp communities and their natural enemies across forest strata? *Forest Ecology and Management*, 258, 609–615.
- Teodoro, A.V., Klein, A.M. and Tschardtke, T. (2009) Temporally mediated responses of the diversity of coffee mites to agroforestry management. *Journal of Applied Entomology*, 133, 659-665.
- Tschardtke, T., Gathmann, A. and Steffan-Dewenter, I. (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, 35, 708-719.
- Tschardtke T., Klein A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. and Thies, C. (2005) Landscape perspective on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8, 857–874.
- Tschardtke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., van Nouhuys, S. and Vidal, S. (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, 43, 294-309
- Tylianakis, J., Veddeler, D., Lozada, T., López, R.M., Benítez, P., Klein, A.M., De Koning, G.H.J., Olschewski, R., Veldkamp, E., Navarrete, H., Onore, G. and Tschardtke, T. (2004) Biodiversity of land-use systems in coastal Ecuador and bioindication using trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Lyonia*, 6, 7-15.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M. and Tschardtke, T. (2005) Spatiotemporal variation in the diversity of hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86, 3296–3302.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M., Lozada, T. and Tschardtke, T. (2006) Spatial scale of observation affects alpha, beta and gamma diversity of cavity-nesting bees and wasps across a tropical land-use gradient. *Journal of Biogeography*, 33, 1295–1304.

Wolda, H. (1988) Insect Seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 1-18.

Tabelas

Tabela 1 – Espécies de vespas e abelhas solitárias (Insecta: Hymenoptera) encontradas nos quatro tipos de uso da terra.

FAMÍLIA	ESPÉCIE	Total
VESPIDAE	<i>Pachodynerus gadulpensis</i> de Saussure	614
	<i>Pachodynerus nasidens</i> Latreille	120
	<i>Monobia angulosa</i> de Saussure	77
	<i>Zethus toltecus</i> de Saussure	9
	<i>Minixi brasillianum</i> de Saussure	1
SPHECIDAE	<i>Isodontia</i> sp. 1	145
	<i>Isodontia</i> sp. 2	80
	<i>Isodontia</i> sp.5	13
	<i>Isodontia</i> sp. 4	11
	<i>Isodontia</i> sp. 3	1
CRABRONIDAE	<i>Trypoxylon nitidum</i> Smith	336
	<i>Trypoxylon cincreum</i> Cameron	192
	<i>Liris</i> sp.	1
CHRYSIDIDAE	<i>Chrysis</i> sp. group. <i>Intricans</i> *	21
MUTILLIDAE	Spherophthalninae (subfamília)*	1
LEUCOSPIDAE	<i>Leucospis egaia</i> Walker*	1
POMPILIDAE	<i>Priochilus</i> sp.	1
MEGACHILIDAE	<i>Megachile</i> cfr. <i>framea</i> Schrottky	197
	<i>Hypanthidium maranhense</i> Urban	22
	<i>Megachile curvipes</i> Smith	10
	<i>Megachile brethesi</i> Schrottky	5
	<i>Megachile sejuncta</i> Cockerell	4
	<i>Coelioxys</i> sp.*	16
APIDAE	<i>Euglossa</i> sp.	4
	<i>Xylocopa suspecta</i> Moure	2

*Espécie parasita de vespas e abelhas que nidificam em ninhos-armadilhas. Não incluída nas análises estatísticas.

Tabela 2 – Análise faunística de vespas e abelhas coletadas em ninhos-armadilha em função do uso da terra.

		VESPIDAE					SPHECIDAE					CRABRONIDAE			POMPILIDAE	MEGACHILIDAE					APIDAE	
		<i>P. guadulpensis</i>	<i>P. nasidens</i>	<i>M. angulosa</i>	<i>Z. toltecus</i>	<i>M. brasillianum</i>	<i>Isodontia</i> sp.1	<i>Isodontia</i> sp. 2	<i>Isodontia</i> sp.5	<i>Isodontia</i> sp. 4	<i>Isodontia</i> sp.3	<i>T. nitidum</i>	<i>T. cincreum</i>	<i>Liris</i> sp.	<i>Priochilus</i> sp.	<i>M. cfr. framea</i>	<i>H. maranhense</i>	<i>M. curvipes</i>	<i>M. brethesi</i>	<i>M. sejuncta</i>	<i>Euglossa</i> sp.	<i>X. suspecta</i>
Pastagem	Nº de indivíduos	73	13	50	-	-	30	11	-	-	162	-	-	-	65	-	3	4	-	-	-	
	Dominância	D	D	D	-	-	D	D	-	-	D	-	-	-	D	-	ND	ND	-	-	-	
	Abundância	C	c	c	-	-	c	d	-	-	ma	-	-	-	c	-	d	d	-	-	-	
	Frequência	F	F	F	-	-	F	PF	-	-	MF	-	-	-	F	-	PF	PF	-	-	-	
Cultivo em Aléias	Nº de indivíduos	361	74	-	-	-	23	19	9	-	133	13	-	-	70	-	-	-	-	1	-	
	Dominância ¹	SD	D	-	-	-	D	D	D	-	D	D	-	-	D	-	-	-	-	ND	-	
	Abundância ²	sa	c	-	-	-	c	c	D	-	ma	c	-	-	c	-	-	-	-	r	-	
	Frequência ³	SF	F	-	-	-	F	F	PF	-	MF	F	-	-	F	-	-	-	-	PF	-	
Capoeira Nova	Nº de indivíduos	137	33	19	-	-	54	20	11	-	31	87	-	-	23	9	-	-	-	-	-	
	Dominância	D	D	D	-	-	D	D	D	-	D	D	-	-	D	D	-	-	-	-	-	
	Abundância	ma	c	c	-	-	c	c	d	-	c	ma	-	-	c	r	-	-	-	-	-	
	Frequência	MF	F	F	-	-	F	F	PF	-	F	MF	-	-	F	PF	-	-	-	-	-	
Capoeira Velha	Nº de indivíduos	43	-	8	9	1	38	30	4	-	10	92	1	1	39	13	7	1	4	3	2	
	Dominância	D	-	D	D	ND	D	D	ND	-	ND	D	D	ND	ND	D	D	D	ND	ND	ND	
	Abundância	ma	-	c	c	r	ma	ma	D	-	r	c	ma	r	r	ma	c	c	r	d	d	
	Frequência	MF	-	F	F	PF	MF	MF	PF	-	PF	F	MF	PF	PF	MF	F	F	PF	PF	PF	

¹Dominância (Laroca e Mielke): SD = super dominante, D = dominante, ND = não dominante; ²Abundância: sa = super abundante, ma = muito abundante, a = abundante, c = comum, d = dispersa, r = rara. ³Frequência: SF = super freqüente, MF = muito freqüente, F = freqüente, PF = pouco freqüente

Figuras

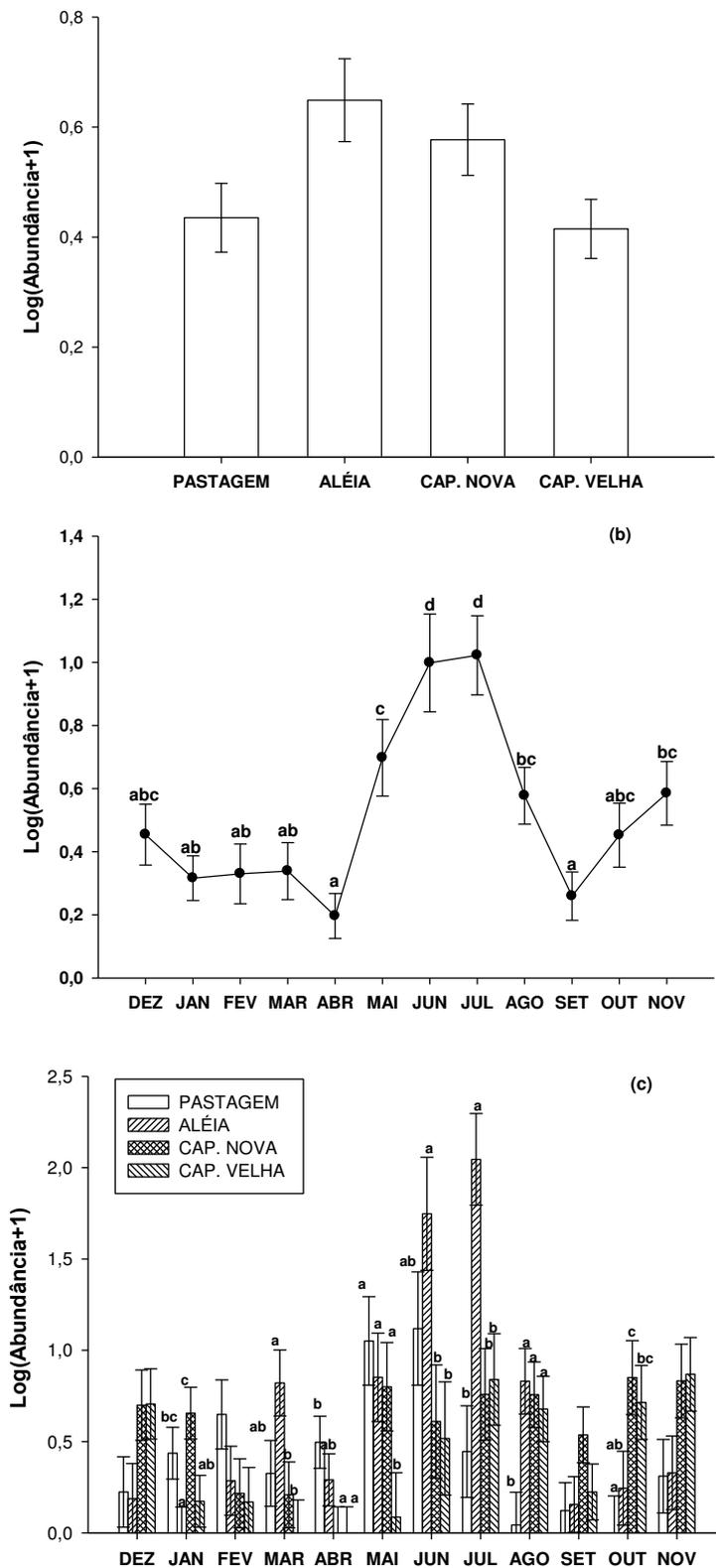


Fig. 1 Abundância de vespas em função do uso da terra (a), tempo (b) e interação entre o uso da terra e o tempo (c). ANOVA para medidas repetidas seguida por teste de média (Fisher) a 5% de probabilidade. Média \pm erro padrão são apresentados.

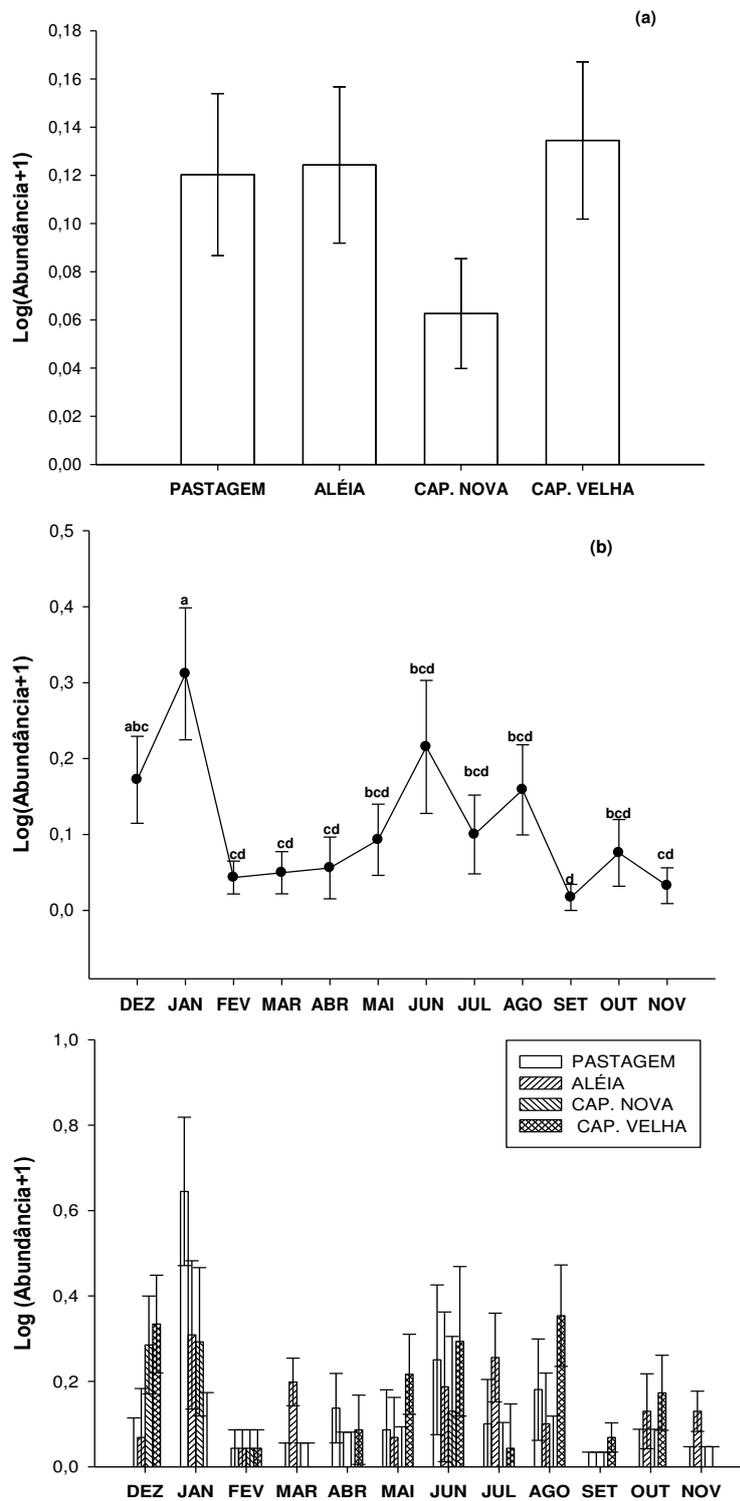


Fig. 2 Abundância de abelhas em função do uso da terra (a), tempo (b) e interação entre o uso da terra e o tempo (c). ANOVA para medidas repetidas seguida por teste de média (Fisher) a 5% de probabilidade. Média \pm erro padrão são apresentados.

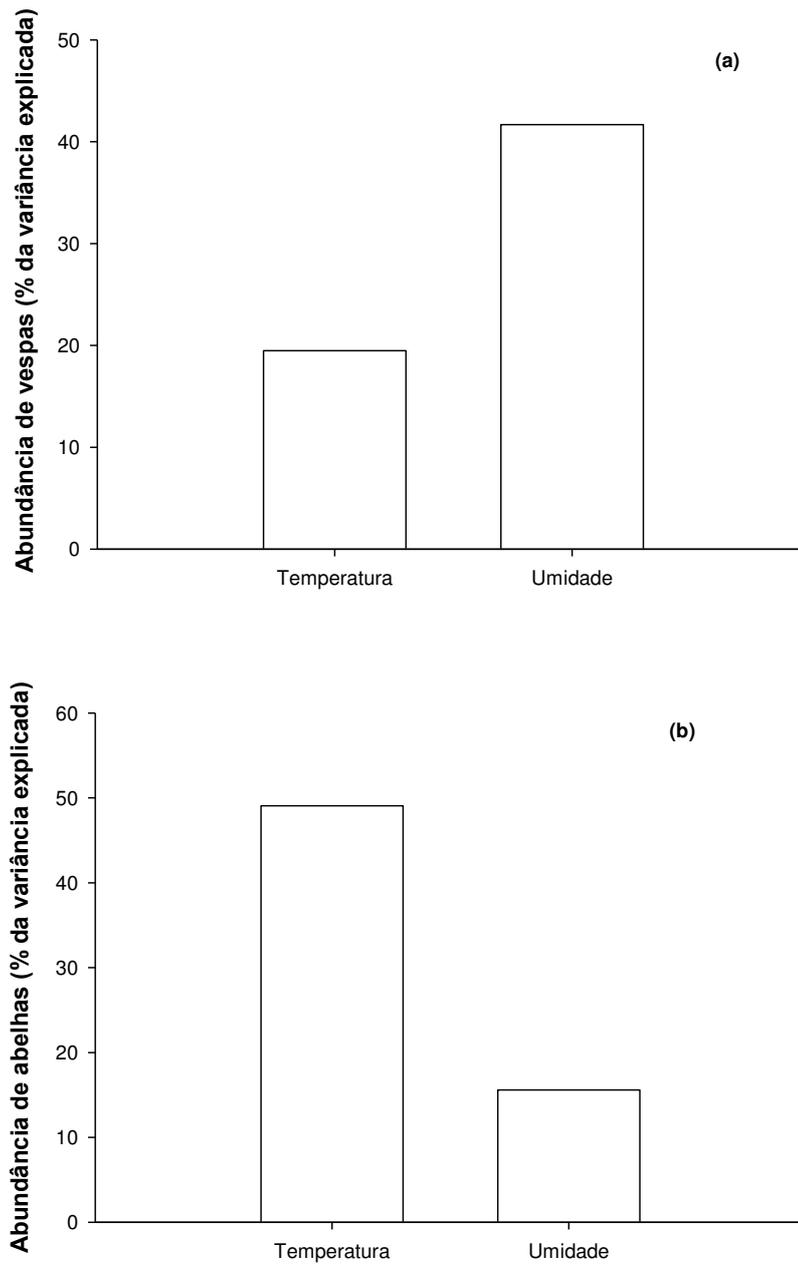


Fig. 3 Análises de partição hierárquica mostrando o efeito independente (porcentagem de variância explicada) de variáveis ambientais para as densidades de: (a) vespas e (b) abelhas.

CAPÍTULO 4

***FOREST FRAGMENTS' CONTRIBUTION TO THE
NATURAL BIOLOGICAL CONTROL OF
SPODOPTERA FRUGIPERDA SMITH
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN MAIZE***

Forest Fragments' Contribution to the Natural Biological Control of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize*

Michela Costa Batista**, Eduardo Henrique Santana Sousa, Ruanno Silva Almeida and Adenir Vieira Teodoro

Graduate Programme in Agroecology; Maranhão State University; Campus Universitário Paulo VI, S/N, Tirirical; 65054-970; São Luís - MA - Brazil

ABSTRACT

This experiment was carried out to determine the influence of forest distance on predatory wasp abundance and richness and its relation to the biological control of the fall armyworm in maize. The experiment consisted of twelve experimental plots planted with maize. Each plot was located at an increasing distance from the forest edge. Four trap-nests were placed in the vertices of six plots to evaluate the abundance and species richness of wasps. The larvae of the fall armyworm were sampled weekly by inspecting ten randomly chosen plants per plot. We found that predatory wasp abundance (but not species richness) decreased whilst the fall armyworm abundance increased with the distance from the forest. Moreover, population densities of predatory wasps and the fall armyworm were negatively correlated. Our results suggest that crop plantations located near forest fragments may benefit from reduced pest problems as a result of increased biological control activity.

Key words: predatory wasps, fall armyworm, ecosystem services, biological control

INTRODUCTION

Managed ecosystems make up a large portion of tropical landscapes compared to natural ecosystems such as forests (Western & Pearl, 1989), which are frequently patchily distributed in an agricultural matrix (Schelhas & Greenberg, 1996; Laurance & Bierregaard, 1997). Populations inhabiting fragmented habitats, especially species living in agroecosystems distant from natural or near-natural habitats, become isolated from the source populations in large natural habitats (Klein *et al.*, 2006), potentially causing loss of biodiversity. Anthropogenically induced degradation and simplification of natural habitat structures are major causes of the current loss of biodiversity worldwide (Davies *et al.*, 2000), which has impacted negatively on ecosystem services such as biological control (MEA, 2005).

Predatory wasps (Hymenoptera: Sphecidae, Vespidae) are considered important indicators of environmental quality (Klein *et al.*, 2002a) and have a vital role in agroecosystem functioning because their larvae feed on some pest species (Harris, 1994; Losey & Vaughan, 2006). However, anthropogenic habitat fragmentation may lead to extinction of predatory wasps, affecting the natural biological control in important cash crops (Didham *et al.* 1996; Klein *et al.*, 2002a,b).

Forest patches near crop plantations have been shown to increase local abundance and diversity of predatory wasps (Holzschuh *et al.*, 2009). Forests and other near-natural habitats such as set aside areas may provide resources for natural enemies, including predatory wasps (Tscharntke *et al.*, 2007). Thus crop fields located in the vicinity of natural or near-natural habitat remnants can benefit from increased natural

*Submitted to Brazilian Archives of Biology and Technology

** Author for correspondence: costa_michela@yahoo.com

enemy abundance (Tscharrntke *et al.*, 1998) and diversity (Clough *et al.*, 2005; Klein *et al.*, 2002a).

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important cash crops in tropical America. In the northeastern state of Maranhão, Brazil, maize is a key staple food for smallholders. The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith – Lepidoptera: Noctuidae) is the main pest affecting maize, especially from emergence until flowering (Cesconetto *et al.*, 2005). The larvae of the fall armyworm are naturally attacked by predatory wasps, whose populations may be affected by the distance from natural forest fragments.

Here we conducted a field experiment to determine the influence of forest distance on the predatory wasps' abundance and richness and the impact of these on the biological control of the fall armyworm in maize.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was carried out from January to November 2009 at the campus of the Maranhão State University (UEMA), São Luís, Maranhão State, Brazil (2°35'S, 44°12'W). The climate of the region, according to Köppen classification, is AW' type with well defined rainy and dry seasons, from January to June and from July to December respectively (LABGEO, 2002). Mean annual precipitation is around 2.100 mm/year. The predominant soil type in the experimental site is argilluvic soil (EMBRAPA, 2006).

Trap Nests

Trap nests enabled us to study communities of above-ground nesting wasps under standardized conditions (Tscharrntke *et al.*, 1998). Trap nests have been utilized in several studies in agricultural and tropical forest ecosystems (Klein *et al.*, 2002a; Tylianakis *et al.*, 2005; Holzschuh *et al.*, 2009; Sobek *et al.*, 2009) as wasps use holes of suitable diameter for nesting.

Each trap nest consisted of 12 castor bean plant (*Ricinus communis* L.) internodes with inner diameters ranging from 2-20mm to 20cm in length, wrapped round with wire. Trap nests were hung on a wooden post at 1.5m above ground with a 20 cm wire. Sticky glue (Isca Cola, Ijuí, Brazil) was applied around each wire base to deter ants and other arthropods.

Study Design and experimental plots

The secondary forest fragment (hereafter forest) of about 3ha was dominated by palm trees, mainly babassu (*Attalea speciosa* Mart.) and tucum (*Astrocarium vulgare* Mart.). The species richness and abundance of predatory wasps as well as the abundance of the fall armyworm were evaluated using trap nests in 12 experimental plots (6 x 6m) of maize variety BRS-Caatingueiro sown in two parallel lines (80 m between lines). Each plot in the two lines was sited at an increasing distance from the forest edge (0, 40, 80, 120, 160, 200m). Four trap nests were placed in the vertices of each plot of the first line, while the plots of the second line remained without trap nests (control). Once a week we inspected the trap nests and all occupied internodes were removed and replaced with empty ones of the same diameter. The internodes were then taken to the laboratory and placed in standardized cardboard boxes until adult emergence to assess the predatory wasps' richness and abundance. After the adults had emerged, species were separated in morphotypes and sent to identification to the species level. Voucher specimens of the wasps were deposited in the collection of the Department of Zoology, Federal University of Paraná (DZUP), Curitiba, Brazil.

Larvae of the fall armyworm were sampled by inspecting 120 randomly chosen plants (10 maize plants per experimental plot). Evaluations were made weekly from seedling emergence until flowering, the period in which plants are more susceptible to attack. One weeding and two fertilizer side dressings were conducted during the maize cycle.

Statistical Analysis

To evaluate the population dynamics of the fall armyworm repeated measures ANOVA were carried out in Statistica 8.0 (StatSoft Inc 1984-2007), followed by *post hoc* Fisher LSD tests. Linear regressions ($P < 0.05$) were used to test the influence of forest distance to species richness and abundance of predatory wasps as well as abundance of the fall armyworm. Pearson correlations were conducted between species richness and abundance of predatory wasps and the abundance of the fall armyworm. Data were $\sqrt{n+1}$ transformed to achieve normality whenever necessary.

RESULTS

A total of 46 wasps, 26 *Pachodynerus guadulpensis* Saussure, Vespidae family, 11 *Isodontia* sp., Sphecidae family, and 9 *Trypoxylon nitidum* Smith, Crabronidae family, were collected during the sampling.

There were no significant differences in the fall armyworm abundance between lines with and without trap nests (Fig. 1a: $F_{1, 118} = 2.47$; $P = 0.118$). The abundance of the fall armyworm varied throughout time and peaked at 56 days after maize emergence (Fig. 1b: $F_{9, 106} = 8.68$; $P < 0.001$). Moreover, the interaction between lines (with and without trap nests) and time was not significant (Fig. 1c: $F_{9, 1062} = 1.51$; $P = 0.138$).

Predatory wasp abundance decreased (Fig. 2a; $y = 2.608 - 3.88x$; $R^2 = 0.18$; $F_{1,22} = 5.054$; $P = 0.034$) while the fall armyworm abundance increased (Fig. 2b; $y = 1.712 + 54.602x$; $R^2 = 0.10$; $F_{1,58} = 6.278$; $P = 0.015$) with the distance from the forest. Population densities of predatory wasps and the fall armyworm were negatively correlated according to the Pearson correlation ($r_p = -0.89$; $P = 0.017$).

The species richness of predatory wasps was not affected by forest distance (Fig. 2c; $y = 1.120 + 0.0006x$; $R^2 = 0.003$; $F_{1,22} = 0.860$; $P = 0.363$) nor was it correlated to the abundance of the fall armyworm ($r_p = 0.44$; $P = 0.375$).

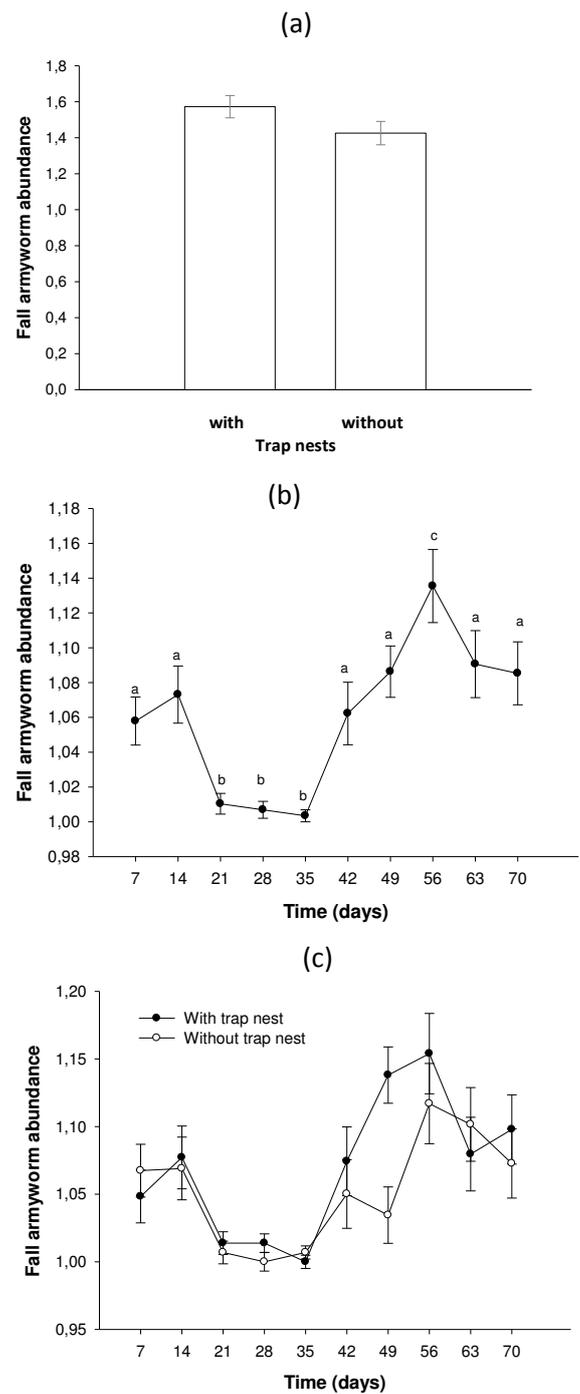


Fig. 1- Fall armyworm abundance in relation to: a) presence or absence of trap nests; b) time; c) interaction between lines with/without trap nests and time. Repeated Measures ANOVA followed by *post hoc* Fisher LSD tests. Mean values \pm SE are given.

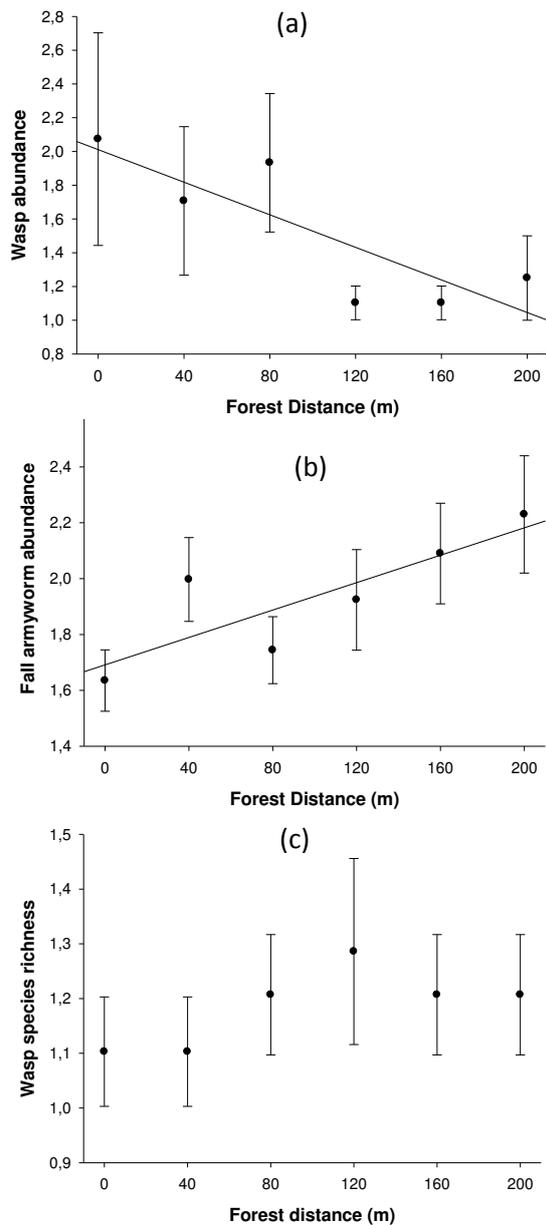


Fig. 2 - Abundances of predatory wasps (a) and the fall armyworm (b) and species richness of predatory wasps (c) in relation to the forest distance. Linear regression analyses with 5% of likelihood. Mean values \pm SE are given.

DISCUSSION

Only three predatory wasp species were found in the area. This low species richness might be due to the size of the forest, that could not support a higher species richness (Tschardtke *et al.*, 2007). Additionally, the forest is a remnant of a secondary forest, and for some arthropods,

secondary forest may harbour lower species richness than mature forest (Veddeler *et al.*, 2005).

From all species found, only *P. gadulpensis* is a caterpillar hunter (Buschini & Buss, 2010). *Isodontia* sp. provides its nests with nymphs of Orthoptera while *T. nitidum* feeds its larvae with spiders (Soares *et al.*, 2001; Santoni & Del Lama, 2007). *Pachodynerus. gadulpensis* is, therefore, probably the natural biological control agent of the fall armyworm in maize in our study.

The abundance of both predatory wasps and the fall armyworm was affected by forest distance, but species richness of predatory wasps did not respond to increasing forest distance. Overall, the proximity of the forest benefited predatory wasps and reduced the abundance of the fall armyworm.

No significant difference was found in the abundance of the fall armyworm between lines with and without trap nests (Fig. 1a). Trap nests can be used to increase the predatory wasp population in order to improve biological pest control in agroecosystems (Gathmann & Tschardtke, 1997) but this was not observed in our experiment. This result is probably due to the short distance between lines with and without trap nests, which was smaller than the predatory wasps' flying range.

Predatory wasp abundance was negatively correlated while the abundance of the fall armyworm was positively related to the distance of the forest (Figs. 2a,b), which is in line with previous studies showing that forest habitats increase local abundance of cavity-nesting wasps (Holzschuh *et al.*, 2009). Forest remnants may provide nesting sites and other resources which are scarce or absent in simplified landscapes, such as permanent vegetation cover, refuge from disturbance, alternative prey and nectar (Tschardtke *et al.*, 2007; Sobek *et al.*, 2009). Therefore, forest fragments may harbour natural enemy populations, which may spill over into agricultural fields, eventually enhancing natural biological control (Tschardtke *et al.*, 2005; Holzschuh *et al.*, 2009). Increasing forest distance may reduce predatory wasp populations

which can lead to lower predation and consequently increase problems with the fall armyworm.

In contrast to previous findings showing high wasp diversity near forest fragments (Klein *et al.*, 2006; Holzschuh *et al.*, 2009), we did not find a correlation between species richness of predatory wasps and forest distance (Fig. 2c).

In conclusion, forest fragments in the vicinity of crops such as maize may enhance the biological control carried out by predatory wasps helping to regulate populations of pests like the fall armyworm.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Bolívar R. Garcete Barret and Marcel G. Hermes (Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia) for their contribution in wasp species identification. We also thank Daniele L. Vieira for fieldwork assistance and the Maranhão State Research Foundation (FAPEMA) and the Maranhão State University (UEMA) for granting scholarships to the second, third and fourth authors. AVT was supported by PNPd/CAPES, Brasília, Brazil.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado para determinar a influência da distância de floresta na abundância e riqueza de vespas predadoras e sua relação com o controle biológico da lagarta-do-cartucho em cultivo de milho. O experimento consistiu em doze parcelas experimentais de milho, sendo cada parcela colocada a uma distância crescente da margem de um fragmento florestal. Quatro ninhos-armadilha foram instalados nos vértices de seis parcelas para avaliar a abundância e riqueza de espécies de vespas. A amostragem da lagarta-do-cartucho foi feita através de inspeções semanais de dez plantas escolhidas ao acaso em cada parcela. A abundância de vespas predadoras (mas não a riqueza de espécies) diminuiu enquanto a abundância de lagartas aumentou com o aumento da distância da floresta. Ademais, as densidades populacionais de vespas predadoras e da lagarta-do-cartucho foram negativamente correlacionadas. Conclui-se que cultivos

localizados próximos a fragmentos florestais podem se beneficiar por meio de uma redução de pragas como resultado do aumento da atividade de agentes de controle biológico.

REFERENCES

- Buschini, M. L. T. & Buss, C. E. (2010), Biologic aspects of different species of *Pachodynerus* (Hymenoptera; Vespidae; Eumeninae). *Brazilian Journal of Biology*, **70**, 623-629
- Cesconetto, A. O.; Favero, S.; Oliveira, A. K. M. de & Souza, C. C. de (2005), Distribuição espacial do dano da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), em Sidrolândia, Mato Grosso do Sul. *Ensaios e ciência*, **9**, 305-314
- Clough, I.; Kruess, A.; Klein, D. & Tschardtke, T. (2005), Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. *Journal of Biogeography*, **32**, 2007-2014
- Davies, K. F.; Marguels, C. R. & Lawrence, J. F. (2000), Which traits of species predict population declines in experimental forest fragments? *Ecology*, **81**, 1450-1461
- Didham, R. K.; Ghazoul, J.; Stork, N. E. & Davis, A. J. (1996), Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology and Evolution*, **11**, 255-260
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2006), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, pp. 306
- Gathmann, A. & Tschardtke, T. (1997), Bees and wasps in the agricultural landscape: colonization and augmentation in trap nests. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, **11**, 91-94
- Harris, A. C. (1994), *Ancistrocerus gazella* (Hymenoptera: Vespoidea: Eumenidae): a potentially useful biological control agent for leafrollers *Planotortrix octo*, *P. excessana*, *Ctenopseustis obliqua*, *C. herana*, and *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) in New Zealand. *Journal of Crop and Horticultural Science*, **22**, 235-238
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2009), Grass strip corridors in agricultural landscapes enhance nest site colonisation by solitary wasps. *Ecological Applications*, **19**, 123-132
- Klein, A. M.; Steffan-Dewenter, I.; Buchori, D. & Tschardtke, T. (2002a), Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, **16**, 1003-1014
- Klein, A. M.; Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2002b), Predator-prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, **11**, 683-693

- Klein, A. M.; Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2006), Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology*, **75**, 315-323
- LABGEO (2002), *Atlas do Maranhão*. UEMA, São Luis, pp. 39
- Laurance, V. F. & Bierregaard Jr., R. O. (1997), *Tropical Forest Remnants*. The University of Chicago Press, Chicago
- Losey, J. E. & Vaughan, M. (2006), The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, **56**, 311–323
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington
- Santoni, M. M. & Del Lama, M. A. (2007), Nesting biology of the trap-nesting Neotropical wasp *Trypoxylon (Trypargilum) aurifrons* Shuckard (Hymenoptera, Crabronidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, **51**, 369-376
- Schelhas, J. & Greenberg, R. (1996), *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington
- Soares, L. A.; Zanette, L. R. S.; Pimenta, H. R., Gonçalves, A. M. & Martins, R. P. (2001), Nesting biology of *Isodontia costipennis* (Spinola) (Hymenoptera: Sphecidae). *Journal of Hymenoptera Research*, **10**, 245-250
- Sobek, S.; Tschardtke T.; Scherber C.; Schiele, S. & Steffan-Dewenter, I. (2009), Canopy vs. understory: does tree diversity affect bee and wasp communities and their natural enemies across forest strata? *Forest Ecology and Management*, **258**, 609–615
- Tschardtke, T.; Gathmann, A. & Steffan-Dewenter, I. (1998), Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, **35**, 708-719
- Tschardtke, T.; Rand, T. A. & Bianchi, F. J. J. A. (2005), The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici*, **42**, 421-432
- Tschardtke, T.; Bommarco, R.; Clough, Y.; Crist, T. O.; Kleijn, D.; Rand, T. A.; Tylianakis, J. M.; van Nouhuys, S. & Vidal, S. (2007), Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control*, **43**, 294-309
- Tylianakis, J. M.; Klein, A. M. & Tschardtke, T. (2005), Spatiotemporal variation in the diversity of hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, **12**, 3296–3302
- Veddeler, D.; Schulze, C. H.; Steffan-Dewenter, I.; Buchori, D. & Tschardtke, T. (2005), The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age. *Biodiversity Conservation*, **14**, 3577–3592
- Western, D. & Pearl, M. C. (1989), *Conservation for the twenty-first century*. Oxford University Press, New York

ANEXOS

NORMAS DAS REVISTAS

- [Scope](#)
- [Preparation of manuscripts](#)

Scope

The **Brazilian Archives of Biology and Technology**, publishes original research papers, Short notes and Review articles in English in the interdisciplinary areas of biological sciences and engineering/technology.

Preparation of manuscripts

Submission of paper implies that it has not been published or being considered for publication elsewhere. Care should be taken to prepare a compact manuscript with precision in presentation, which will help authors in its acceptance. All the papers are subjected to review by referees.

Manuscript

Three copies of the single-spaced typed manuscript (maximum 12 pages) on a high grade A-4 size paper (210x297 mm), with margins (left 25, right 20, superior and inferior 30 mm) should be prepared. This should be divided under the following headings: ABSTRACT, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS, RESUMO, REFERENCES. These headings should be typed in bold upper case (12 font).

Title

The title (18 font, bold) of the paper should clearly reflect its contents. It should be followed by the name(s) of author(s) with expanded initials (12 font, bold) and the address(s) (*italic*, 10 font) of the institution(s) where the work has been carried out.

ABSTRACT

Each paper should be provided with an abstract (*italic*) of 100-150 words, describing briefly on the purpose and results of the study. It should be prepared as concisely as possible.

Key words

Authors should provide three to six key words that will be used in indexing their paper.

INTRODUCTION

This should describe the background and relevant information about the

work. It should also state the objective of the work.

MATERIALS AND METHODS

Authors must take care in providing sufficient details so that others can repeat the work. Standard procedures need not be described in detail.

RESULTS AND DISCUSSION

Results and Discussion may be presented separately or in combined form (authors may decide easier way for them). Preliminary work or less relevant results are not to be described. The reproducibility of the results, including the number of times the experiment was conducted and the number of replicate samples should be stated clearly.

RESUMO

An abstract of the paper should also be prepared in Portuguese and placed before the list of References. Authors from other than Latin American countries can seek the help of Editor's office to prepare Portuguese resumo of their papers.

REFERENCES

References in the text should be cited at the appropriate point by the name(s) of the author(s) and year (e.g. Raimbault & Roussos, 1996; Raimbault *et al.*, 1997). A list of references, in the alphabetic order (10 font), should appear at the end of the manuscript. All references in the list should be indicated at some point in the text and vice versa. Unpublished results should not be included in the list. Examples of references are given below.

In journals:

Pandey, A. (1992), Recent developments in solid state fermentation. *Process Biochem.*, 27, 109-117

Thesis:

Chang, C. W. (1975), Effect of fluoride pollution on plants and cattle. PhD Thesis, Banaras Hindu University, Varanasi, India

In books:

Tengerdy, R. P. (1998), Solid substrate fermentation for enzyme production. In-*Advances in Biotechnology*, ed. A. Pandey. Educational Publishers & Distributors, New Delhi, pp. 13-16

Pandey, A. (1998), *Threads of Life*. National Institute of Science Communication, New Delhi

In conferences:

Davison, A. W. (1982), Uptake, transport and accumulation of soil and

airborne fluorides by vegetation. Paper presented at 6th International Fluoride Symposium, 1-3 May, Logan, Utah

Tables and Figures

Tables and figures, numbered consecutively with arabic numerals must be inserted at appropriate place in the text. These should be used to present only those data, which can not be described in the text.

Units and Abbreviations

The SI system should be used for all experimental data. In case other units are used, these should be added in parentheses. Only standard abbreviations for the units should be used. Full stop should not be included in the abbreviation (e.g. m, not m. or rpm, not r.p.m.). Authors should use '%' and '/' in place of 'per cent' and 'per'.

Manuscript lay-out

It is suggested that authors consult a recent issue of the journal for the style and layout. Except the title, abstract and key words, entire text should be placed in two columns on each page. Footnotes, except on first page indicating the corresponding author (8 font) should not be included. The entire manuscript should be prepared in Times New Roman, 11 font (except reference list, which should be in 10 font).

Spacing

Leave one space between the title of the paper and the name(s) of the author(s), and between the headings and the text. No space should be left between the paragraphs in the text. Leave 0.6-cm space between the two columns.

Electronic submission

Manuscript should be accompanied by a diskette indicating the name and version of the word processing programme used (use only MS Word 6/7 or compatible).

Referees

When submitting the manuscript authors may suggest up to three referees, preferably from other than their own countries, providing full name and address with email. However, the final choice of referees will remain entirely with the Editor.

Page charges and reprints

There will be no page charges. Reprints can be ordered up on acceptance of the paper. Manuscripts and all correspondence should be sent to the Editor, Prof. Dr. Carlos R. Soccol - **Brazilian Archives of Biology and Technology** ([address below](#)).

Insect Science

© Insect Science, Institute of Zoology, Chinese Academy of Science



Edited by: Le Kang

Impact Factor: 1.118

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2009: 30/74 (Entomology)

Online ISSN: 1744-7917

Author Guidelines

AIMS AND SCOPE

Insect Science is an English-language journal, which publishes original research articles dealing with all fields of research in into insects and other terrestrial arthropods. Papers in any of the following fields will be considered: ecology, behavior, systematics, biogeography, physiology, biochemistry, sociobiology, morphology, phylogeny, pest management, and exotic incursions. The emphasis of the journal is on the adaptation and evolutionary biology of insects from the molecular to the ecosystem level. Reviews, minireviews and short communications about new records and observations, book reviews, and information about academic activities of the society are also published.

EDITORIAL REVIEW AND ACCEPTANCE

The acceptance criteria for all papers are the quality and originality of the research and its significance to our readership. Except where otherwise stated, manuscripts are double blind peer reviewed by two anonymous reviewers and the Editor. Final acceptance or rejection rests with the Editorial Board, who reserves the right to refuse any material for publication.

Manuscripts should be written in a clear, concise, direct style so that they are intelligible to the professional reader who is not a specialist in the particular field. Where contributions are judged as acceptable for publication on the basis of scientific content, the Editor and the Publisher reserve the right to modify typescripts to eliminate ambiguity and repetition and improve communication between author and reader. If extensive alterations are required, the manuscript will be returned to the author for revision.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

All articles submitted to the Journal must comply with these instructions. Failure to do so will result in return of the manuscript and possible delay in publication.

All manuscripts shall be submitted online at: <http://mc.manuscriptcentral.com/ins>

Covering letter

Papers are accepted for publication in the Journal on the understanding that the content has not

been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium. This must be stated in the covering letter.

The covering letter must also contain an acknowledgement that all authors have contributed significantly, and that all authors are in agreement with the content of the manuscript.

Authors must declare any financial support or relationships that may pose conflict of interest.

If tables or figures have been reproduced from another source, a letter from the copyright holder (usually the Publisher), stating authorization to reproduce the material, must be attached to the covering letter.

Author material archive policy

Authors who require the return of any submitted material that is accepted for publication should inform the Editorial Office after acceptance. If no indication is given that author material should be returned, all hardcopy and electronic material will be discarded one month after publication.

ETHICAL CONSIDERATIONS

Authors must state that the protocol for the research project has been approved by a suitably constituted Ethics Committee of the institution within which the work was undertaken and that it conforms to the provisions of the Declaration of Helsinki in 1995 (as revised in Edinburgh 2000), available at <http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>.

In taxonomic papers, type specimens and type depositories must be clearly designated and indicated. Authors are required to deposit the name-bearing type material in internationally recognized institutions (not private collections).

When the research is carried out in areas for which research permits are required (e.g. nature reserves), or when it deals with organisms for which collection or import/export permits are required (e.g. protected species), the authors must clearly detail obtaining these permits in the Acknowledgements section.

COPYRIGHT

Papers accepted for publication become copyright of the Editorial Office, Insect Science, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences and authors will be asked to sign a [transfer of copyright form](#). In signing the transfer of copyright it is assumed that authors have obtained permission to use any copyrighted or previously published material. All authors must read and agree to the conditions outlined in the Copyright Assignment Form, and must sign the Form or agree that the corresponding author can sign on their behalf. Articles cannot be published until a signed Copyright Assignment Form has been received.

STYLE OF THE MANUSCRIPT

Spelling. The Journal uses US spelling and authors should therefore follow the latest edition of the Merriam–Webster’s Collegiate Dictionary.

Units. All measurements must be given in SI or SI-derived units. Please go to the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at <http://www.bipm.fr> for more information about SI units.

Abbreviations. Abbreviations should be used sparingly – only where they ease the reader’s task by reducing repetition of long, technical terms. Initially use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only.

Zoological nomenclature. All papers must conform to the latest edition of the International Code of Zoological Nomenclature. Upon its first use in the title, abstract and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus, species and authority) in parentheses. Genus names should not be abbreviated at the beginning of paragraphs.

Genetic nomenclature. Standard genetic nomenclature should be used. For further information, including relevant websites, authors should refer to the genetic nomenclature guide in Trends in Genetics (Elsevier Science, 1998).

New nucleotide data must be submitted and deposited in the DDBJ/EMBL/GenBank databases and an accession number obtained before the paper can be accepted for publication. The accession number should be included in the manuscript.

Addresses are as follows:

DNA Data Bank of Japan (DDBJ) <http://www.ddbj.nig.ac.jp>
 EMBL Nucleotide Sequence Submissions <http://www.ebi.ac.uk>
 GenBank <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

PARTS OF THE MANUSCRIPT

Manuscripts should be presented in the following order: (i) title page, (ii) abstract and key words, (iii) text, (iv) acknowledgements, (v) references, (vi) appendices, (vii) figure legends, (viii) tables (each table complete with title and footnotes) and (ix) figures. Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.

Title page

As articles are double-blind reviewed, material that might identify authorship of the paper should be placed on a cover sheet; this will be detached before the paper is sent to referees.

The title page should contain (i) the title of the paper, (ii) the full names of the authors and (iii) the addresses of the institutions at which the work was carried out together with (iv) the full postal and email address, plus facsimile and telephone numbers, of the author to whom correspondence about the manuscript should be sent. The present address of any author, if different from that where the work was carried out, should be supplied in a footnote.

The title should be short, informative and contain the major key words. Do not use abbreviations in the title. A short running title (less than 40 characters) should also be provided.

Abstract and key words

All articles must have a brief abstract that states in 300 words or fewer the purpose, basic procedures, main findings and principal conclusions of the study. The abstract should not contain abbreviations or references. Six key words (for the purposes of indexing) should be supplied below the abstract in alphabetical order.

Text

Authors should use the following subheadings to divide the sections of their manuscript: Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion.

Acknowledgements

The source of financial grants and other funding must be acknowledged, including a frank declaration of the authors' industrial links and affiliations. The contribution of colleagues or institutions should also be acknowledged. Personal thanks and thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

References

The Harvard (author, date) system of referencing is used (examples are given below). In the text give the author's name followed by the year in parentheses: Smith (2000). If there are two authors use 'and': Smith and Jones (2001); but if cited within parentheses use '&': (Smith & Jones, 2001). When reference is made to a work by three or more authors, the first name followed by et al. should be used: MacDonald et al. (2002). If papers by the same authors in the same year are cited, they should be distinguished by the letters a, b, c, etc. In the reference list, references should be listed in alphabetical order.

Reference to unpublished data and personal communications should not appear in the list but should be cited in the text only (e.g. Smith A, 2000, unpublished data). All citations mentioned in the text, tables or figures must be listed in the reference list.

Authors are responsible for the accuracy of the references.

Examples of reference style are given below:

Journals

Zhao, Y.X. and Kang, L. (2002) Role of plant volatiles in host plant location of the leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Physiological Entomology*, 27, 103-111.

Books

Wratten, S.D. and Fry, G.I.A. (1996) *Field and Laboratory Exercises in Ecology*. Edward Arnold, London. pp. 98-103.

Chapter in a book

Kaplan, A.I. (2003) Entomological societies. *Encyclopedia of Insects* (eds. V.H. Rush & R.T. Carde), pp.

369–373. Academic Press, New York.

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. Number tables consecutively in the text in Arabic numerals. Type tables on a separate sheet with the legend above. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to the text. Vertical lines should not be used to separate columns. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses; all abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, , should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

Figures

All illustrations (line drawings and photographs) are classified as figures. Figures should be cited in consecutive order in the text. Each figure should be labelled on the back in soft black pencil, indicating name of author(s), figure number and orientation. Do not use adhesive labels as this prohibits electronic scanning. Figures should be sized to fit within the column (80 mm) or the full text width (169 mm).

Line figures should be supplied as sharp, black and white graphs or diagrams, drawn professionally or with a computer graphics package. Lettering must be included and should be sized to be no larger than the journal text. Photographs should be supplied as sharp, glossy, black-and-white photographic prints and must be unmounted. Individual photographs forming a composite figure should be of equal contrast, to facilitate printing, and should be accurately squared.

Magnifications should be indicated using a scale bar on the illustration.

If supplied electronically, graphics must be supplied as high resolution (at least 300 d.p.i.) files, saved as .eps or .tif. A high-resolution print-out must also be provided. Digital images supplied only as low-resolution print-outs and/or files cannot be used.

It is the policy of Insect Science for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork. Please complete and return the Colour Work Agreement Form to the Editor before publication.

Figure legends. Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

ELECTRONIC MANUSCRIPTS

Authors are encouraged to submit their manuscripts by electronic mail.

The following instructions should be adhered to:

- Authors should supply their accepted paper as formatted text. Specify the hardware and the word processing package on the disk (e.g. IBM, Word 2000 or Mac, Word 5.1), as well as the first author's surname, the journal title and the manuscript number.
- Do not use the carriage return (Enter) at the end of lines within a paragraph.
- Turn the hyphenation option off; include only those hyphens that are essential to the meaning.
- Specify any special characters used to represent non-keyboard characters.
- Take care not to use l (ell) for 1 (one), O (capital o) for 0 (zero) or ß (German esszett) for Greek beta.
- Use a tab, not spaces, to separate data points in tables. If you use a table editor function, ensure that each data point is contained within a unique cell (i.e. do not use carriage returns within cells).

PROOFS

It is essential that corresponding authors supply an email address to which proofs can be emailed.

Full instructions on how to correct and return the file will be attached to the email.

OFFPRINTS

A PDF file of the final version of the paper will be provided free of charge. The PDF file is for authors' personal or professional use, for the purposes of scholarly or scientific research or study. Paper offprints are available for a fee and should be ordered at proof stage.

INSECT SCIENCE ONLINE

Visit the Insect Science home page at <http://wileyonlinelibrary.com> for more information, and

Wiley-Blackwell's web pages for submission guidelines and digital graphics standards at <http://wileyonlinelibrary.com>.

Author Services enables authors to track their article, once it has been accepted, through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated emails at key production stages of production so they do not need to contact the production editor to check on progress. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor> for more details on online production tracking and for a wealth of resources, including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

EARLY VIEW

Insect Science is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. the nature of early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early view articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article.