

**Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
**Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação**

**Rodrigo Aranda**

Padrões de distribuição espacial de Mutillidae (Hymenoptera, Aculeata) em relação à heterogeneidade espacial e à composição de espécies de hospedeiros, em fragmentos de Cerrado no Brasil Central

Campo Grande, MS

2014

**Rodrigo Aranda**

Padrões de distribuição espacial de Mutillidae (Hymenoptera, Aculeata) em relação à heterogeneidade espacial e à composição de espécies de hospedeiros, em fragmentos de Cerrado no Brasil Central

Tese apresentada como pré-requisito de conclusão do doutorado em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Gustavo Gracioli

**Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
**Campo Grande, 2014**

**Rodrigo Aranda**

Padrões de distribuição espacial de Mutillidae (Hymenoptera, Aculeata) em relação à heterogeneidade espacial e à composição de espécies de hospedeiros, em fragmentos de Cerrado no Brasil Central

**Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**

Tese apresentada como pré-requisito de conclusão do doutorado em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Gustavo Gracioli

Data de Aprovação: 22 de Outubro de 2014

Banca:

Dr. Alexandre Pires Aguiar  
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr.<sup>a</sup> Angélica Maria Penteado Martins Dias  
Universidade Federal de São Carlos

Dr. Danilo Bandini Ribeiro  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dr. José Henrique Schoereder  
Universidade Federal de Viçosa

Dr. William Leslie Overal  
Museu Paraense Emílio Goeldi, Mct Ministério da Ciência e Tecnologia

## **Dedicatória**

Dedico aos meus pais, Nelson Romanatto Aranda e Roseli de Fátima Tavares de Ávila, por sempre me apoiarem em minhas decisões e escolhas, aos meus familiares e em especial à minha esposa, Gisele Catian.

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Gustavo Graciolli, por sua orientação, amizade e pelas oportunidades que fizeram parte da minha formação profissional e intelectual.

Aos amigos da Ecologia. Aqueles que já passaram por aqui, que ainda estão ou que optaram pela Ecologia em outro lugar, em especial a Paulo Alexandre Bogiani, Waldemar Guimarães Barbosa pelas inúmeras viagens, histórias e “parceria”; Igor Inforzato, “irmão do peito” independente do tempo e distância; Raul Costa Pereira pela companhia, conversas e aventuras ecológicas que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho; Luis Felipe Cunha Carvalho, parceiro de laboratório e de atividades extracurriculares.

Aos amigos e colegas da graduação em Ciências Biológicas (sem citar nomes para não ser injusto com ninguém) que me receberam de braços abertos no seu círculo de amizades, em especial a Gustavo Duchinni, Nathália Rebello, Thalita Moraes, Thays Marçal e Izabela Coelho, que participaram como estagiários ao longo desses 4 anos, seja em campo seja no laboratório.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, pelo aperfeiçoamento profissional adquirido ao longo dos anos, não apenas nas aulas, mas em viagem, palestras e conversas.

Ao David Richard da Luz, da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio na identificação das espécies de Mutillidae. Futuros trabalhos nos esperam! Ao Renan da Silva Olivier, por se aventurar a ser meu primeiro orientado oficial e que acabou dando certo! “Valeu por acreditar”.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de estudo essencial para o desenvolvimento deste trabalho, ao Programa em Ecologia e Conservação a Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo apoio para as atividades de campo.

Aos meus pais, Nelson Romanatto Aranda e Roseli Tavares de Ávila, e aos meus familiares pelo apoio, compreensão e incentivo durante todos esses anos. A saudade é recompensada. E em especial à Gisele Catian, pela ajuda nas atividades de campo, compreensão, companheirismo e dedicação durante todo esse tempo.

**Muito Obrigado!**

## **Resumo geral**

A hipótese da heterogeneidade de habitat vem tentando elucidar a relação da distribuição dos animais com as variáveis ambientais. Para os insetos, têm sido encontrados padrões diferentes em relação à distribuição quanto à heterogeneidade ambiental e não se sabe ao certo o efeito na comunidade, sendo avaliadas somente algumas famílias. Hymenoptera é a terceira maior ordem de insetos e estão entre os mais importantes agentes ecológicos em ecossistemas terrestres, sendo responsáveis pelo controle de populações de outros insetos, através da predação ou parasitoidismo, e a polinização de angiospermas. O conhecimento da fauna de Hymenoptera pode ser utilizado como indicador para o estado de conservação da fauna de artrópodes em escala local, por responder às alterações do habitat de forma rápida.

O Cerrado vem sofrendo perda de habitat nas últimas décadas, principalmente na região sudeste e centro-oeste do Brasil e a sua fragmentação tornou-se um dos principais problemas para o bioma. É evidente que para o Cerrado, a fauna de Hymenoptera ainda é pouco conhecida e o efeito de fragmentação, assim como a estrutura do habitat, são fatores importantes para a composição da comunidade. Desta forma, o tamanho, arranjo espacial e variações na complexidade estrutural de fragmentos afetam a riqueza, composição e distribuição de Hymenoptera no bioma do Cerrado, que por sua vez refletem as condições de composição da entomofauna (Capítulo 1).

Em relação à comunidade de Mutillidae temos uma estruturação da comunidade em relação ao gradiente de área. A relação do esforço amostral/área não é prejudicada na representação da comunidade ao utilizar-se 100 m<sup>2</sup> como unidade amostral. A definição da metodologia em estabelecer um esforço amostral definido por área/tempo representa uma unidade amostral válida para comparações e aplicação de conceitos e teorias ecológicas para o grupo, uma vez que os trabalhos básicos são sobre taxonomia e sistemática, sendo poucos os com enfoque ecológico (Capítulo 2).

A distribuição espacial e temporal de Mutillidae segue o padrão esperado do modelo-predador presa com atraso temporal em relação aos hospedeiros e a heterogeneidade ambiental é um fator que determina a estruturação da comunidade de hospedeiro-parasitoide. Dessa forma, há uma ferramenta útil para prever as possíveis interações entre hospedeiro-parasitoide e pode-se direcionar esforços para a busca da relação de parasitoidismo dentro da família Mutillidae (Capítulo 3).

## Lista de tabelas

Capítulo 1. Tabela 1. Composição da comunidade de Hymenoptera (exceto Formicidae) capturadas em Malaise em fragmentos de Cerrado .....	19
Capítulo 1. Anexo 1. Espécies e morfoespécies de Hymenoptera capturadas em Malaise em fragmentos de Cerrado .....	27
Capítulo 2. Tabela 1. Lista das espécies de Mutillidae em fragmentos de Cerrado no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul entre Janeiro a Dezembro de 2012 .....	42
Capítulo 2. Tabela 2. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos de Mutillidae (comparação do resultado do teste de Kruskal-Wallis com teste de Tukey). * indica diferença significativa de $p \leq 0,05$ .....	44
Capítulo 3. Tabela 1. Potenciais hospedeiros da ordem Hymenoptera coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre janeiro a dezembro de 2012 em armadilhas do tipo malaise .....	60
Capítulo 3. Tabela 2. Mutillidae coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre janeiro a dezembro de 2012 .....	61

## Lista de figuras

Capítulo 1. Figura 1. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos de Hymenoptera em relação à temperatura (°C) e precipitação (mm) mensais em fragmentos de Cerrado .....	20
Capítulo 1. Figura 2. Regressão linear entre área dos fragmentos e abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade .....	20
Capítulo 1. Figura 3. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) similaridade de Bray-Curtis da composição da comunidade de Hymenoptera (exceto Formicidae) capturada em Malaise em fragmentos de Cerrado .....	21
Capítulo 1. Figura 4. Análise de Correspondência Canônica (ACC) da comunidade de Hymenoptera (exceto Formicidae) em relação a variáveis ambientais ((n) árvores, altura das árvores (m), (n) arbusto, altura arbusto (m) cobertura do dossel (%), cobertura do solo (%), profundidade de serapilheira (cm), cobertura gramíneas (%)) em fragmentos de Cerrado .....	21
Capítulo 2. Figura 1 - Esquema do desenho experimental e disposição dos tratamentos no modelo de quadrado latino realizado em cada um dos 25 pontos distribuídos nos quatro fragmentos amostrados .....	43
Capítulo 2. Figura 2. Distribuição mensal da riqueza e abundância de machos e fêmeas de Mutillidae e variações de temperatura e precipitação em fragmentos de cerrado no período de janeiro a dezembro de 2012 .....	40
Capítulo 2. Figura 3. Análise de variável canônica (CVA) proveniente da análise de variância multivariada (MANOVA) da composição das espécies de Mutillidae entre os fragmentos de Cerrado (Pillai Trace = 0,7078, $F_{1,314} = 51,81$ , $p = 0,02$ ) .....	44
Capítulo 2. Figura 4. Análise de ordenação direta da comunidade de Mutillidae em função da área .....	45
Capítulo 3. Figura 1. Abundância de indivíduos de Mutillidae e das famílias de potenciais hospedeiros coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre janeiro e dezembro de 2012 .....	62
Capítulo 3. Figura 2. Abundância de oito gêneros mais frequentes de Mutillidae e das famílias de potenciais hospedeiros coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre janeiro e dezembro de 2012 .....	62
Capítulo 3. Figura 3. Valores dos 1º eixo do NMDS da comunidade de potenciais hospedeiros e Mutillidae e PCA das variáveis ambientais em fragmentos urbanos de Cerrado em Campo Grande, MS .....	63
Capítulo 3. Figura 4. Análise de Correspondência Canônica entre a comunidade de potenciais hospedeiros, Mutillidae e variáveis ambientais em fragmentos urbanos de Cerrado em Campo Grande, MS .....	64

## Sumário

<b>Introdução geral</b> .....	04
Referências bibliográficas .....	06
<b>Comunidade de Hymenoptera em fragmentos de cerrado em matriz urbanizada e o efeito da heterogeneidade ambiental</b> .....	08
Resumo .....	09
Abstract .....	10
Introdução .....	11
Material e métodos .....	12
Resultados .....	14
Discussão .....	15
Referências bibliográficas .....	22
<b>Efeito espécie-área na comunidade de Mutillidae (Hymenoptera: Aculeata)</b> .....	31
Resumo .....	32
Abstract .....	33
Introdução .....	34
Material e métodos .....	35
Resultados .....	38
Discussão .....	39
Referências bibliográficas .....	46
<b>Prevedo interação hospedeiro-parasitoide em Mutillidae</b> .....	50
Resumo .....	51
Abstract .....	52
Introdução .....	53
Material e métodos .....	54
Resultados .....	55
Discussão .....	56
Referências bibliográficas .....	65
<b>Conclusões gerais</b> .....	71

## INTRODUÇÃO GERAL

Muitos processos ecológicos, como predação, polinização, migração, são sensíveis à heterogeneidade espacial e ao fluxo de espécies entre habitats fragmentados modulam esses processos (Pickett & Cadenasso, 1995). Os parasitoides são influenciados em diferentes escalas espaciais devido à distribuição de seus hospedeiros (Cronin & Reeve, 2005). A heterogeneidade ambiental é dada através de fatores bióticos (plantas e/ou animais) e fatores abióticos (por exemplo, formação de terreno, temperatura, umidade) que ao interagirem resultam em um gradiente de formas distintas dentro de uma mesma área. A busca de respostas de como essas variáveis em conjunto atuam na distribuição das espécies ainda é um fator chave na ecologia (Legendre *et al.*, 2002). É indispensável o envolvimento de teste de hipóteses e não apenas uma simples descrição da estrutura espacial onde se possam estabelecer os efeitos da variação estrutural do ambiente na distribuição das espécies (Legendre, 1993).

Entre diversos fatores da estabilidade de comunidades, a heterogeneidade espacial e temporal vem sendo considerada as propriedades mais importantes, porém a diferença entre as duas formas de heterogeneidade não têm sido muito estudada (Mitsunaga & Fujii, 1997) e a heterogeneidade pode atuar de forma diferenciada nas dinâmicas populacionais (Hastings, 1990), sendo avaliadas apenas a espacial ou a temporal separadamente.

O grupo dos Hymenoptera desempenha diversos papéis de fundamental importância para a manutenção dos ecossistemas terrestres, sendo as abelhas e vespas os principais agentes polinizadores e controladores das populações de outros insetos através da predação e parasitoidismo (LaSalle & Gauld, 1993).

Hymenoptera parasitoides são extremamente diversos e apresentam grande significância no ecossistema terrestre. Estimativas de que aproximadamente 25% das espécies animais sejam Hymenoptera parasitoides, porém a riqueza de espécies e a estabilidade com a comunidade de hospedeiros ainda são incertas. Devido os parasitoides apresentam um profundo impacto nas populações de seus hospedeiros, sendo altamente especializados e por ocupar um nível trófico elevado no ecossistema, são mais vulneráveis a extinções local e global (Hassel & May, 1988; Shaw & Hochberg, 2001).

O parasitoidismo encontrado entre os Hymenoptera pode ser enquadrado como uma forma de predação que atua no processo de controle e dinâmica de populações (LaSalle & Gauld, 1993). Recentemente a dinâmica das populações em ambientes heterogêneos, considerando estrutura da comunidade, diversidade e sucessão de espécies, tem tido maior enfoque no que diz respeito à interação hospedeiro-parasitoide (Ulrich, 2004; Cronin & Reeve, 2005; Tylianakis *et al.*, 2005; Shaw, 2006; Tylianakis, *et al.*, 2006). A ausência de estudos sobre auto-ecologia de Hymenoptera parasitoides coloca o grupo em vulnerabilidade em relação à conservação de habitat, se comparado a outros grupos de insetos, principalmente no que diz respeito às alterações ambientais e interações com as populações de hospedeiros (Shaw, 2006). A utilização de parasitoides como bioindicadores pode ser útil, uma vez observando-se grande diversidade destes, conseqüentemente, tem-se uma grande diversidade de hospedeiros, assim podendo inferir uma estabilidade do ecossistema (Azevedo & Santos, 2000; Restello & Penteado-Dias, 2006) e em ambientes alterados pode-se ter uma composição de espécies distinta correspondente ao grau de impacto sofrido, devido à fragmentação de habitat ou outras alterações (Idris *et al.*, 2001; Thies *et al.*, 2003).

Os efeitos da urbanização e da fragmentação de habitat afetam significativamente a composição de vespas e abelhas, tornando crítico o entendimento para a manutenção dos ecossistemas, devido à importância ecológica como predadores e polinizadores (McIntyre, 2000; Christie & Hochuli, 2008). Sendo a riqueza diretamente dependente da escala espacial, fragmentação e estado de preservação muitas vezes os ecossistemas urbanos são negligenciados em pesquisas ecológicas (McIntyre, 2000; McIntyre & Hostetler 2001; Tylianakis, *et al.*, 2006; Christie & Hochuli, 2008). Cerca de 85% dos estudos encontram uma relação positiva entre a diversidade de espécies animais e a variabilidade estrutural (Tews *et al.*, 2004). Em habitats modificados há uma maior proporção de parasitoides, aumentando a taxa de parasitoidismo com implicações para serviços ambientais, como polinização e controle biológico por abelhas e vespas (Tylianakis *et al.*, 2007), sendo de fundamental importância para compreensão das respostas ecológicas de espécies nativas em relação à introdução de espécies exóticas com a fragmentação de habitats (Peck *et al.*, 2008). A escala espacial em diferentes níveis tróficos, aparentemente, afeta mais

sensivelmente os parasitoides por ser um nível trófico mais sensível a perturbações ambientais (Thies *et al.*, 2003).

Desta forma, há vemos a necessidade de compreender melhor a relação entre parasitoides-hospedeiros-ambiente para ampliar os conhecimentos e aumentar o sucesso nas estratégias e programas de conservação.

Tendo em vista a relação entre a diversidade de Hymenoptera, a heterogeneidade espacial e o efeito de fragmentação, o presente trabalho enfoca as relações entre a diversidade da comunidade de Hymenoptera (exceto Formicidae) em fragmentos de Cerrado e o efeito da heterogeneidade na estruturação da comunidade (Cap. 1); os padrões de distribuição espacial de Mutillidae, testando métodos de amostragem para o grupo (Cap. 2); e a interação da heterogeneidade espacial na modulação da interação hospedeiro-parasitoide, com ênfase em Mutillidae como modelo em fragmentos de Cerrado (Cap. 3).

## Referências

- Azevedo, C.O.; Santos, H.S. Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariácica, ES, Brasil. *Boletim do Museu Biológico Mello Leitão* 11/12: 117-126, 2000.
- Christie F.J.; Hochuli, D.F. Responses of wasp communities to urbanization: effects on community resilience and species diversity. *Journal of Insect Conservation* DOI 10.1007/s10841-008-9146-5, 2008.
- Cronin, J.T.; Reeve, J.D. Host-parasitoid spatial ecology: a plea for a landscape-level synthesis. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 272, 2225–2235, 2005.
- Hassel, M.P.; May, R.M. Spatial heterogeneity and the dynamics of parasitoid-host systems. *Annual Zoologica Fennici* 25: 55-61, 1988.
- Hastings, A. Spatial heterogeneity and ecological models. *Ecology* 71(2): 426-428, 1990.
- Idris, A.B.; Gonzaga, A.D.; Zaneedarwaty, N.N.; Hasnah, B.; Natasha, B.Y. Does habitat disturbance has adverse effect on the diversity on parasitoid community? *Online Journal of Biological Science* 1(11): 1040-1042, 2001.
- Lasalle, J.; Gould, I.D. *Hymenoptera and biodiversity*. CAB International, Wallingford, 1993.
- Legendre, P. Spatial autocorrelation: Trouble or new paradigm? *Ecology* 74(6): 1659-1673, 1993.

- Legendre, P.; Dale, R.T.; Fortin, M.; Gurevich, J.; Hohn, M.; Myers, D. The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography* 25: 601-615, 2002.
- McIntyre, N.E. Ecology of urban arthropods : A Review and a call to action. *Annals of the Entomological society of America* 93: 825-835, 2000.
- McIntyre, N.E.; Hostetler, M.E. Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera : Apoidea) communities in a desert metropolis. *Basic Applied Ecology* 2: 209-218, 2001.
- Mitsunaga T.; Fujii, K. The effects of spatial and temporal environmental heterogeneities on persistence in a laboratory experimental community. *Population Ecology* 39(2): 249-260, 1997.
- Peck, R.W.; Banko, P.C.; Schwarzfeld, M.; Euaparadorn M.; Brinck, K.W. Alien dominance of the parasitoid wasp community along an elevation gradient on Hawai'i Island. *Biological Invasions* DOI 10.1007/s10530-008-9218-1, 2008.
- Pickett, S.T.A.; Cadenasso, M.L. Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological system. *Science* 269(21): 331-334, 1995.
- Restello, R.M.; Penteado-Dias, A.M. Diversidade dos Braconidae (Hymenoptera) da Unidade de Conservação de Teixeira Soares, Marcelino Ramos, RS, com ênfase nos Microgastrinae. *Revista Brasileira de Entomologia* 50(1): 80-84, 2006.
- Shaw, M.R. Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insect Conservation* 10(2): 117-127, 2006.
- Shaw, M.R.; Hochberg M.E. The neglect of parasitic Hymenoptera in insect conservation strategies: The British fauna as a prime example. *Journal of Insect Conservation* 5: 253-263, 2001.
- Shaw, M.R. Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insect Conservation* 10, 117–127, 2006.
- Tews, J.; Brose, U.; Grimm, V.; Tielbörger, K.; Wichmann, M.C.; Schwager, M.; Jeltch, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92, 2004.
- Thies, C.; Steffan-Dewenter, I.; Tscharntke, T. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spacial scales. *Oikos* 101: 18-25, 2003.
- Tylianakis, J.M., Klein, A.M., Tscharntke, T. Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology* 86(12): 3296-3302, 2005.
- Tylianakis, J.M.; Klein, A.; Lozada, T.; Tscharntke, T. 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, 2006.
- Tylianakis, J.M.; Tscharntke, T.; Lewis, O.T. Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature*, 445(7124), 202–205, 2007.
- Ulrich, W. Soil-living parasitic Hymenoptera: comparison between a forest and an open landscape habitat. *Pedobiologia* 48(1): 59-69, 2004.

## **Capítulo 1**

### **Comunidade de Hymenoptera em fragmentos de cerrado em matriz urbanizada e o efeito da heterogeneidade ambiental**

---

**Resumo:** O efeito da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade de espécies vem sendo testado em diversos grupos e ainda não foi encontrado um padrão geral de resposta às variações. Para insetos isso também é incerto e em Hymenoptera esse padrão não é bem claro. O presente trabalho teve como objetivo descrever a comunidade da ordem Hymenoptera (exceto Formicidae) em fragmentos de Cerrado, testando as hipóteses que i) fragmentos maiores apresentam maior riqueza, abundância e diversidade e ii) diferenças na estrutura vegetal afetam a composição da comunidade. As coletas foram realizadas em quatro fragmentos urbanos de cerrado onde foram distribuídas 18 armadilhas Malaise em uma área de 100 x 100 m, permanecendo por 72 horas, com 25 repetições totalizando 32.400 armadilha/horas. Para obtenção das variáveis ambientais, em cada ponto de coleta foram feitas nove parcelas de 25 m<sup>2</sup> onde foram mensuradas as seguintes variáveis ambientais: números de árvores (n), altura das árvores (m), número de arbustos (n), altura dos arbustos (m), cobertura do dossel (%), cobertura do solo (%), profundidade da serapilheira (cm), e cobertura de gramínea (%). Os espécimes foram morfotipados e identificados até o menor nível taxonômico. Foram utilizados estimador de riqueza Jackknife 1º ordem, Índice de diversidade (H') de Shannon-Wiener e Equitabilidade (J') de Pielou para descrever as comunidades; para verificar a diferença da riqueza e a abundância entre os fragmentos foi realizado o teste de Kruskal-Wallis; foi realizada regressão linear entre as métricas da comunidade e a área dos fragmentos para verificar o efeito de área; para discriminar a composição da comunidade foi realizado escalonamento multidimensional não-métrico (medida de Bray-Curtis); e análise de correspondência canônica (ACC) para verificar o efeito da heterogeneidade na composição da comunidade. Foram coletados 4.325 indivíduos distribuídos em 489 morfoespécies, 38 famílias e nove superfamílias. Fragmentos maiores apresentaram os maiores índices descritores da comunidade, maiores valores de riqueza de espécies e abundância de indivíduos, assim como houve estruturação da comunidade em relação ao tamanho dos fragmentos. As variáveis ambientais influenciaram a composição das famílias de Hymenoptera. Hymenoptera apresenta alta diversidade em fragmentos e o efeito de fragmentação, assim como a estrutura do habitat, são fatores importantes para a estruturação e composição da comunidade.

**Palavras-chave:** Abelhas, Fragmentação, Parasitoides, Vespas

## **Hymenoptera community in cerrado fragments in an urban matrix and the effect of environmental heterogeneity**

**Abstract:** While the Brazilian Savanna is considered a global biodiversity hotspot, loss of habitat in recent decades has posed a serious threat to the insect fauna, especially Hymenoptera parasitoids. Since fragmentation and habitat alteration are known to affect the community structure of this order, the present work aims to describe the Hymenoptera community in fragments of Brazilian Savanna, testing the hypotheses that i) larger fragments present the highest richness, abundance and diversity and ii) differences in vegetation structure affect community composition. To accomplish this, sampling was conducted in four cerrado fragments in urban areas in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, from January to December of 2012. To measure environmental variables at each collection point, nine plots of 25 m<sup>2</sup> were sampled, and the following environmental variables were recorded: number of trees (n), tree height (m), number of shrubs (n), shrub height (m) canopy cover (%), soil cover (%), leaf litter depth (cm), and grasses (%). While a significant difference was observed between species richness and the four fragments evaluated, abundance showed no significant difference. Instead, variation in the abundance of individuals showed a pattern of higher values with low rainfall and temperature. It was possible to separate two groups with different composition in relation to Hymenoptera families, excluding Formicidae, when considering environmental variables: 1) a group influenced by the number of trees and canopy cover and another by the number of shrubs and leaf-litter cover on the ground. The Brazilian Savanna with its high biodiversity confirms this biogeographic region as a hotspot for Hymenoptera. Although the Hymenoptera fauna is poorly known, it can be concluded from the results of this study that size, spatial arrangement and variations in the structural complexity of fragments affect the richness, composition and distribution of Hymenoptera in the Brazilian Savanna biome.

**Keywords:** Bees, Fragmentation, Parasitoids, Wasps

## Introdução

A hipótese da heterogeneidade de habitat é uma das que apresenta maior número de evidências para suportar a diversidade biológica (Huston, 1979) e é considerada a variação na estrutura da vegetação e diversos trabalhos vêm tentando elucidar a relação da distribuição dos animais com as variáveis ambientais (Legendre, 1993; Dungan *et al.*, 2002; Legendre *et al.*, 2002; Borcard *et al.*, 2004; Tews *et al.*, 2004; Vinatier *et al.*, 2011), não possuindo ainda um padrão claro para os animais. Para os insetos também têm sido encontrados padrões diferentes em relação à distribuição quanto à heterogeneidade: não havendo influência (Ellis *et al.*, 2006), influenciando positivamente (Dennis *et al.*, 1998; Utsumi *et al.*, 2009) ou de forma variada na composição da comunidade (Crist *et al.*, 2006). Para os Hymenoptera esse padrão ainda não é bem definido (Hassel *et al.*, 1988; Hirsch & Wolters, 2003; Lassau & Hochuli, 2005; Tylianakis *et al.*, 2005; Zquette *et al.*, 2005; Tylianakis *et al.*, 2006; Tylianakis *et al.*, 2007; Krewenka *et al.*, 2011) e não se sabe ao certo o efeito na comunidade, sendo avaliadas somente algumas famílias, entre elas Apidae, Vespidae e Ichneumonidae.

Hymenoptera é a terceira maior ordem de insetos e figura entre os mais importantes agentes ecológicos em ecossistemas terrestres, sendo responsáveis pelo controle de populações de outros insetos através da predação ou parasitoidismo e polinização de angiospermas (LaSalle & Gauld, 1993). A fauna de Hymenoptera na região Neotropical é bem conhecida para algumas famílias de Vespoidea (Assis & Camillo, 1997; Elpino-Campos *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2009) e Apoidea, em especial Apidae (Nogueira-Ferreira & Augusto, 2000; Maria *et al.*, 2003), sendo os grupos restantes pouco conhecidos. As abelhas e vespas respondem às variações ambientais abióticas e alterações na configuração do habitat como fragmentação, isolamento de áreas e a alterações naturais na composição da vegetação (Roland & Taylor, 1997; Hirsch & Wolters, 2003; Cabacinha & de Castro, 2009; Santos & Quicke, 2011; Krewenka *et al.*, 2011). O Cerrado por ser um *Hotspot* global é considerado uma área prioritária para conservação (Myers *et al.*, 2000), mas a carência de estudos sobre a entomofauna, principalmente sobre Hymenoptera parasitoides, torna a situação mais relevante. O Cerrado vem sofrendo perda de habitat nas últimas décadas, principalmente na região sudeste e centro-oeste e a fragmentação se tornou um dos principais problemas para o bioma (Carvalho *et al.*, 2008; Fiaschi & Pirani, 2009).

O conhecimento da fauna de Hymenoptera pode ser utilizado como indicador do estado de conservação da fauna de artrópodes em escala local (Combes, 1996; Wajnberg *et al.*, 2008; Anderson *et al.*, 2011; Evans *et al.*, 2011; Kidd & Amarasekare, 2012), respondendo às alterações do habitat de forma rápida (Brosi *et al.*, 2007; Fernandez-Triana *et al.*, 2011).

Nosso objetivo é descrever a comunidade da ordem Hymenoptera (exceto Formicidae) em fragmentos de Cerrado testando as hipóteses que i) fragmentos maiores apresentam maior riqueza, abundância e diversidade e ii) diferenças na estrutura da vegetal afetam a composição da comunidade.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O bioma do Cerrado é um *hotspot* global com altos índices de diversidade de fauna e flora e que apresenta poucos estudos sobre as dinâmicas das comunidades de insetos principalmente em relação à perda de habitat e ao efeito de fragmentação. O Cerrado apresenta diversas formações vegetais, indo desde áreas abertas com predomínio de gramíneas (Cerrado campo limpo) até formações do tipo florestais (Cerradão).

As coletas foram realizadas em quatro fragmentos urbanos de Cerrado no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, entre janeiro e dezembro de 2012, sendo eles: Parque Estadual Matas do Segredo (Segredo) (20°23'S, 54°35'O; 175 ha), Parque Estadual do Prosa (Prosa) (20°27'S, 54°33'O; 128 ha), Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) (20°30'S, 54°36'O; 32 ha) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) (20°24'S, 54°36'O; 25 ha). A região apresenta o clima subtropical Aw (Köppen, 1948) com precipitação média de 1.125 mm e temperaturas com máxima média de 29°C mínima média de 17°C.

Todos os fragmentos apresentam vegetação do tipo Cerrado *stricto sensu* e Cerradão e influência de matas de galeria nos corpos d'água nos Parques Estadual Matas do Segredo e do Prosa. Os fragmentos estão inseridos dentro da matriz urbana com diferentes graus de isolamento e ocupação no entorno.

## **Amostras**

Para a captura dos Hymenoptera, os fragmentos foram gradeados e estabelecidos em cada um dos pontos de coleta, cada ponto de coleta constituía uma área de 100 x 100 m onde foram distribuídas 18 armadilhas do tipo Malaise (1,5 m x 1,5 m x 1,0 m) que permaneceram por 72 horas, sendo realizadas 25 repetições entre janeiro a dezembro de 2012 (Segredo= 8, Prosa= 6, UFMS= 6, UCDB= 5), totalizando 32.400 armadilha/horas. Para as análises da comunidade cada ponto foi utilizado como uma unidade amostral (n=25). Coletas manuais foram realizadas em todos os pontos amostrais, totalizando 450 homem-horas. Os espécimes coletados foram armazenados em álcool 70%, devidamente etiquetados. A identificação do material foi realizada utilizando Fernández & Sharkey (2006) e Rafael *et al.* (2012) até o nível de família e, posteriormente os indivíduos foram separados em morfotipos. Ao menos um exemplar de cada espécime foi depositado na Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul sobre a numeração CEUFMS10350-CEUFMS10838 e ZUFMSHYM00001-000267.

Variáveis climáticas de precipitação (mm) e temperatura (°C) foram obtidas mensalmente através do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)). Para obtenção das variáveis ambientais, em cada ponto de coleta foram feitas nove parcelas de 25 m<sup>2</sup>, onde foram mensuradas as seguintes variáveis ambientais: números de árvores (n), altura das árvores (m), número de arbustos (n), altura dos arbustos (m), cobertura do dossel (%), cobertura do solo (%), profundidade da serapilheira (cm), e cobertura gramínea (%). Tais variáveis foram escolhidas por representar a variação vertical da estrutura da vegetação e disponibilidade recursos e de micro habitat para as diferentes famílias de Hymenoptera.

## **Análises Estatísticas**

Foram utilizados estimadores de riqueza Jackknife 1º ordem, Índice de diversidade (H') de Shannon-Wiener e Equitabilidade (J') de Pielou para descrever as comunidades. Para verificar se a riqueza e a abundância diferiam entre os fragmentos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (H; p=0,05). Regressão linear foi utilizada para verificar o efeito do tamanho dos fragmentos na riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade. Para discriminar a composição da comunidade entre os fragmentos foi utilizado Escalonamento

Multidimensional Não-métrico (NMDS) com medida de similaridade de Bray-Curtis e para analisar o efeito das variáveis ambientais na composição da comunidade foi utilizada análise de correspondência canônica (ACC) com permutação de 1.000 vezes. As análises estatísticas foram realizadas nos programas R (R Core Team, 2013) e Past<sup>®</sup> (Hammer *et al.*, 2001).

## Resultados

Foram coletados 4.325 indivíduos distribuídos em 489 morfoespécies, 38 famílias e nove superfamílias (Tab. 1). Utilizando o estimador de riqueza Jackknife 1<sup>o</sup> ordem, estima-se que haja um total de 655 espécies, tendo sido amostrados 74,65% da fauna de Hymenoptera. Foram registradas para o fragmento Segredo 307 espécies, sendo 83 delas exclusivas com estimativa de 446 (68,83% amostrado); fragmento do Prosa com 292 espécies, sendo 71 exclusivas com estimativa de 424 (68,87% amostrado); fragmento da UCDB com 195 espécies, sendo 33 exclusivas com estimativa de 279 (69,89% amostrado); e fragmento da UFMS com 187 espécies, sendo 40 exclusivas com estimativa de 271 (69% amostrado).

Houve diferença significativa entre a riqueza de espécies dos fragmentos ( $H=17,889$ ; g.l.= 3;  $p < 0,001^*$ ) (Prosa  $n=54$ , média=  $16,33 \pm 9,3$ ; Segredo  $n=72$ , média=  $11,52 \pm 12,75$ ; UCDB  $n=45$ , média=  $11,66 \pm 6,76$ ; UFMS  $n=52$ , média=  $12,33 \pm 7,66$ ), porém a abundância não apresentou diferença significativa ( $H=6,453$ ; g.l.= 3;  $p=0,092$ ) (Prosa  $n=54$ , média=  $23,70 \pm 22,7$ ; Segredo  $n=72$ , média=  $20,33 \pm 16,92$ ; UCDB  $n=45$ , média=  $16,66 \pm 10,7$ ; UFMS  $n=52$ , média=  $15,85 \pm 16,77$ ). A variação na abundância de indivíduos apresentou um padrão de maiores valores com baixa pluviosidade e temperatura (Fig. 1). A similaridade da composição das espécies é de 53,57% ( $n=262$  espécies), sendo 227 (46,43%) exclusivas entre os fragmentos. Avaliando a diversidade nos fragmentos, o Prosa foi o mais diverso e mais equitativo ( $H'=2,174$ ,  $J=0,882$ ) seguido do Segredo ( $H'=2,143$ ,  $J=0,863$ ), UCDB ( $H'=1,918$ ,  $J=0,838$ ) e UFMS ( $H'=1,894$ ,  $J=0,834$ ). Houve relação positiva entre tamanho do fragmento e as métricas de riqueza, abundância, diversidade e equitabilidade (Fig. 2)

O NMDS mostra a estruturação da comunidade em relação aos fragmentos (stress= 0,1952,  $R^2=0,6895$ ) (Fig. 3), sendo diferente a composição entre os fragmentos, onde os

maiores são mais inclusivos em relação aos menores. Através da ACC podemos observar dois grandes grupos com composição diferente em relação às famílias de Hymenoptera quando confrontadas com as variáveis ambientais, sendo um grupo influenciado por número de árvores (25,66%,  $p= 0,03$ ), altura das árvores (19,47%,  $p= 0,01$ ) e cobertura do dossel (8,55%,  $p= 0,02$ ), e outro por número de arbustos (23,05%,  $p= 0,01$ ) e cobertura de serapilheira no solo (6,58%,  $p= 0,04$ ) (Fig. 4).

## Discussão

A variação na riqueza e abundância de Hymenoptera em relação às condições climáticas mostra uma resposta ao stress hídrico típico do Cerrado na região centro-oeste do Brasil. Observamos uma elevada abundância no início dos meses mais secos, padrão atípico para insetos de forma geral (Hawkins, 1994; Lewis *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2005; Shaw, 2006; Christie *et al.*, 2009; Harvey *et al.*, 2009). O aumento da abundância de adultos mostra a estratégia de passar pelos meses mais secos em estágios que suportam de melhor a baixa umidade, como ovo e pupa.

Conforme o esperado, a riqueza de espécies foi elevada e a abundância é relativamente menor, quando comparado a outros trabalhos de levantamento de Hymenoptera, devido às condições climáticas do Cerrado. A riqueza de morfoespécies é pouco relatada em trabalhos de levantamento do perfil da fauna de Hymenoptera, o que mostra a carência da compreensão da composição da fauna uma vez que as descrições se baseiam em subfamília e família. A abundância foi menor do que alguns dos trabalhos realizados em florestas úmidas (Amazônia e Mata Atlântica) (Azevedo & Santos, 2000; Azevedo *et al.*, 2003; Perioto & Lara, 2003; Christine *et al.*, 2007), mas se equiparou com outros (Azevedo *et al.*, 2002; Alencar *et al.*, 2007) e foi superior a trabalhos no Cerrado (Pádua & Zampieron, 2012). Apesar de serem escassos, trabalhos de levantamento da fauna de Hymenoptera em Cerrado são realizados apenas para algumas famílias. A riqueza foi influenciada pelo tamanho dos fragmentos, sendo os maiores com maior riqueza. Porém, o efeito de isolamento do fragmento interfere nas métricas da comunidade.

Ferreira (2009) calculou o índice de isolamento para oito fragmentos de cerrado (incluindo os fragmentos que são aqui amostramos) no município de Campo Grande, MS, baseando-se no índice de superfície impermeável (ISA), esse índice apresenta a relação da

cobertura de vegetação para se chegar a área de superfície impermeável (Avelina *et al.*, 2011) em um raio de 1 km a partir dos limites das áreas. Os fragmentos com maior diversidade no presente estudo foram aqueles com menores índices de isolamento mostrando o efeito da relação espécie-área e conectividade na estruturação da comunidade de Hymenoptera em fragmentos urbanos (valores de ISA: UFMS= 72,5; Prosa= 64,4; UCDB= 40,4 e Segredo= 32,9).

A abundância de adultos reflete a abundância de hospedeiros/recurso no final da estação úmida e quente e início da seca (verão-outono, Março a Abril). Esse padrão é registrado para alguns Braconidae (Barbieri Junior & Dias, 2012; Christine *et al.*, 2007). Apesar das relações das dinâmicas populacionais de parasitoides e hospedeiros serem pouco compreendidas, devido à inclusão de poucos hospedeiros e parasitoides, a maioria das interações apresenta uma relação espécie-específica para a maioria dos casos onde o grau de generalismo é baixo (Memmott *et al.*, 1994; Roland & Taylor, 1997; Lewis *et al.*, 2002; Van Baaren *et al.*, 2009). Podemos observar isso no número de espécies exclusivas dos fragmentos (46,43%), refletindo as condições locais como presença de hospedeiros.

Ichneumonoidea representou 35,17% da riqueza, uma vez que são parasitoides de Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera, as quais são ordens com maior riqueza e abundância nos biomas. Chalcidoidea representou 26,96% da abundância total. Analisando o perfil da fauna de Hymenoptera parasitoides no Brasil (Azevedo & Santos, 2000; Azevedo *et al.*, 2002; Azevedo *et al.*, 2003; Perioto & Lara, 2003; Souza *et al.*, 2006; Alencar *et al.*, 2007; Christine *et al.*, 2007; Pádua & Zampieron, 2012), vemos uma alternância da proporção das três principais superfamílias representadas: Ichneumonoidea, Chalcidoidea e Platygastroidea. Os trabalhos foram realizados principalmente em Mata Atlântica e Amazônia, tendo poucos registros para Cerrado. Verificamos a alternância da composição da fauna entre os biomas e até mesmo dentro do mesmo bioma. A composição é afetada por tamanho da área, isolamento, grau de conservação e matriz do entorno das áreas. Vale ressaltar a presença de Scolebythidae e Sclerogibbidae (Chrysidoidea), que são pouco frequentes em levantamentos e raramente reportadas para o Cerrado.

Vespoidea apresenta uma distribuição homogênea entre as áreas com valores de heterogeneidade distintas, por ser representado tanto por famílias com comportamento parasitoide (Mutillidae, Pompilidae, Scoliidae, Sierolomorphidae e Tiphidae) como por

vespas predadoras (Vespidae). Para as vespas (Vespidae), o aumento da riqueza está relacionado com o aumento da complexidade do habitat (Assis & Camillo, 1997; Elpino-Campos *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2009), o que possibilita maior disponibilidade para nidificação (Christie & Hochuli, 2008; Christie *et al.*, 2009), oferecendo maior disponibilidade de recurso alimentar (Assis & Camillo, 1997; Santos *et al.*, 2009).

Para abelhas (Apidae), tanto o efeito da heterogeneidade (Rasmussen, 2009) como a paisagem e arranjo espacial (Brosi *et al.*, 2009; Fabian *et al.*, 2013) afetam a estrutura da comunidade. Ambientes com maior disponibilidade de recurso (estratificação vertical), menor grau de perturbação e menos fragmentados apresentam maior riqueza, abundância e diversidade de abelhas (Fierro *et al.*, 2012).

O efeito da urbanização do entorno altera a composição da comunidade de Hymenoptera, sendo o tamanho e o efeito de bordas fatores importantes na composição das espécies, mas de forma geral a comunidade tem alta resiliência (Lewis *et al.*, 2002; Lassau & Hochuli, 2005; Christie & Hochuli, 2008; Spengler *et al.*, 2011). O resultado do NMDS indica uma composição distinta entre os fragmentos, sendo o primeiro eixo responsável por 68% da variação o que pode ser observado pelos valores de riqueza, abundância e a composição da comunidade nos fragmentos amostrados.

Podemos observar na ACC que os grupos formados reúnem as famílias que utilizam hospedeiros ou hábitos alimentares com relação ao tipo de ambiente, por exemplo, Scollidae, Liopteridae, Bethylidae, Tiphidae e Diapriidae são parasitoides de larvas ou pupas de insetos comumente encontrados em serapilheira, sendo mais relacionados com características de cobertura de solo, profundidade de serapilheira e vegetação arbustiva. Em contrapartida, o outro grupo que é influenciado por variáveis ambientais de maior escala como número e altura de árvores, cobertura dossel e presença de gramíneas apresentam uma composição de famílias com espectro mais diversificado de hospedeiros e hábitos alimentares. A variação estrutural do habitat é um fator importante na distribuição espacial dos Hymenoptera devendo ser levado em consideração nas questões de priorização de áreas para conservação na definição das unidades de conservação uma vez que os Hymenoptera *lato sensu* desempenham papéis importantes nos ecossistemas terrestres.

O efeito da complexidade do habitat é um fator importante na riqueza e abundância de parasitoides que respondem diretamente a qualidade, quantidade e arranjo espacial dos

fragmentos (Idris, *et al.*, 2001; Kruess, 2003; He *et al.*, 2008; Spengler *et al.*, 2011; Santos & Quicke, 2011) e alterações na estrutura do habitat afetam as relações com os hospedeiros modificando as interações das teias tróficas (Tylianakis, *et al.*, 2007; Folcher *et al.*, 2011). Essas relações são pouco compreendidas nos trópicos devido ao grande número de espécies e a carência de informações sobre hospedeiros.

Fica claro que para o Cerrado, a fauna de Hymenoptera é pouco estudada e o efeito de fragmentação, assim como a estrutura do habitat, são fatores importantes para a composição da comunidade. Desta forma, o tamanho, arranjo espacial e variações na complexidade estrutural de fragmentos afetam a riqueza, composição e distribuição de Hymenoptera no bioma do Cerrado, que por sua vez refletem as condições de composição da entomofauna.

Tabela 1. Composição da comunidade de Hymenoptera (exceto Formicidae) em armadilhas de Malaise em fragmentos de Cerrado.

Superfamília	Riqueza		Abundância		
	Família	Total	%	Total	%
<b>Apoidea</b>		<b>104</b>	<b>21,27</b>	<b>570</b>	<b>13,18</b>
Apidae		27	5,52	310	7,17
Crabronidae		51	10,43	176	4,07
Sphecidae		26	5,32	84	1,94
<b>Ceraphronoidea</b>		<b>13</b>	<b>2,66</b>	<b>108</b>	<b>2,50</b>
Ceraphronidae		5	1,02	10	0,23
Evanidae		6	1,23	91	2,10
Gasteruptiidae		2	0,41	7	0,16
<b>Chalcidoidea</b>		<b>75</b>	<b>15,34</b>	<b>1166</b>	<b>26,96</b>
Chalcididae		24	4,91	194	4,49
Encyrtidae		2	0,41	87	2,01
Eucharitidae		3	0,61	7	0,16
Eulophidae		9	1,84	94	2,17
Eupelmidae		3	0,61	6	0,14
Eurytomidae		2	0,41	4	0,09
Leucospidae		2	0,41	3	0,07
Mymaridae		5	1,02	34	0,79
Perilampidae		2	0,41	23	0,53
Pteromalidae		12	2,45	57	1,32
Signiphoridae		3	0,61	32	0,74
Torymidae		1	0,20	3	0,07
Trichogrammatidae		7	1,43	622	14,38
<b>Chrysoidea</b>		<b>19</b>	<b>3,89</b>	<b>166</b>	<b>3,84</b>
Bethyidae		9	1,84	85	1,97
Chrysididae		3	0,61	65	1,50
Dryinidae		3	0,61	6	0,14
Sclerogibbidae		3	0,61	5	0,12
Scolebythidae		1	0,20	5	0,12
<b>Cynipoidea</b>		<b>8</b>	<b>1,64</b>	<b>144</b>	<b>3,33</b>
Cynipidae		4	0,82	30	0,69
Figitidae		1	0,20	45	1,04
Liopteridae		3	0,61	69	1,60
<b>Ichneumonoidea</b>		<b>172</b>	<b>35,17</b>	<b>912</b>	<b>20,83</b>
Braconidae		52	10,63	384	8,88
Ichneumonidae		120	24,54	528	11,95
<b>Platygastridae</b>		<b>7</b>	<b>1,43</b>	<b>70</b>	<b>1,62</b>
Scelionidae		7	1,43	70	1,62
<b>Proctotrupoidea</b>		<b>15</b>	<b>3,07</b>	<b>626</b>	<b>14,47</b>
Diapriidae		11	2,25	237	5,48
Proctotrupidae		4	0,82	389	8,99
<b>Vespoidea</b>		<b>76</b>	<b>15,54</b>	<b>564</b>	<b>13,27</b>
Mutillidae		36	7,36	286	6,61
Pompilidae		3	0,61	4	0,09
Scoliidae		4	0,82	4	0,07
Sierolomorphidae		1	0,20	5	0,12
Tiphidae		3	0,61	25	0,58
Vespididae		29	5,93	240	5,80
<b>Total</b>		<b>489</b>	<b>100</b>	<b>4325</b>	<b>100</b>

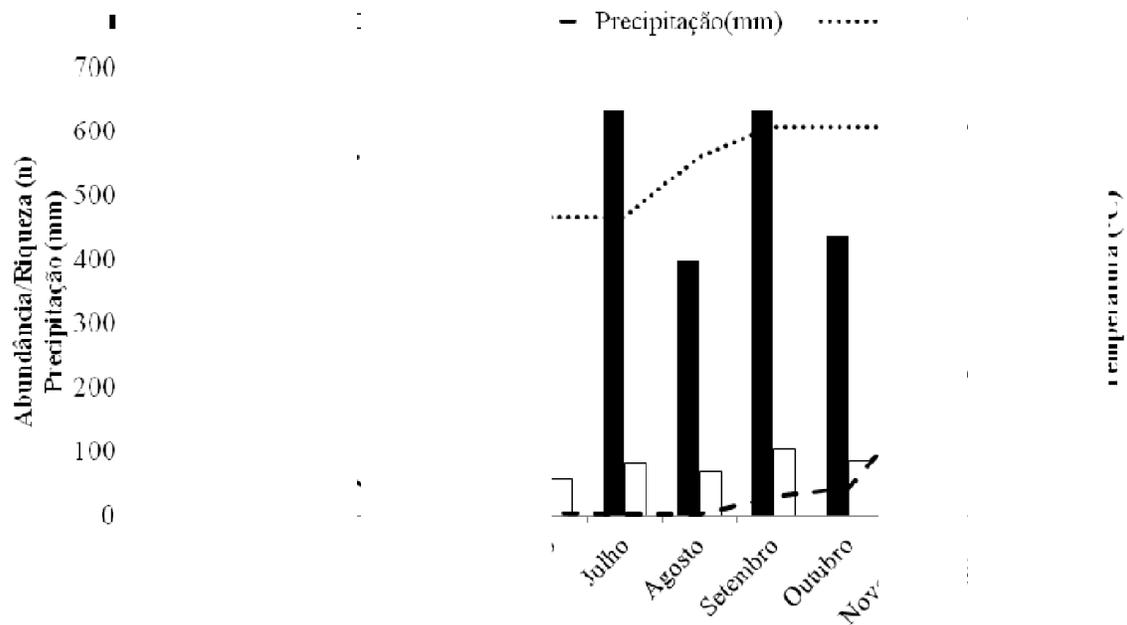


Figura 1. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos de Hymenoptera em relação à temperatura (°C) e precipitação (mm) mensais em fragmentos urbanos de Cerrado no município de Campo Grande-MS no período de janeiro a dezembro de 2012.

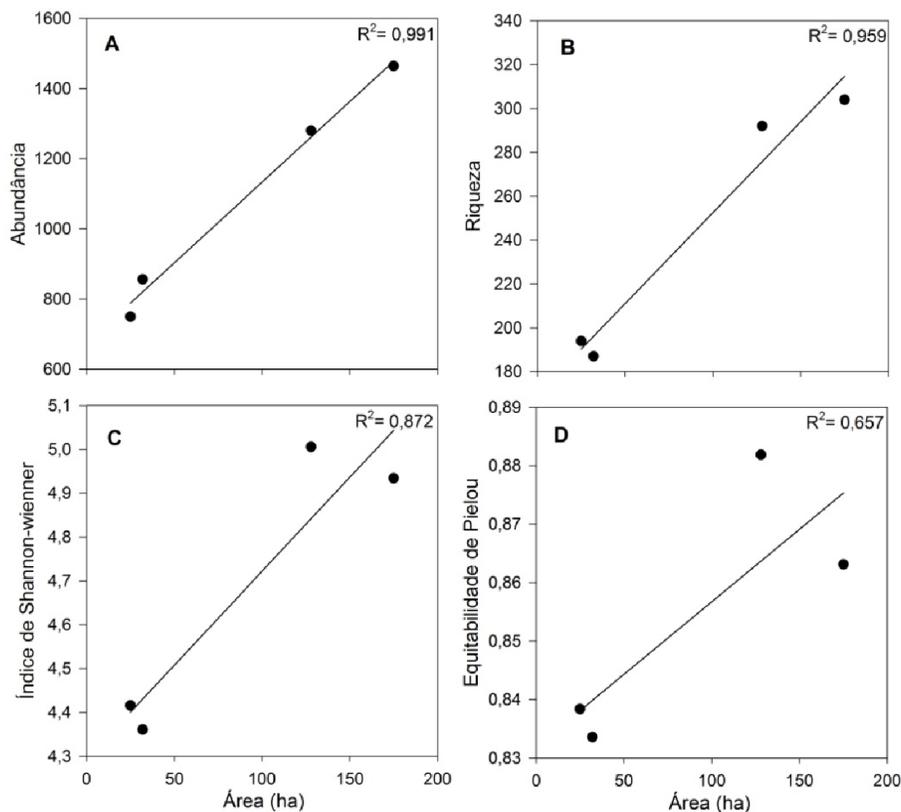


Figura 2. Regressão linear entre área dos fragmentos e abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade.



## Referências

- Alencar, I. D. C. C., Fraga, F. B., Tavares, M. T., & Azevedo, C. O. (2007). Perfil da fauna de vespas parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica do Parque Estadual de Pedra Azul, Domingos Martins, Espírito Santo, Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia*, 74(2), 111–114.
- Anderson, A., McCormack, S., Helden, A., Sheridan, H., Kinsella, A., & Purvis, G. (2011). The potential of parasitoid Hymenoptera as bioindicators of arthropod diversity in agricultural grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 382–390. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01937.x
- Assis, J. M. F., & Camillo, E. (1997). Diversidade, sazonalidade e aspectos biológicos de vespas solitárias (Hymenoptera: Sphecidae: Vespidae) em ninhos armadilhas na região de Ituiutaba, MG. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26(2), 335–347.
- Avelina, L. R., Souza, G. F., Pereira, G., Paranhos-Filho, A.C., Arima, G.A. & Barbassa, A.P. (2011) Mapeamento temporal dos índices: área de superfície impermeável e escoamento superficial da área urbanizada de Campo Grande - MS. *Caminhos de Geografia*, 12, 269–288.
- Azevedo, C. O., Corrêa, M. S., Gobbi, F. T., Kawada, R., Lanes, G. O., Moreira, A. R., & Waichert, C. (2003). Perfil das famílias de vespas parasitóides (Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, ES, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 16, 39–46.
- Azevedo, C. O., Kawada, R., Tavares, M. T., & Periotto, N. W. (2002). Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica do Parque Estadual da Fonte Grande, Vitória, ES, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(2), 133–137.
- Azevedo, C. O., & Santos, H. S. (2000). Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, ES, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 11/12(2000), 117–126.
- Barbieri Júnior, C. A., & Dias, A. M. (2012). Braconidae (Hymenoptera) fauna in native, degraded and restoration areas of the Vale do Paraíba, São Paulo state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(2), 305–310.
- Borcard, D., Legendre, P., Avois-Jacquet, C., & Tuomisto, H. (2004). Dissection the spatial structure of ecological data at multiple scales. *Ecology*, 85(7), 1826–1832.
- Brosi, B. J., Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (2007). Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, 17(2), 418–30.
- Brosi, B. J. (2009). The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, 142(2), 414–423.
- Cabacinha, C. D., & de Castro, S. S. (2009). Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 257(10), 2157–2165.

- Carvalho, F. M. V., Ferreira, L. G., Lobo, F. C., Diniz-Filho, J. A. F., & Bini, L. (2008). Modis no Bioma Cerrado 1. Spatial autocorrelation patterns of the modis vegetation. *Revista Árvore*, 32(2), 279–290.
- Crist, T. O., Pradhan-Devare, S. V & Summerville, K. S. (2006) Spatial variation in insect community and species responses to habitat loss and plant community composition. *Oecologia*, 147, 510–21.
- Christie, F. J., Cassis, G., & Hochuli, D. F. (2009). Urbanization affects the trophic structure of arboreal arthropod communities. *Urban Ecosystems*, 13(2), 169–180
- Christie, F. J., & Hochuli, D. F. (2008). Responses of wasp communities to urbanization: effects on community resilience and species diversity. *Journal of Insect Conservation*, 13(2), 213–221.
- Christine, M., Feitosa, B., Querino, R. B., & Henriques, A. L. (2007). Perfil da fauna de vespas parasitóides (Insecta: Hymenoptera) em reserva florestal na Amazônia, Amazonas, Brasil. *Entomotropica*, 22(1), 37–43.
- Combes, C. (1996). Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiversity and Conservation*, 5, 953–962.
- Dennis, P., Young, M. R. & Gordon, I. J. (1998) Distribution and abundance of small insects and arachnids in relation to structural heterogeneity of grazed, indigenous grasslands. *Ecological Entomology*, 23, 253–264.
- Dungan, J. L., Perry, J. N., Dale, M. R. T., Legendre, P., Citron-Pousty, S., Fortin, M. J. & Rosenberg, M. S. (2002). A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography*, 25, 626–640.
- Ellis, A. M., Lounibos, L. P. & Holyoak, M. (2006) Evaluating the long-term metacommunity dynamics of tree hole mosquitoes. *Ecology*, 87, 2582–90.
- Elpino-Campos, Á., Claro, K. Del, & Prezoto, F. (2007). Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36(5), 685–692.
- Evans, E. W., Comont, R. F., & Rabitsch, W. (2011). Alien arthropod predators and parasitoids: interactions with the environment. *BioControl*, 56(4), 395–407.
- Fabian, Y., Sandau, N., Bruggisser, O. T., Aebi, A., Kehrli, P., Rohr, R. P., Bersier, L.-F. (2013). The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. *Journal of Animal Ecology*. Vol., páginas?
- Fernández F. & Sharkey, M. J. (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*, 800p. Bogotá. Editora = Sociedad Colombiana de Entomología
- Fernandez-Triana, J., Smith, M. A., Boudreault, C., Goulet, H., Hebert, P. D. N., Smith, A. C. & Roughley, R. (2011). A poorly known high-latitude parasitoid wasp community: Unexpected diversity and dramatic changes through time. *PloS One*, 6(8), e23719.
- Ferreira, C. M. M. (2009). *Efeitos da urbanização sobre a riqueza e composição das comunidades de morcegos em fragmentos florestais de Campo Grande, Mato Grosso do Sul*. 38 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande/MS.

- Fiaschi, P., & Pirani, J. R. (2009). Review of plant biogeographic studies in Brazil. *Journal of Systematics and Evolution*, 47(5), 477–496.
- Fierro, M., Cruz-López, L., Sánchez, D., Villanueva-Gutiérrez, R., & Vandame, R. (2012). Effect of biotic factors on the spatial distribution of stingless bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in fragmented Neotropical habitats. *Neotropical Entomology*, 41(2), 95–104.
- Folcher, L., Bourguet, D., Thiéry, D., Pélozuelo, L., Phalip, M., Weissenberger, A. & Delos, M. (2011). Changes in parasitoid communities over time and space: a historical case study of the maize pest *Ostrinia nubilalis*. *PloS One*, 6(9), e25374.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Harvey, K. J., Britton, D. R. & Minchinton, T. E. (2009). Insect diversity and trophic structure differ on native and non-indigenous congeneric rushes in coastal salt marshes. *Austral Ecology*, 35(5), 522–534.
- Hassel, Michael, P., & May, R. M. (1988). Spatial heterogeneity and the dynamics of parasitoid-host systems. *Annual Zoologie Fennici*, 25, 55–61.
- Hawkins, B. A. (1994). *Pattern & Process in host-parasitoid interactions*. Cambridge University Press (p. 190).
- He, H. S., Keane, R. E. & Iverson, L. R. (2008). Forest landscape models, a tool for understanding the effect of the large-scale and long-term landscape processes. *Forest Ecology and Management*, 254(3), 371–374.
- Hirsch, M. & Wolters, V. (2003). Nature conservation response of aculeate Hymenoptera to spatial features of an agricultural landscape. *Journal of Natural Conservation*, 11, 179–185.
- Huston, M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113(1)81-101.
- Idris, A. B., Gonzaga, A. D., Nor Zaneedarwaty, N., Hashah, B. T. & Natasha, B. Y. (2001). Does habitat disturbance has adverse effect on the diversity of parasitoid community? *Journal of Biological Sciences*, 1(11), 1040–1042.
- Kidd, D. & Amarasekare, P. (2012). The role of transient dynamics in biological pest control: Insights from a host-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, 81(1), 47–57. doi:10.1111/j.1365-2656.2011.01881.x
- Köppen, W. (1948). *Climatologia*. México. Fundo de Cultura Econômica.
- Krewenka, K. M., Holzschuh, A., Tschardtke, T. & Dormann, C. F. (2011). Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation*, 144(6), 1816–1825.
- Kruess, A. (2003). Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography*, 26, 283–290.
- LaSalle, J. & Gauld, I. D. (1993) *Hymenoptera and biodiversity*. CABI Publishing, London.

- Lassau, S. A. & Hochuli, D. F. (2005). Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forests. *Austral Ecology*, 30(2), 179–187.
- Legendre, P. (1993). Spatial autocorrelation: Trouble or new paradigm? *Ecology*, 74(6), 1659–1673.
- Legendre, P., Dale, M. R. T., Fortin, M.-J., Gurevitch, J., Hohn, M., & Myers, D. (2002). The consequences of spatial structure for the design and analysis of ecological field surveys. *Ecography*, 25(5), 601–615.
- Lewis, O. T., Memmott, J., Lasalle, J., Lyal, C. H. C., Whitefoord, C., & Godfray, H. C. J. (2002). Structure of a diverse tropical forest insect–parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, 71(5), 855–873. doi:10.1046/j.1365-2656.2002.00651.x
- Maria, C., Aguiar, L., & Gaglianone, M. C. (2003). Nesting biology of *Centris (Centris) aenea* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(4), 601–606.
- Memmott, J., Godfray, H. C. J., & Gauld, I. D. (1994). The structure of a tropical host-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, 63(3), 521–540.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- Nogueira-Ferreira, F. H., & Augusto, S. C. (2000). Amplitude de nicho e similaridade no uso de recursos florais por abelhas eussociais em uma área de Cerrado. *Bioscience Journal*, 23, 45–51.
- Pádua, D. G., & Zampieron, S. L. (2012). Inventário da fauna de Hymenoptera parasitóides coletados com redes de varredura em um fragmento da Serra da Babilônia, no sudoeste do Estado de Minas Gerais. *Entomobrasilis*, 5(3), 211–216.
- Perioto, N. W., & Lara, R. I. R. (2003). Himenópteros parasitóides (Insecta: Hymenoptera) da Mata Atlântica. i. Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, SP, Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia*, 70(4), 441–445.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B., Casari, S. A. & Constantino, R. (2012). *Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto, 810p.
- Rasmussen, C. (2009). Diversity and abundance of orchid bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in a tropical rainforest succession. *Neotropical Entomology*, 38(1), 812–9.
- Roland, J., & Taylor, P. D. (1997). Insect parasitoid species respond to forest structure at different spatial scales. *Nature*, 386, 710–712.
- Santos, A. M. C., & Quicke, D. L. J. (2011). Large-scale diversity patterns of parasitoid insects. *Entomological Science*, 14(4), 371–382.
- Santos, G. M. D. M., Cruz, J. D., Marques, O. M., & Gobbi, N. (2009). Diversidade de vespas sociais (Hymenoptera : Vespidae) em áreas de Cerrado na Bahia. *Neotropical Entomology*, 38(3), 2007–2010.

- Shaw, M. R. (2006). Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insect Conservation*, 10(2), 117–127.
- Souza, L., Braga, S. M., & Campos, M. J. (2006). Himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em área agrícola de Rio Claro, SP, Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia*, 73(4), 465–469.
- Spengler, A., Hartmann, P., Buchori, D., & Schulze, C. H. (2011). How island size and isolation affect bee and wasp ensembles on small tropical islands: A case study from Kepulauan Seribu, Indonesia. *Journal of Biogeography*, 38(2), 247–258.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31, 79–92.
- Tylianakis, J. M., Klein, A.-M., & Tschardtke, T. (2005). Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86(12), 3296–3302.
- Tylianakis, J. M., Tschardtke, T., & Klein, A. L. A. (2006). Diversity, ecosystem function and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 87(12), 3047–3057.
- Tylianakis, J. M., Tschardtke, T., & Lewis, O. T. (2007). Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature*, 445(7124), 202–205.
- Utsumi, S., Nakamura, M. & Ohgushi, T. (2009) Community consequences of herbivore-induced bottom-up trophic cascades: The importance of resource heterogeneity. *Journal of Animal Ecology*, 78, 953–63.
- Van Baaren, J., Le Lann, C., Pichenot, J., Pierre, J. S., Krespi, L., & Outreman, Y. (2009). How could host discrimination abilities influence the structure of a parasitoid community? *Bulletin of Entomological Research*, 99(3), 299–306.
- Vinatier, F., Tixier, P., Duyck, P.-F., & Lescourret, F. (2011). Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: A review of methods for insect populations. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(1), 11–22.
- Wajnberg, E., Bernsteins, C., & Alphen, J. van. (2008). *Behavioral ecology of insect parasitoids. From theoretical approaches to field applications*. John Wiley & Sons, (p. 464).
- Zanette, L. R. S., Martins, R. P., & Ribeiro, S. P. (2005). Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 105–121.

Anexo 1- Espécies, morfoespécies, Famílias e Superfamílias de Hymenoptera capturadas com armadilhas do tipo malaise em fragmentos de Cerrado no município de Campo Grande, MS entre janeiro e dezembro de 2012.

<b>Taxon</b>	<b>Número de espécies</b>
Apoidea	
Apidae	
<i>Alepidosceles</i> sp.	1
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	
<i>Augochloropsis</i> spp.	2
<i>Centris</i> Fabricius, 1804	1
<i>Cerathalictus</i> Moure, 1943	1
<i>Coelioxys</i> Latreille, 1809	2
<i>Dialictus</i> Robertson, 1902	3
<i>Euglossa cordata</i> Friese, 1923	
Mellinini	1
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	
<i>Paratetrapedia</i> Moure, 1941	1
<i>Paratrigona lineata</i> Lepeletier, 1836	
<i>Paratrigona</i> Schwarz, 1938	1
<i>Partamona cupira</i> Smith, 1863	
<i>Plebeia</i> Schwarz, 1938	1
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> Lepeletier, 1836	
<i>Scaptotrigona</i> Moure, 1942	2
<i>Tetragona clavipes</i> Fabricius, 1804	
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811	
<i>Trigona recursa</i> Smith, 1863	
<i>Trigona</i> Jurine, 1807	2
<i>Xanthocotelles</i> Toro & Cabezas, 1978	
Crabronidae	
Aphilanthopini	1
Cabronini	31
Odontospecini	1
Oxybelini	1
Pempheonini	2
Philanthini	3
Psenini	4
Scapheutini	1
Trypoxylini	4
Sphecidae	
Ammophilini	6
Ampulicini	3
Dolichurini	8
Sceliphini	1
Sphecini	4
Stangeelini	4
Ceraphronoidea	
Ceraphronidae	
Ceraphronidae	5

Taxon	Número de espécies
Chacidoidea	
Chalcidinae	16
Dirhininae	1
Epitraninae	3
Haltichelinae	3
Encyrtidae	
Encyrtidae	2
Eucharitidae	
Eucharitidae	3
Eulophidae	
Eulophidae	9
<i>Hoplocrepis</i> Ashmead, 1890	1
Eupelmidae	
Eupelmidae	3
Eurytomidae	
Eurytominae	2
Evaniidae	
<i>Evaniella</i> Bradley, 1905	2
<i>Hyptia</i> Illiger, 1807	1
<i>Semaeomyia</i> Bradley, 1908	3
Gasteruptiidae	
<i>Gasteruption</i> Latreille, 1796	2
Leucospidae	
<i>Leucospis</i> Fabricius, 1775	2
Mymaridae	
Mymaridae	5
Perilampidae	
Cleonyminae	9
Eutrichossomatinae	3
Perilampidae	2
Signiphoridae	
Signiphoridae	3
Torymidae	
<i>Idiomacromerus</i> Crawford, 1914	1
Trichogrammatidae	
Trichogrammatidae	7
Chrysidoidae	
Bethylidae	
<i>Acrepyris</i> Kieffer, 1905	3
<i>Apenesia</i> Westwood, 1874	1
<i>Lepidosternopsis</i> Oglobin, 1953	1
<i>Lytopsenella</i> Kieffer, 1911	2
<i>Prosierola</i> Kieffer, 1905	2
Chrysididae	
Chrysididae	3
Dryinidae	
Dryinidae	3

<b>Taxon</b>	<b>Número de espécies</b>
Sclerogibbidae	
Sclerogibbidae	3
Scolebythidae	
Scolebythidae	1
Cynipoidea	
Cynipidae	
Cynipidae	4
Figitidae	
Figitidae	1
Liopteridae	
Liopteridae	3
Ichneumonoidea	
Braconidae	
Alysiinae	1
Aphidiinae	1
Betylobraconinae	1
Blacinae	1
Braconinae	2
Euphorinae	5
Gnamptodontinae	2
Helconinae	1
Hormiinae	11
Ichneutinae	1
Macrocentrinae	1
Meteorideinae	1
Microgastrinae	1
Opiinae	11
Orgilinae	7
Rogadinae	2
Sigalphinae	3
Ichneumonidae	
Acaenitinae	2
Anomaloninae	8
Brachycyrtinae	1
Banchinae	1
Campopleginae	4
Cremastinae	3
Cryptinae	28
Ctenopelmatinae	6
Ichneumoninae	28
Labeninae	3
Mesochorinae	5
Metopiinae	5
Neorhacodinae	1
Ophioninae	5
Orthocentrinae	1
Pedunculinae	1
Tersilochinae	4
Tryphoninae	2

<b>Taxon</b>	<b>Número de espécies</b>
Platygastroidea	
Scelionidae	
Scelionidae	7
Proctotrupeoidea	
Diapriidae	
Diapriidae	11
Proctotrupidae	
Proctotrupidae	4
Vespoidea	
Mutillidae	
<i>Calomutilla</i> Mickel, 1952	1
<i>Darditilla</i> Casal, 1965	5
<i>Ephuta</i> Say, 1835	16
<i>Hoplocrates</i> Mickel, 1937	2
<i>Hoplomutilla</i> Mickel, 1939	5
<i>Lophomutilla</i> Mickel, 1952	1
<i>Lophostigma</i> Mickel, 1952	1
<i>Lynchiatilla</i> Casal, 1963	1
<i>Pseudomethoca</i> Ashmead, 1869	2
<i>Ptilomutilla</i> Andre, 1905	1
<i>Sphaerophthalma</i> Blake, 1958	1
<i>Timulla</i> Mickel, 1938	1
<i>Traumatomutilla</i> André 1901	5
Pompilidae	
Pompilidae	3
Scoliidae	
<i>Campsomeris</i> Burmeister, 1953	2
<i>Scolia</i> Fabricius, 1775	1
Sierolomorphidae	
<i>Sierolomorpha</i> Ashmead, 1903	1
Tiphidae	
Tiphidae	3
Vespidae	
<i>Chartergellus</i> Bequart, 1938	1
<i>Nectarinella</i> , Bequart, 1938	1
<i>Metapolybia</i> Ducke, 1905	2
<i>Mischocyttarus</i> Ducke, 1918	1
<i>Pachodynerus</i> Saussure, 1870	1
<i>Parachartergus</i> Ihering, 1904	1
<i>Polistes</i> Latreille, 1802	9
<i>Polybia</i> Lepeletier, 1854	7
<i>Protopolybia</i> Ducke, 1905	1
<i>Synoeca surinama</i> Linnaeus, 1767	1

## **Capítulo 2**

### **Efeito espécie-área na comunidade de Mutillidae (Hymenoptera: Aculeata)**

---

**Resumo:** A relação espécie-área é um dos padrões mais consistentes em ecologia e as variações ambientais em uma mesma área podem afetar o padrão de distribuição espacial dos organismos. O conhecimento sobre a ecologia de Mutillidae ainda é escasso, principalmente devido à falta de padronização de técnicas de amostragem para estabelecimento de conceitos teóricos. Nossos objetivos foram: I) verificar o efeito da fragmentação do ambiente na comunidade de Mutillidae, testando a hipótese de que fragmentos maiores terão maior riqueza, abundância e diversidade, II) a relação espécie-área, testando a hipótese de que quanto maior a área de unidade amostral maior a riqueza, abundância e diversidade de espécies e III) estabelecer metodologia padrão de coleta de Mutillidae para estudos ecológicos. As coletas foram realizadas em quatro fragmentos de Cerrado em matrix de área urbanizada em *quadrats* com diferentes áreas: 25 m<sup>2</sup>; 100 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup>. Para cada tratamento houve três réplicas em cada ponto amostral, 75 por tratamento, totalizando 225 repetições. Para coleta de machos foi utilizado armadilha do tipo Malaise, sendo uma armadilha na parcela de 25 m<sup>2</sup>, duas na de 100 m<sup>2</sup> e três na de 400 m<sup>2</sup>, por 72 horas, totalizando 32.400 armadilha/horas. Coletas manuais de busca ativa foram realizadas para captura das fêmeas, sendo uma hora na parcela de 25 m<sup>2</sup>, duas horas na de 100 m<sup>2</sup> e três horas na de 400 m<sup>2</sup>, totalizando 450 homem-horas. Foram utilizados estimadores de riqueza Jackknife 1º ordem, Índice de diversidade de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou para descrever as comunidades e Porcentagem de Similaridade entre os fragmentos. Para verificar se a riqueza e abundância diferiam entre os tratamentos foi realizado o teste de Kruskal-Wallis. Para discriminar a composição da comunidade entre os tratamentos foi utilizada a análise de variância multivariada não-paramétrica e entre os fragmentos foi realizada a análise de variância multivariada. Foi realizada análise de ordenação direta da composição da comunidade em função do tamanho da área amostral. Foram coletados 300 indivíduos, sendo 201 fêmeas e 99 machos pertencentes a 42 espécies, distribuídas em 13 gêneros e 2 subfamílias. Houve diferença entre os fragmentos. A riqueza e abundância apresentaram diferença entre os tratamentos e na composição da comunidade. A definição da metodologia em estabelecer um esforço amostral definido por área/tempo nos fornece uma unidade amostral válida para comparações e aplicação de conceitos e teorias ecológicas para o grupo.

**Palavras-chave:** Fragmentação, Riqueza, Abundância, Parasitoide.

### **Species-area effect on the community of Mutillidae (Hymenoptera: Aculeata)**

**Abstract:** The species-area relationship is one of the most consistent patterns in ecology, and environmental changes in one area can affect the spatial distribution of organisms. Knowledge about Mutillidae ecology is still scarce mainly due to lack of standardized sampling techniques for establishing theoretical concepts. Our aim was to determine: I) the effect of habitat fragmentation on the Mutillidae community, testing the hypothesis that larger fragments have greater richness, abundance and diversity, II) species-area relationship by testing the hypothesis that the larger the sample unit area the greater the richness, abundance and diversity of species, and III) to establish a standard methodology for collecting Mutillidae for ecological studies. Sampling was conducted in four Cerrado fragments in an urbanized matrix in quadrats with different areas: 25 m<sup>2</sup>; 100 m<sup>2</sup> and 400 m<sup>2</sup>. For each treatment there were three replicates for each sample unit, 75 per treatment, a total of 225 replicates. For collection of males used Malaise traps, with one trap in the plot of 25 m<sup>2</sup>, two in 100 m<sup>2</sup> and three in 400 m<sup>2</sup> for 72 hours, totaling 32.400 trap/hours. Active search with hand collecting were conducted to capture females, with one hour in the plot of 25 m<sup>2</sup>, two in 100 m<sup>2</sup> and three hours on 400 m<sup>2</sup>, totaling 450 man-hours. Jackknife estimators 1<sup>st</sup> order, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness Equitability, Richness and abundance were used to describe the communities and Percent Similarity between fragments. To verify that the richness and abundance differed between treatments, the Kruskal-Wallis test was performed. To discriminate community composition between treatments a nonparametric multivariate analysis of variance was used and between fragments multivariate analysis of variance was performed. Analysis of direct ordination of community composition depending on the size of the sample area was performed. 300 individuals, 201 females and 99 males, belonging to 42 species, distributed in 13 genera and 2 subfamilies were collected. There were differences among fragments. The richness and abundance were similar between treatments and also in community composition. The definition of the methodology to establish a defined sampling effort per area/time in the sampling unit for a valid comparison and application of ecological concepts and theories for the group.

**Keywords:** Fragmentation, Richness, Abundance, Parasitoid

## Introdução

Um dos fatores atuais que contribuem para a perda de biodiversidade é a perda de habitat e conseqüentemente a fragmentação (Caughley, 1994; Turner, 1996; Chapin *et al.*, 2000; Debinski & Holt, 2000; Fahrig, 2003). A relação espécie-área (Arrhenius, 1921) é um dos padrões mais bem relatados dentre as teorias ecológicas (Caley & Schluter, 1997), entretanto para alguns grupos esse padrão não é bem claro como, por exemplo, para os insetos (Tscharrntke *et al.*, 2002; Ribas *et al.*, 2005; Crist *et al.*, 2006; Brosi, 2009; Gould *et al.*, 2013). Da relação espécie-área surgiram duas das principais teorias que tentam explicar como esse processo é mantido, a teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur & Wilson, 1967) e a de metapopulações (Hanski, 1994, 1998), onde a fragmentação de habitat é uma das forças atuantes nos mecanismos controladores das populações e comunidades em ambientes fragmentados (Driscoll, 2008).

Variações ambientais dentro de uma mancha ou fragmento podem levar as espécies a apresentarem padrões de distribuição espacial diferentes de acordo com o ambiente, e a metodologia de amostragem empregada pode influenciar na percepção desses padrões (Pielou, 1966; Gadagkar *et al.*, 1990; Hernandez *et al.*, 2006; Lavorel *et al.*, 2007; Fraser *et al.*, 2008; Teasdale *et al.*, 2013).

Nos Hymenoptera há uma ampla gama de comportamentos e estratégias evolutivas, como predadores (e.g., Cabronidae, Sphecidae, Vespidae), polinizadores (e.g., Apidae *latu sensu* e muitas espécies de outras famílias), parasitoides (e.g., aproximadamente 70% das famílias de Hymenoptera) e fitófagos galhadores e minadores (e.g., Cynipidae, Eulophidae) (Sharkey & Roy, 2002), a utilização de diversos métodos para a coleta dos indivíduos de acordo com o grupo em estudo se faz necessária, pois as metodologias apresentam maior ou menor eficácia quando aplicados a estudos ecológicos.

A família Mutillidae compreende vespas parasitoides, em sua maioria, de abelhas e vespas (e.g., Apidae, Cabronidae, Sphecidae e Vespidae) e apresentam dimorfismo sexual acentuado, sendo as fêmeas ápteras e os machos tipicamente alados ou braquípteros (Brothers, 2006). Diversas técnicas são empregadas para coleta de Mutillidae, como armadilhas de Malaise e luminosa para machos e *pitfall* e coleta ativa para captura de fêmeas. Devido ao dimorfismo sexual, poucas espécies apresentam ambos os sexos

descritos e as fêmeas são mais comumente conhecidas (Brothers, 2006). De forma geral, poucos são os trabalhos sobre ecologia de Mutillidae e o método de coleta mais utilizado é o de busca ativa. Este tem sido utilizado sem padronização metodológica, além de causar desvios, pois normalmente somente fêmeas são coletadas. Portanto, além de amostrar apenas parte da comunidade, não é possível fazer comparações com dados disponíveis em outros trabalhos. As fêmeas são mais representativas, por serem mais facilmente coletadas e a utilização de coleta ativa que geralmente é empregada nos inventários carece de padronização metodológica, principalmente no que se diz respeito a trabalhos de ecologia, que são escassos, o que dificulta a comparação e discussão sobre a ecologia do grupo.

O presente trabalho tem como objetivos verificar: I) o efeito da fragmentação na comunidade de Mutillidae, testando a hipótese de que fragmentos maiores terão maior riqueza, abundância e diversidade, II) a relação espécie-área para a família, testando a hipótese de que quanto maior a área de unidade amostral maior a riqueza, abundância e diversidade de espécies e III) estabelecer metodologia padrão de coleta de Mutillidae para estudos ecológicos.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O bioma do Cerrado é um *hotspot* global com altos índices de diversidade de fauna e flora e que apresenta poucos estudos sobre as dinâmicas das comunidades de insetos, principalmente em relação à perda de habitat e ao efeito de fragmentação. O Cerrado apresenta diversas formações vegetais, indo desde áreas abertas com predomínio de gramíneas (Cerrado campo limpo) até formações do tipo florestais (Cerradão). As coletas foram realizadas em quatro fragmentos de Cerrado numa matriz de áreas urbanizadas no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, entre janeiro e dezembro de 2012, sendo eles: Parque Estadual Matas do Segredo (Segredo) (20°23'S, 54°35'O; 175 ha), Parque Estadual do Prosa (Prosa) (20°27'S, 54°33'O; 128 ha), Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) (20°30'S, 54°36'O; 32 ha) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) (20°24'S, 54°36'O; 25 ha). A região apresenta o clima subtropical Aw (Köppen,

1948) com precipitação média de 1125 mm e temperaturas com máxima média de 29°C mínima média de 17°C. Todos os fragmentos apresentam vegetação do tipo Cerrado *stricto sensu* e Cerradão e influência de matas de galeria dos corpos d'água nos Parques Estadual Matas do Segredo e do Prosa. Os fragmentos estão inseridos dentro da matriz urbana com diferentes graus de isolamento e ocupação no entorno. Os dados meteorológicos foram adquiridos no Instituto Nacional de Meteorologia baseados nos registros do aeroporto internacional de Campo Grande (OMM:86810).

### Amostras

Cada ponto de coleta constituía uma área de 100 x 100 m. 25 repetições foram realizadas entre janeiro a dezembro de 2012 (Segredo, n=8; Prosa, n=6; UFMS, n=6 e UCDB, n=5) e a metodologia de amostragem seguiu o desenho experimental de quadrados latinos (Underwood, 1997). A coleta de miltídeos foi realizada em quadrats (tratamentos) com diferentes áreas dentro do ponto amostral: (1) 25 m<sup>2</sup>; (2) 100 m<sup>2</sup> e (3) 400 m<sup>2</sup>. Para cada tratamento houve três réplicas e cada repetição do tratamento foi considerada uma unidade amostral, totalizando 225 repetições, 75 para cada tratamento (Fig.1).

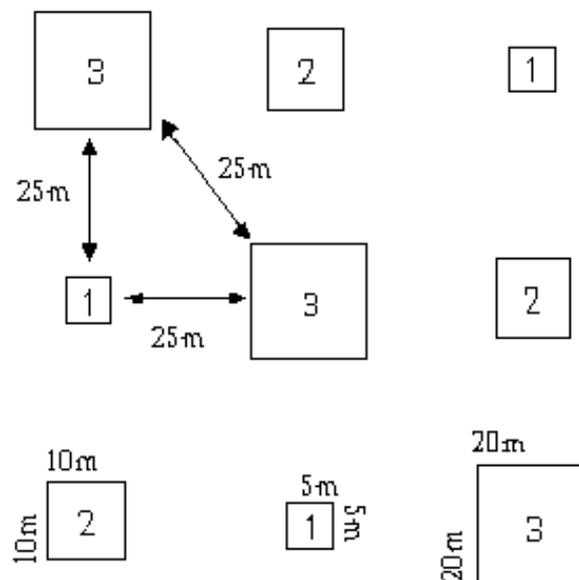


Figura 1 - Esquema do desenho experimental e disposição dos tratamentos no modelo de quadrado latino realizado em cada um dos 25 pontos amostrais distribuídos nos fragmentos urbanos amostrados em Campo Grande, MS.

Em cada ponto foram distribuídas 18 armadilhas do tipo Malaise (1,5 m x 1,5 m x 1,0 m) para coleta de machos, sendo uma armadilha na parcela de 25 m<sup>2</sup>, duas na de 100 m<sup>2</sup> e três na de 400 m<sup>2</sup>, permaneceram por 72 horas, totalizando 32.400 armadilha/horas. Os espécimes coletados foram armazenados em álcool etílico 70%, devidamente etiquetados.

Coletas manuais de busca ativa foram realizadas das 7:00 as 17:00 horas para a captura das fêmeas de Mutillidae, sendo de uma hora na parcela de 25 m<sup>2</sup>, duas horas na de 100 m<sup>2</sup> e três horas na de 400 m<sup>2</sup>, totalizando 450 homem-horas. A identificação do material foi realizada utilizando a monografia de Brothers (2006) e a confirmação dos exemplares por especialista. Os exemplares foram depositados na Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande (sob os números de tombamento ZUFMSHYM00001 a 000267) e na Coleção de Entomologia Padre Jesus Santiago Moure do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba (DZUP 300550-300592).

### **Análises Estatísticas**

Foram utilizados estimadores de riqueza Jackknife 1º ordem, Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J') para descrever as comunidades e Porcentagem de Similaridade (SIMPER, Bray-Curtis) entre os fragmentos. Para verificar se a riqueza e abundância diferiram entre os tratamentos foi realizado o teste de Kruskal-Wallis (H) e teste pareado (*post-hoc*) com teste de Dunn. Para discriminar a composição da comunidade entre os tratamentos foi utilizada a análise de variância multivariada não paramétrica (NPMANOVA) com medida de similaridade de Bray-Curtis e entre os fragmentos foi realizada a análise de variância multivariada (MANOVA) com comparação pareada (*post-hoc*) utilizando o teste de Hotelling. Foi realizada análise de ordenação direta da composição da comunidade em função do tamanho da área amostral. As análises estatísticas foram realizadas nos programas R (R Core Team, 2013) e Past<sup>®</sup> (Hammer *et al.*, 2001).

## Resultados

Foram coletados 300 indivíduos, sendo 201 fêmeas e 99 machos pertencentes a 42 espécies, distribuídas em 13 gêneros e 2 subfamílias (Tab. 1). A estimativa de riqueza (Jackknife 1ª ordem) foi de 54 espécies, sendo amostrado aproximadamente 78% das espécies. Os gêneros mais frequentes foram *Ephuta*, com 16 espécies e 141 indivíduos, seguido de *Traumatomutilla*, com cinco espécies e 28 indivíduos, e *Darditila* com quatro espécies e 28 indivíduos. Observamos um decréscimo na riqueza e na abundância de machos e fêmeas nos meses mais secos e frios (junho-setembro), com acentuado aumento no início da estação chuvosa (outubro) (Fig. 2).

Em relação aos fragmentos, o Segredo apresentou 33 espécies ( $H' = 3,14$ ;  $J' = 0,89$ ); UFMS com 22 espécies ( $H' = 2,83$ ;  $J' = 0,91$ ); UCDB com 19 espécies ( $H' = 2,64$ ;  $J' = 0,90$ ); e o Prosa com 16 espécies ( $H' = 2,44$ ;  $J' = 0,88$ ). No geral, houve similaridade de 85,94% das espécies entre os fragmentos. A composição da comunidade apresentou diferença entre os locais (MANOVA: Pillai Trace = 0,7078,  $F_{1,314} = 51,81$ ,  $p = 0,02$ ), sendo as mais distintas entre o Segredo e UFMS (teste de Hotelling,  $p = 0,03$ ) (Fig. 3).

A abundância média de indivíduos nas parcelas foi de 1,73 ( $\pm 1,66$ ) para 25 m<sup>2</sup>, 2,5 ( $\pm 1,63$ ) para 100 m<sup>2</sup> e 3,53 ( $\pm 3,67$ ) para 400 m<sup>2</sup>. Para a riqueza de espécie temos 1,54 ( $\pm 1,03$ ) para 25 m<sup>2</sup>, 2,08 ( $\pm 1,2$ ) para 100 m<sup>2</sup> e 2,63 ( $\pm 2,15$ ) para 400 m<sup>2</sup>. No geral, tivemos 46,67% (n=105) de presença de Mutillidae nas parcelas, sendo 34,67% (n=26) para 25 m<sup>2</sup>, 48% (n=36) para 100 m<sup>2</sup> e 57,335 (n=43) para 400 m<sup>2</sup>.

Entre os tratamentos houve diferença apenas entre o de 25 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup> para a composição da comunidade (NPMANOVA,  $F = 1,898$ ;  $p < 0,01$ ). Para a riqueza de espécies ( $H = 13,682$ , g.l. = 2,  $p = 0,001$ ) e a abundância de indivíduos ( $H = 12,930$  g.l. = 2,  $p = 0,002$ ), não houve diferença entre 100 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup> (Tab. 2). Podemos observar a estruturação da comunidade em função do tamanho da área amostral através da ordenação direta, sendo a parcela 100 m<sup>2</sup> suficiente para amostrar representativamente a comunidade (Fig. 4).

## Discussão

Se considerarmos o último levantamento para o estado de Mato Grosso do Sul (Luz *et al.*, *no prelo*), onde temos registros de 83 espécies de Mutillidae, somente nos fragmentos amostrados observamos 50,6% da riqueza de espécies. Das 42 espécies registradas, oito são novos registros para o estado, sendo elas *Calomutilla* aff. *crucigera*, *Darditilla tantula*, *Hoplocrates decumata*, *Hoplomutilla alagoa*, *Hoplomutilla anthracina*, *Lophomutilla obscura*, *Lynchiatilla silvai*, *Pseudomethoca paulula*, e uma nova espécie de *Lophostigma*. O registro de uma nova espécie coletada em fragmentos urbanos mostra como o conhecimento da família ainda é escasso, principalmente no que se diz respeito à fauna Neotropical. *Traumatomutilla*, *Darditilla* e *Hoplomutilla* que são gêneros com alta diversidade conhecida para a região Neotropical (Nonveiller, 1990) foram mais abundantes no nosso trabalho, assim como *Ephuta*, endêmico da região Neotropical, que apresentou grande quantidade de espécies indefinidas, e por ser pouco estudado, principalmente no que se refere à descrição de machos, fêmeas e a falta de associação sexual e pela taxonomia do grupo ser confusa, podemos ter um valor superestimado de espécies. Por outro lado, *Timulla* que é amplamente distribuída e tem alta diversidade foi representada por apenas uma espécie.

Podemos observar a variação temporal na riqueza e abundância, tendo um acréscimo no início da estação chuvosa (outubro-dezembro), tanto para machos como fêmeas, e um segundo pico no final da estação chuvosa (março-maio), influenciado principalmente por fêmeas (Fig. 2). Esse padrão reflete a disponibilidade de hospedeiros (recursos) (Polidori *et al.*, 2009) que também estão com maiores abundâncias nesses períodos (Hawkins, 1994; Lewis *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2005; Shaw, 2006; Christie *et al.*, 2009; Harvey *et al.*, 2009; Norden *et al.*, 2009; Kidd & Amarasekare, 2012).

Os machos foram mais frequentes no início da estação chuvosa, época da estação reprodutiva. Após deste tempo, a tendência é a gradual diminuição uma vez que os machos morrem logo após a cópula (Tormos *et al.*, 2009). As fêmeas apresentam esse padrão de diminuição após o segundo pico, antes da estação seca, quando possivelmente a comunidade se reestabelece devido à eclosão dos imaturos que permaneceram na estação seca como pupas.

Em relação ao tamanho dos fragmentos, observamos o padrão de maior diversidade nos fragmentos maiores, exceto o Prosa que é o segundo maior em área, mas apresentou os menores valores de diversidade e equitabilidade. Levando em consideração o tipo de vegetação local, no Prosa há dominância de mata estacional e de galeria, o que difere dos outros que são tipicamente áreas de Cerrado. Mutillidae é conhecidamente mais abundante e mais diversa em áreas mais secas (Brothers *et al.*, 2000; Brothers, 2006), sendo influenciada pela disponibilidade de hospedeiros (ver Capítulo 3) e refletindo significativamente na composição da comunidade.

A variação na composição da comunidade apresentou diferença entre os fragmentos. A maior parte das espécies foi comum entre os fragmentos, mas podemos destacar o UFMS que apresentou maior diferença com os outros, influenciado principalmente por *Hoplocrates monacha*, *Hoplomutilla anthracina*, *Hoplomutilla myops falvimyops* e *Ephuta* spp.

As fêmeas de Mutillidae são conhecidas por percorrerem grandes áreas à procura de hospedeiros e as espécies diurnas, que são a maioria, param a noite em locais temporários (Bergamaschi *et al.*, 2011; Bergamaschi *et al.*, 2012). Por estas serem solitárias e vagarem em busca dos hospedeiros, as metodologias de coleta são baseadas em busca ativa, mas não há protocolos definidos para coletas aplicadas a estudos ecológicos. Para os machos as armadilhas do tipo Malaise e bandejas coloridas são eficientes, mas como são uma parte pouco representativa da comunidade de Mutillidae por serem abundantes em períodos curtos de tempo, não podem ser utilizados para representar a fauna desta família com confiança, como é visto em trabalhos que se utilizam dessas técnicas onde as frequências de Mutillidae são sempre baixas (Azevedo & Santos, 2000; Azevedo *et al.*, 2002; Azevedo *et al.*, 2003; Souza *et al.*, 2006; Alencar *et al.*, 2007; Feitosa *et al.*, 2007), mas não sendo o comum para a família como sugerido por Schmidt & Buchmann (1986).

Vemos uma estruturação da comunidade em relação ao gradiente de área, mas 25 m<sup>2</sup> apresentou apenas duas espécies exclusivas, assim como 400 m<sup>2</sup> apresentou apenas cinco (Fig. 4). Os tratamentos de 100 e 400 m<sup>2</sup> apresentaram maior riqueza, abundância e composição das espécies similares. Dessa forma, a relação do esforço amostral/área não fica prejudicada na representação da comunidade se utilizar a área de 100 m<sup>2</sup> como unidade

amostral. A definição da metodologia em estabelecer um esforço amostral definido por área/tempo representa uma unidade amostral válida para comparações e aplicação de conceitos e teorias ecológicas para o grupo, uma vez que os trabalhos básicos são sobre taxonomia e sistemática, sendo poucos os com enfoque ecológico.

Tabela 1. Lista das espécies de Mutillidae em fragmentos de Cerrado no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul entre janeiro a dezembro de 2012.

<b>Espécie</b>	<b>Autor</b>	<b>Sexo</b>
<b>Sphaerophthalminae</b>		
<i>Calomutilla aff. Crucigera</i>	(Burmeister, 1854)	♀♂
<i>Darditilla cf. araxa</i>	(Cresson, 1902)	♀
<i>Darditilla tantula</i>	(Cresson, 1902)	♀
<i>Darditilla</i> sp. 01		♂
<i>Darditilla</i> sp. 02		♂
<i>Darditilla</i> sp. 03		♂
<i>Hoplocrates decumata</i>	Mickel, 1941	♂
<i>Hoplocrates monacha</i>	Mickel, 1941	♀
<i>Hoplomutilla alagoa</i>	(Cresson, 1902)	♂
<i>Hoplomutilla anthracina</i>	(Gerstaecker, 1874)	♂
<i>Hoplomutilla goyazana</i>	(André)	♀
<i>Hoplomutilla myops flavimyops</i>	Mickel, 1939	♀
<i>Hoplomutilla triumphans</i>	Mickel, 1939	♀
<i>Lophomutilla obscura</i>	Fritz & Pagliano, 1993	♀
<i>Lophostigma</i> sp. nov.		♀
<i>Lynchiatilla silvai</i>	Casal, 1963	♀
<i>Pseudomethoca paulula</i>	(Cresson, 1902)	♀
<i>Pseudomethoca</i> sp.		♂
<i>Ptilomutilla pennata</i>	André, 1905	♀
<i>Sphaerophthalma</i> sp. 01		♂
<i>Traumatomutilla geografica</i>	Gerstaecker	♀
<i>Traumatomutilla spectabilis</i>	(Gerstaecker, 1874)	♀
<i>Traumatomutilla</i> sp. 01		♀
<i>Traumatomutilla</i> sp. 02		♀
<i>Traumatomutilla</i> sp. 03		♀
<b>Mutillinae</b>		
<i>Ephuta</i> sp. 01		♀
<i>Ephuta</i> sp. 02		♀
<i>Ephuta</i> sp. 03		♀
<i>Ephuta</i> sp. 04		♀
<i>Ephuta</i> sp. 05		♀
<i>Ephuta</i> sp. 06		♀
<i>Ephuta</i> sp. 07		♀
<i>Ephuta</i> sp. 08		♀
<i>Ephuta</i> sp. 09		♀
<i>Ephuta</i> sp. 10		♂
<i>Ephuta</i> sp. 11		♂
<i>Ephuta</i> sp. 12		♂
<i>Ephuta</i> sp. 13		♂
<i>Ephuta</i> sp. 14		♂
<i>Ephuta</i> sp. 15		♂
<i>Ephuta</i> sp. 16		♂
<i>Timulla terminalis</i>	(Gerstaecker, 1958)	♀

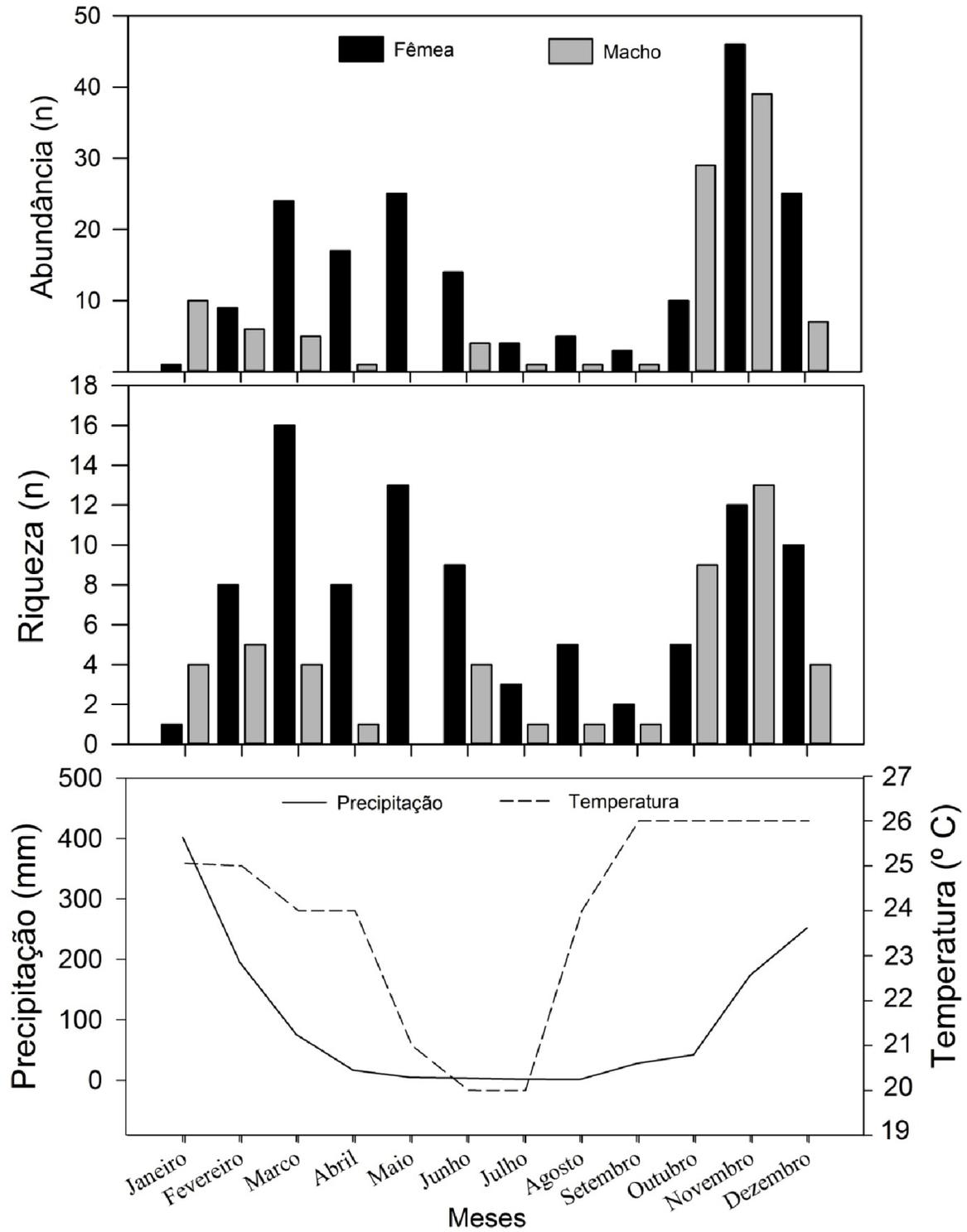


Figura 2. Distribuição mensal da riqueza e abundância de machos e fêmeas de Mutillidae e variações de temperatura e precipitação em fragmentos de cerrado no período de janeiro a dezembro de 2012.



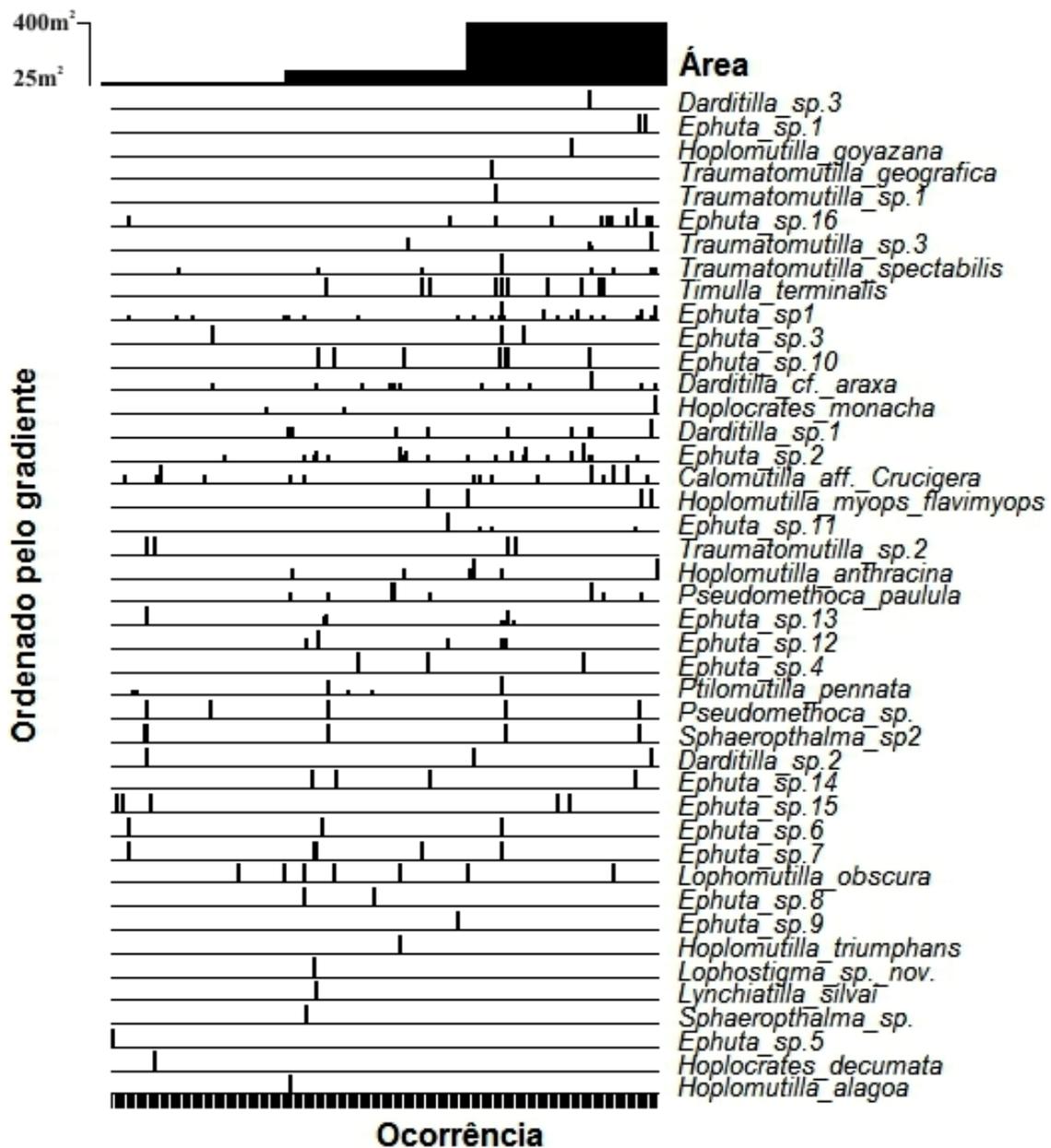


Figura 4. Análise de ordenação direta da comunidade de Mutillidae em função da área.

## Referências

- Alencar, I. D. C. C., Fraga, F. B., Tavares, M. T., & Azevedo, C. O. (2007). Perfil da fauna de vespas parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica do Parque Estadual de Pedra Azul, Domingos Martins, Espírito Santo, Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia*, 74(2), 111–114.
- Arrhenius, O. (1921). Species and area. *Journal of Ecology*, 9(1), 95–99.
- Azevedo, C. O., Corrêa, M. S., Gobbi, F. T., Kawada, R., Lanes, G. O., Moreira, A. R., & Waichert, C. (2003). Perfil das famílias de vespas parasitóides (Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Estação Biológica de Santa Lúcia, Santa Teresa, ES, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 16, 39–46.
- Azevedo, C. O., Kawada, R., Tavares, M. T., & Perioto, N. W. (2002). Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica do Parque Estadual da Fonte Grande, Vitória, ES, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(2), 133–137.
- Azevedo, C. O., & Santos, H. S. (2000). Perfil da fauna de himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em uma área de Mata Atlântica da Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, ES, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 11/12(2000), 117–126.
- Bergamaschi, A. C. B., Cambra, R. A., Brothers, D. J., & Melo, G. A. R. (2012). *Lynchiatilla* Casal, 1963 (Hymenoptera: Mutillidae): A new species from Brazil associated with *Paroxystoglossa spilopecta* Moure (Hymenoptera: Apidae: Halictinae), and notes on other species. *Zootaxa*, 64, 55–64.
- Bergamaschi, A. C. B., Cambra, R. A., & Melo, G. A. R. (2011). New combinations, sex association, behavioural notes and potential host record for two Neotropical species of *Pseudomethoca* Ashmead, 1896 (Hymenoptera: Mutillidae). *Zootaxa*, 63, 55–63.
- Brosi, B. J. (2009). The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, 142(2), 414–423.
- Brothers, D. J. (2006). Familia Mutillidae. In F. Fernández & M. J. Sharkey (Eds.), *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (pp. 577–594). Bogotá: editor??.
- Brothers, D. J., Tschuch, G., & Burger, F. (2000). Associations of mutillid wasps (Hymenoptera, Mutillidae) with eusocial insects. *Insectes Sociaux*, 47(3), 201–211.
- Caley, M. J., & Schluter, D. (1997). The relationship between local and regional diversity. *Ecology*, 78(1), 70–80.
- Caughley, G. (1994) Directions in conservation Biology. *Journal of Animal Ecology*, 63, 215.
- Chapin, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405(6783), 234–242.

- Christie, F. J., Cassis, G., & Hochuli, D. F. (2009). Urbanization affects the trophic structure of arboreal arthropod communities. *Urban Ecosystems*, *13*(2), 169–180.
- Crist, T. O., Pradhan-Devare, S. V., & Summerville, K. S. (2006). Spatial variation in insect community and species responses to habitat loss and plant community composition. *Oecologia*, *147*(3), 510–21.
- Debinski, D. M., & Holt, R. D. (2000). A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology*, *14*(2), 342–355.
- Driscoll, A. D. (2008). The frequency of metapopulations, metacommunities and nestedness in a fragmented landscape. *Oikos*, *117*(2), 297–309.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, *34*, 487–515.
- Feitosa, M. C. B., Querino, R. B., & Henriques, A. L. (2007). Perfil da fauna de vespas parasitóides (Insecta: Hymenoptera) em reserva florestal na Amazônia, Amazonas, Brasil. *Entomotropica*, *22*(1), 37–43.
- Fraser, S. E. M., Dytham, C., & Mayhew, P. J. (2008). The effectiveness and optimal use of Malaise traps for monitoring parasitoid wasps. *Insect Conservation and Diversity*, *1*(1), 22–31.
- Gadagkar, R., Chandrashekara, K., & Nair, P. (1990). Insect species diversity in the tropics: Sampling methods and a case study. *Journal of the Bombay Natural History Society*, *87*(3), 337–353.
- Gould, R. K., Pejchar, L., Bothwell, S. G., Brosi, B., Wolny, S., Mendenhall, C. D., & Daily, G. (2013). Forest restoration and parasitoid wasp communities in montane Hawai'i. *PloS One*, *8*(3), e59356.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* *4*(1): 9pp.
- Hanski, I. (1994). A practical model of metapopulation dynamics. *Journal of Animal Ecology*, *63*, 151–162.
- Hanski, I. (1998). Metapopulation dynamics. *Nature*, *396*, 41–49.
- Harvey, K. J., Britton, D. R., & Minchinton, T. E. (2009). Insect diversity and trophic structure differ on native and non-indigenous congeneric rushes in coastal salt marshes. *Austral Ecology*, *35*(5), 522–534.
- Hawkins, B. A. (1994). *Pattern & Process in host-parasitoid interactions*. Cambridge University Press (p. 190).
- Hernandez, P. A., Graham, C. H., Master, L. L., & Albert, D. L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, *29*(5), 773–785.
- Kidd, D., & Amarasekare, P. (2012). The role of transient dynamics in biological pest control: Insights from a host-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, *81*(1), 47–57.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia*. México. Fundo de Cultura Econômica.

- Lavorel, S., Grigulis, K., McIntyre, S., Williams, N. S. G., Garden, D., Dorrough, J., & Bonis, A. (2007). Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, *22*, 134–147.
- Lewis, O. T., Memmott, J., Lasalle, J., Lyal, C. H. C., Whitefoord, C., & Godfray, H. C. J. (2002). Structure of a diverse tropical forest insect–parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, *71*(5), 855–873.
- MacArthur, R., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- Nonveller G. (1990) Catalogue of the Mutillidae, Myrmosidae and Bradynobaenidae of the Neotropical Region including Mexico (Insecta: Hymenoptera). Hymenopterum Catalogus Pars 18, SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Norden, N., Chazdon, R. L., Chao, A., Jiang, Y.-H., & Vilchez-Alvarado, B. (2009). Resilience of tropical rain forests: Tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters*, *12*(5), 385–94.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, *13*, 131–144.
- Polidori, C., Borruso, L., Boesi, R., & Andrietti, F. (2009). Segregation of temporal and spatial distribution between kleptoparasites and parasitoids of the eusocial sweat bee, *Lasioglossum malachurum* (Hymenoptera: Halictidae, Mutillidae). *Entomological Science*, *12*(2), 116–129.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Ribas, C. R., Sobrinho, T. G., Schoederer, J. H., Sperber, C. F., Lopes-Andrade, C., & Soares, S. M. (2005). How large is large enough for insects? Forest fragmentation effects at three spatial scales. *Acta Oecologica*, *27*(1), 31–41.
- Schmidt, J. O. & Buchmann, S. L. (1986) Are mutillids scarce? (Hymenoptera: Mutillidae). *Pan-Pacific Entomologist*, *62*(2), 103–104.
- Sharkey, M. J., & Roy, A. (2002). Phylogeny of the Hymenoptera: A reanalysis of the Ronquist et al. (1999) reanalysis, emphasizing wing venation and apocritan relationships. *Zoologica Scripta*, *31*(1), 57–66.
- Shaw, M. R. (2006). Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insect Conservation*, *10*(2), 117–127.
- Souza, L., Braga, S. M., & Campos, M. J. (2006). Himenópteros parasitóides (Insecta, Hymenoptera) em área agrícola de Rio Claro, SP, Brasil. *Arquivos do Instituto de Biologia*, *73*(4), 465–469.
- Teasdale, L. C., Smith, A. L., Thomas, M., Whitehead, C. a., & Driscoll, D. A. (2013). Detecting invertebrate responses to fire depends on sampling method and taxonomic resolution. *Austral Ecology*, *38*(8), 874–883.

- Tormos, J., Asís, J. D., Polidori, C., Benítez, A., & Storino, G. (2009). The mating behaviour of the velvet ant, *Nemka viduata* (Hymenoptera: Mutillidae). *Journal of Insect Behavior*, 23(2), 117–127.
- Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., & Thies, C. (2002). Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. *Ecological Research*, 17, 229–239.
- Turner, I. M. (1996). Species loss in fragments rain forest: A review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33, 200–209.
- Tylianakis, J. M., Klein, A.-M., & Tscharntke, T. (2005). Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86(12), 3296–3302.
- Underwood, A.J. (1997) Experiments in ecology: Their logical **design** and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press.

## **Capítulo 3**

### **Previendo interação hospedeiro-parasitoide em Mutillidae**

---

**Resumo:** A heterogeneidade ambiental é um dos principais fatores que influenciam na distribuição espacial dos organismos e insetos parasitoides, por ter uma íntima relação com seus hospedeiros, são propensos de forma mais acentuada a essa influência. O objetivo do trabalho foi verificar a relação da distribuição espacial das espécies de Mutillidae em relação aos potenciais hospedeiros e o efeito da heterogeneidade na distribuição espacial de ambos, testando as hipóteses de que: i) a distribuição espacial dos Mutillidae depende dos hospedeiros e ii) a variação na heterogeneidade afeta a distribuição espacial de ambos. As coletas foram realizadas em quatro fragmentos de Cerrado em matriz urbanizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Para a captura dos Hymenoptera, em cada ponto de coleta foram distribuídas 18 armadilhas do tipo Malaise em uma área de 1.000 m<sup>2</sup> que permaneceram por 72 horas, com 25 repetições, totalizando 32.400 armadilha/horas. Coletas manuais foram realizadas em todos os pontos amostrais, totalizando 450 homem-horas para as coletas de fêmeas de Mutillidae. Para obtenção das variáveis ambientais, em cada ponto de coleta foram feitas nove parcelas de 25 m<sup>2</sup>, onde foram mensuradas as seguintes variáveis ambientais: números de árvores (n), altura das árvores (m), número de arbustos (n), altura dos arbustos (m), altura dossel (m), cobertura do dossel (%), cobertura do solo (%), profundidade da serapilheira (cm) e cobertura gramínea (%). Foi calculada a riqueza e abundância de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros em cada unidade amostral. Foi realizada análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para a comunidade de Mutillidae e potenciais hospedeiros com medida de similaridade de Bray-Curtis e Análise de Correspondentes Principais (PCA) para as variáveis ambientais. Foi realizada correlação linear simples entre os valores do NMDS da comunidade de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros contra os valores do PCA e correlação linear múltipla. Foi utilizado o 1º Eixo dos NMDS e PCA em plot 3D para verificar o efeito da heterogeneidade na estruturação da comunidade de hospedeiros e parasitoides em função da heterogeneidade ambiental em conjunto, além de Análise de Correspondência Canônica (ACC) para verificar o efeito de cada uma das variáveis ambientais separadamente. Foram coletados 1.078 indivíduos, sendo 789 indivíduos de potenciais hospedeiros, pertencentes a 127 espécies, 13 subfamílias e quatro famílias. Foram coletados 300 indivíduos de Mutillidae, pertencentes a 42 espécies, 13 gêneros e duas subfamílias. Não houve correlação entre o NMDS da comunidade de Mutillidae e entre os hospedeiros e nem entre o PCA e eles, mas podemos ver o efeito na estruturação da comunidade. Através da CCA não obtivemos valores significativos entre as variáveis estudadas, mas vemos a tendência da estruturação da comunidade em função de variáveis de sub-bosque. A distribuição espacial e temporal de Mutillidae segue o padrão esperado do modelo predador-presa com atraso temporal em relação aos hospedeiros e a heterogeneidade ambiental é um fator que determina a estruturação da comunidade de hospedeiro-parasitoide.

**Palavras-chave:** Heterogeneidade ambiental, Parasitoidismo, Hospedeiro potencial

## Predicting parasitoid-host interactions in Mutillidae

**Abstract:** Environmental heterogeneity is a major factor influencing the spatial distribution of organisms, and parasitic insects, because they have an intimate relationship with their hosts, are inclined even more sharply this influences. The study aimed to verify the relationship of the spatial distribution of Mutillidae species in relation to potential hosts and the effect of heterogeneity in the distribution of both, testing the hypotheses that: i) the distribution of mutillids depends on the hosts and ii) variation in environmental heterogeneity affects the distribution of both. Sampling was conducted in four fragments of Cerrado in an urbanized matrix in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil. For capturing the Hymenoptera, for each collection point 18 Malaise traps were distributed in an area of 1000 m<sup>2</sup> which remained for 72 hours with 25 repetitions, totaling 32,400 trap/hours. Hand collections were performed in all sampling points, totaling 450 man-hours for the collection of female Mutillidae. To obtain the environmental variables at each collection point, nine plots with 25 m<sup>2</sup> were established, where the following environmental variables were measured: number of trees (n), tree height (m), number of shrubs (n), height of shrubs(m), canopy height (m), canopy cover (%), ground cover (%), litter depth (cm), and grass cover (%). Richness and abundance of Mutillidae and potential hosts in each sample unit were calculated. Analysis of Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) was performed for the community of Mutillidae and potential hosts with Bray-Curtis similarity and Analysis of Principal Correspondents (PCA) for the environmental variables. Simple linear correlation between the values of the NMDS for the Mutillidae community and potential hosts against the values of the PCA and multiple linear correlation was performed. The 1st axis of the NMDS and PCA was used in 3D plot to verify the effect of heterogeneity in structuring the community of hosts and parasitoids in function of environmental heterogeneity together, and Canonical Correspondence Analysis (CCA) to determine separately the effect of each environmental variable. 1078 individuals were collected, including 789 individuals from potential hosts, belonging to 127 species, 13 subfamilies and four families were collected. Were sampled 300 individuals of Mutillidae, belonging to 42 species, 13 genera and two subfamilies. There was no correlation between the NMDS of Mutillidae community and potential hosts or between the PCA and these. We can see the effect on community structure. Although the CCA did not yield significant values between variables, but we see the trend of community structure as a function of variables relating to understory vegetation. The spatial and temporal distribution follows the expected Mutillidae predator-prey model with time delay in relation to host, and environmental heterogeneity is a factor that determines the structure of the host-parasitoid community.

**Key-words:** Heterogeneity, Parasitoidism, Potencial host

## Introdução

Interação entre animais vem sendo o foco de questionamentos na ecologia há tempos. A interação hospedeiro-parasitoide é considerada uma forma de predação e diversos fatores afetam essa relação como: dinâmica populacional, variação temporal e escala de paisagem (Hassel & May, 1988; Cronin & Reeve, 2005; Bukovinszky *et al.*, 2007; Tylianakis *et al.*, 2007). A forma de como essa relação se mantém é um fator importante na ecologia de comunidades uma vez que a disponibilidade de hospedeiros influencia diretamente os parasitoides (Hassel & May, 1988; Memmott *et al.*, 1994; Jordán *et al.*, 2003; Tylianakis *et al.*, 2006).

A heterogeneidade de habitat pode ser um dos fatores que modulam as interações, elucidando a relação da distribuição dos animais com as variáveis ambientais (Legendre, 1993; Dungan *et al.*, 2002; Tews *et al.*, 2004; Vinatier *et al.*, 2011). Para os insetos, também têm sido encontrado padrões diferentes em relação à distribuição quanto à heterogeneidade: não havendo influência (Ellis *et al.*, 2006), influenciando positivamente (Dennis *et al.*, 1998; Utsumi *et al.*, 2009) ou de forma variada na composição da comunidade (Crist *et al.*, 2006). Para os Hymenoptera parasitoides esse padrão é variado (Hassel & May, 1988; Hirsch & Wolters, 2003; Tylianakis *et al.*, 2005; Tylianakis *et al.*, 2006).

Mutillidae é uma família de Hymenoptera parasitoides de estágios larvais de outros insetos, tendo como principais hospedeiros registrados abelhas e vespas Apoidea (Apidae, Crabronidae e Sphecidae) e as espécies são frequentemente amostradas em grandes quantidades em áreas áridas e semi-áridas (Brothers, 2006; Wilson, 2010; Wilson *et al.*, 2012). Aproximadamente 2 a 3% de seus hospedeiros são registrados (Brothers, 2006) e o conhecimento sobre a biologia, ecologia e interações com os hospedeiros da fauna Neotropical é escasso. Os poucos trabalhos que discutem a interação entre hospedeiros e Mutillidae descrevem a relação para uma ou poucas espécies (Polidori *et al.*, 2009; Bergamaschi *et al.*, 2011; Bergamaschi *et al.*, 2012). A distribuição, abundância e dinâmica das populações de Mutillidae refletem diretamente a disponibilidade de hospedeiros.

O objetivo do trabalho foi verificar a relação da distribuição espacial das espécies de Mutillidae em relação aos potenciais hospedeiros e o efeito da heterogeneidade na

distribuição de ambos, testando as hipóteses de que i) a distribuição dos mutilídeos depende dos hospedeiros e ii) a variação na heterogeneidade afeta a distribuição de ambos.

## **Material e Métodos**

### **Área de estudo**

O bioma do Cerrado é um *hotspot* global com altos índices de diversidade de fauna e flora e que apresenta poucos estudos sobre as dinâmicas das comunidades de insetos principalmente em relação à perda de habitat e ao efeito de fragmentação. O Cerrado apresenta diversas formações vegetais, indo desde áreas abertas com predomínio de gramíneas (Cerrado campo limpo) até formações do tipo florestais (Cerradão).

As coletas foram realizadas em quatro fragmentos de Cerrado em matrix urbanizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, entre janeiro e dezembro de 2012, sendo eles: Parque Estadual Matas do Segredo (Segredo) (20°23'S, 54°35'O; 175 ha), Parque Estadual do Prosa (Prosa) (20°27'S, 54°33'O; 128 ha), Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) (20°30'S, 54°36'O; 32 ha) e a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) (20°24'S, 54°36'O; 25 ha). A região apresenta o clima subtropical Aw (Köppen, 1948) com precipitação média de 1125 mm e temperaturas com máxima média de 29°C mínima média de 17°C.

Todos os fragmentos apresentam vegetação do tipo Cerrado *stricto sensu* e Cerradão e influência de matas de galeria dos corpos d'água nos Parques Estadual Matas do Segredo e do Prosa. Os fragmentos estão inseridos dentro da matriz urbana com diferentes graus de isolamento e ocupação humana no entorno.

### **Amostragem**

Para a captura dos Hymenoptera, em cada ponto de coleta foram distribuídas 18 armadilhas do tipo Malaise (1,5 m x 1,5 m x 1,0 m) em uma área de 100 x 100 m onde permaneceram por 72 horas, sendo realizadas 25 repetições (Segredo= 8, Prosa= 6, UFMS= 6, UCDB= 5), com total de 32.400 armadilha/horas ao longo de um ano. Para as análises da comunidade cada ponto foi utilizado como uma unidade amostral. Coletas manuais foram realizadas em todos os pontos amostrais, totalizando 450 homem-horas para as coletas de

fêmeas de Mutillidae. Os espécimes coletados foram armazenados em álcool etílico a 70%, devidamente etiquetados. A identificação do material foi realizada utilizando Fernández & Sharkey (2006) e Rafael *et al.* (2012) até o nível de família, subfamília, gênero ou espécies de acordo com a disponibilidade de referências. Ao menos um exemplar de cada espécie foi depositado na Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul sobre a numeração ZUFMSHYM00001-000267.

Para obtenção das variáveis ambientais, em cada ponto de coleta foram feitas nove parcelas de 25 m<sup>2</sup>, onde foram mensuradas as seguintes variáveis ambientais: números de árvores (n), altura das árvores (m), número de arbustos (n), altura dos arbustos (m), altura dossel (m), cobertura do dossel (%), cobertura do solo (%), profundidade da serapilheira (cm) e cobertura gramínea (%). A média das variáveis nos nove pontos foi utilizada para cada ponto.

### **Análises Estatísticas**

Foi calculada a riqueza e a abundância de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros em cada unidade amostral. Foi realizada análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) para a comunidade de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros com medida de similaridade de Bray-Curtis e Análise de Componentes Principais (PCA) para as variáveis ambientais. Foi realizada correlação linear simples entre os valores do NMDS da comunidade de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros contra os valores do PCA e correlação linear múltipla. Foi utilizado o 1º Eixo dos NMDS da comunidade de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros e PCA das variáveis ambientais em plot 3D para verificar o efeito da heterogeneidade na estruturação da comunidade de hospedeiros e parasitoides em função da heterogeneidade ambiental em conjunto, além de Análise de Correspondência Canônica (CCA) com 1.000 permutações para verificar o efeito de cada uma das variáveis ambientais separadamente. As análises estatísticas foram realizadas nos programas R (R Core Team, 2013) e Past<sup>®</sup> (Hammer *et al.*, 2001).

### **Resultados**

Foram coletados 1.078 himenópteros, sendo 789 indivíduos de potenciais hospedeiros, pertencentes a 127 espécies, 13 subfamílias e quatro famílias (Tab. 1),

enquanto para Mutillidae foram 300 indivíduos de 42 espécies, 13 gêneros e duas subfamílias (Tab. 2). Observando a variação mensal na abundância das famílias (Fig. 1), Mutillidae tem um acréscimo na abundância com atraso temporal em relação aos hospedeiros. Esse padrão fica mais claro quando observamos a abundância dos oito gêneros mais frequentes (Fig. 2).

A correlação linear simples entre o NMDS da comunidade de Mutillidae e dos potenciais hospedeiros não mostra correlação ( $r^2=0,003$ ), assim como com a comunidade de Mutillidae ( $r^2=0,03$ ) e a comunidade de hospedeiro em relação à heterogeneidade ( $r^2=0,001$ ). A correlação linear múltipla também não obteve correlação alguma ( $r^2=0,03$ ). Utilizando os valores dos eixos das análises multivariadas para entender a relação da distribuição de Mutillidae (NMDS, Stress = 0,15) em função dos hospedeiros (NMDS, Stress = 0,25) e da heterogeneidade (PCA) vemos o efeito das variáveis ambientais na comunidade de hospedeiros e Mutillidae (Fig. 3).

Através da CCA, as variáveis ambientais que mais influenciaram a composição da comunidade foram: profundidade da serapilheira (34,16%) altura das árvores (22,97%), cobertura de grama (14,62%) e cobertura do dossel (8,75%), juntas explicaram 80,5% da variação, mas nenhuma variável mostrou efeito significativo na composição dos grupos ( $p > 0,05$ ) (Fig. 4).

## Discussão

Os mutilídeos são considerados pouco abundantes em levantamentos de fauna de himenópteros, mas isso se deve à falta de um protocolo adequado de coleta, principalmente para as fêmeas, não sendo tão escassos quanto aparentam (Schmidt & Buchmann, 1986). A fragmentação no ambiente urbano é um fator que afeta a diversidade de abelhas e vespas (Zanette *et al.*, 2005; Christie & Hochuli, 2008), mesmo assim o presente estudo obteve elevado número de espécies quando comparado a outros levantamentos (Morato & Campos, 2000; Zanette *et al.*, 2005; Elpino-Campos *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2013).

Polidori *et al.* (2009) relatam a alta concentração de fêmeas de Mutillidae no final do período de nidificação de seu hospedeiro. A distribuição temporal tardia de Mutillidae em relação aos seus hospedeiros concorda com a teoria do forrageio ótimo (MacArthur & Pianka, 1966; Pyke *et al.*, 1977; Pyke, 1984), uma vez que as larvas serão mais frequentes

no estágio tardio de nidificação do hospedeiro. Esse atraso temporal permite que as fêmeas tenham maior sucesso reprodutivo, uma vez que Mutillidae são parasitoides que atacam os últimos estágios larvais e pré-pupas e essa variação temporal sincroniza a disponibilidade do hospedeiro com a maior abundância de fêmeas adultas em sua busca. Esse padrão é relatado para poucas espécies (Polidori *et al.*, 2007; Polidori *et al.*, 2009), cujos hospedeiros são conhecidos, sendo a primeira vez registrada para a comunidade como um todo.

Os registros de hospedeiros para Mutillidae são escassos, sendo principalmente relacionados com as espécies Neárticas e Paleárticas. Para as espécies Neotropicais, pouco se sabe sobre as relações hospedeiro/parasitoide (Brothers, 2006). Na região Neártica e na região da Europa central é comum o registro de hospedeiros pertencentes à subfamília Apinae (Apidae) (Brothers *et al.*, 2000; Pitts *et al.*, 2004), Sphecidae e Crabronidae (Lelej & Schmid-Egger, 2005; Pitts *et al.*, 2010).

Os resultados sugerem uma maior relação de Mutillidae neotropicais entre as famílias Crabronidae e Sphecidae e de duas subfamílias de Apidae (Halictinae e Colletinae). Essas famílias apresentam comportamento de construção de ninhos agregados (Ward, 1970; Polidori *et al.*, 2005; Buschini *et al.*, 2006; Almeida & Eduardo, 2008; Santoni *et al.*, 2009), apesar de serem solitárias. A maioria dos gêneros de Mutillidae está distribuída onde há maior frequência de espécies de Crabronidae e Sphecidae (Fig. 4). Estas duas famílias são reconhecidamente típicas em nidificação em solo (Gauld & Bolton, 1988; Evans, 2002; Buschini *et al.*, 2006; Fernández & Sharkey, 2006; Srba & Heneberg, 2011; Buys, 2014). Na Europa há amplos registros de Mutillidae associados às famílias Crabronidae e Sphecidae (Bayliss & Brothers, 2001; Bogusch, 2003; Tormos *et al.*, 2003; Polidori *et al.*, 2009; Tormos *et al.*, 2009), o que corrobora a ideia desses grupos serem os hospedeiros mais frequentes para as espécies Neotropicais também.

Em Apinae (Apidae) há poucos registros da interação hospedeiro/parasitoide (Yanega, 1994; Gaglianone, 2005; Rocha-Filho & Melo, 2011). Halictinae (Apidae) nidifica principalmente em solo e em madeira morta (Fernández & Sharkey, 2006) e sua biologia de nidificação favorece a relação de parasitoidismo com Mutillidae. É um grupo amplamente relatado dentro de Apidae como hospedeiro de Mutillidae (Wcislo *et al.*, 2004; MacGown, 2006; Polidori *et al.*, 2009). Há registros de Halictinae como hospedeiro para os

gêneros neotropicais de Mutillidae: *Lophostigma* (Cambra *et al.*, 2005) *Lynchiatilla* (Bergamaschi *et al.*, 2012) *Lophomutilla* (Bergamaschi *et al.*, 2010), *Pseudomethoca* (Mickel, 1969; Bergamaschi *et al.*, 2011). *Timulla* apresenta uma maior diversificação em relação às espécies aos hospedeiros (Mickel, 1938; Quintero & Cambra, 1996; Aranda & Graciolli, 2013).

Apinae, Halictinae (Apidae), Crabronidae e Sphecidae são frequentemente descritas nidificando em áreas com maior exposição ao solo ou em áreas mais abertas com altas concentrações de indivíduos (Gauld & Bolton, 1988; Albuquerque & Mendonça, 1996; Ramírez *et al.*, 2002; Fernández & Sharkey, 2006; Srba & Heneberg, 2011), mas a distribuição dos indivíduos e os padrões de nidificação em amplas escalas ainda não é bem definido e alterações ambientais influenciam diretamente na capacidade de dispersão, colonização e ocupação de áreas para os Hymenoptera (Krewenka *et al.*, 2011; Steckel *et al.*, 2014).

As variações na estrutura da paisagem afetam a interação entre a dinâmica hospedeiro-parasitoide e a heterogeneidade ambiental já foi evidenciada para algumas espécies, em geral tendo sempre um efeito positivo com acréscimo da riqueza e abundância das espécies de hospedeiros e parasitoides (Hassel & May, 1988; Kruess, 2003; Cronin & Reeve, 2005; Bukovinszky *et al.*, 2007). A ausência de uma correlação mais forte no presente estudo está diretamente ligada com o atraso temporal da abundância de Mutillidae em relação aos hospedeiros, uma vez que cada ponto foi amostrado uma única vez. Entretanto, podemos observar um acréscimo nos valores do NMDS da comunidade de Mutillidae em função do aumento dos valores do NMDS dos hospedeiros e PCA da Heterogeneidade (Fig. 3). Temos um pico em valores intermediários do PCA e outro em valores mais altos. A variação na estrutura de habitat para os hospedeiros mostra que em valores intermediários do PCA também temos valores intermediários para NMDS. Apidae, Crabronidae e Sphecidae dependem de recursos para provisionar os ninhos para o desenvolvimento das larvas e de locais de nidificação. Segundo a teoria do distúrbio intermediário (Townsend *et al.*, 1997; Roxburg *et al.*, 2004), essas áreas apresentariam maior variação espacial, promovendo maior disponibilidade de recurso e área de nidificação para a comunidade de hospedeiros o que aumenta a diversidade de Mutillidae.

As variáveis ambientais que mostraram maior efeito são as relacionadas principalmente com a exposição do solo. Apesar de nenhuma variável ter tido efeito significativo, podemos observar que a maior parte das espécies de Crabronidae e Sphecidae são relacionadas com variáveis de estruturação de sub-bosque. Como dependem de disponibilidade de locais de nidificação e disponibilidade de presas, essas variáveis têm maior influência sobre o grupo (Evans, 2002; Polidori *et al.*, 2005; Buschini *et al.*, 2006; Santoni *et al.*, 2009; Srba & Heneberg, 2011; Buys, 2014; Buys & Rodrigues, 2014; Ercit, 2014).

A distribuição espacial e temporal de Mutillidae segue o padrão esperado do modelo predador-presa com atraso temporal em relação aos hospedeiros e a heterogeneidade ambiental é um fator que determina a estruturação da comunidade de hospedeiro-parasitoide. Dessa forma, temos uma ferramenta útil para prever as possíveis interações entre hospedeiro-parasitoide e podemos direcionar esforços para a busca da relação de parasitoidismo dentro da família Mutillidae.

Tabela 1. Potenciais hospedeiros da ordem Hymenoptera coletados em fragmentos de Cerrado em matrix urbanizada no município de Campo Grande, MS, entre janeiro a dezembro de 2012, em armadilhas do tipo Malaise.

<b>Taxon (abundância)</b>	<b>n espécies</b>
<b>Apoidea</b>	
<b>Apidae (311)</b>	
<b>Andreninae (35)</b>	
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	
<b>Apinae (191)</b>	
<i>Alepidosceles</i> Moure, 1947	1
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	
<i>Centris</i> Fabricius, 1804	1
<i>Euglossa cordata</i> Friese, 1923	
Mellinini	
<i>Paratetrapedia</i> Moure, 1941	1
<i>Paratrigona lineata</i> Lepeletier, 1836	1
<i>Paratrigona</i> Schwarz, 1938	
<i>Partamona Cupira</i> Smith, 1863	1
<i>Plebeia</i> Schwarz, 1938	1
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> Lepeletier, 1836	
<i>Scaptotrigona</i> Moure, 1942	2
<i>Tetragona clavipes</i> Fabricius, 1804	
<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811	
<i>Trigona</i> Jurine, 1807	2
<i>Trigona recursa</i> Smith, 1863	
<b>Colletinae (2)</b>	
<i>Xanthocotelles</i> Toro & Cabezas, 1978	1
<b>Halictinae (80)</b>	
<i>Augochloropsis</i> Cockerell, 1897	2
<i>Cerathalictus</i> Moure, 1943	1
<i>Dialictus</i> Robertson, 1902	3
<b>Megachilinae (3)</b>	
<i>Coelioxys</i> Latreille, 1809	2
<b>Crabronidae (165)</b>	
<b>Cabroninae (136)</b>	
Cabronini	31
Trypoxylini	4
<b>Pemphredoninae (23)</b>	
Odontosphecini	1
Pemphedonini	1
Psenini	4
<b>Philanthinae (6)</b>	
Aphilanthopini	1
Philanthini	3
<b>Sphecidae (84)</b>	
<b>Ammophilinae (11)</b>	
Ammophilini	6
<b>Ampulicinae (42)</b>	
Ampulicini	3
Dolichurini	8
<b>Sphecinae (31)</b>	
Sceliphini	1
Sphecini	4
Stangeelini	4
<b>Vespoidea</b>	
<b>Vespidae (229)</b>	
<b>Eumeninae (2)</b>	
<i>Pachodynerus</i> Saussure, 1870	1
<b>Polistinae (227)</b>	
<i>Chartergellus</i> Bequart, 1938	
<i>Nectarinella</i> , Bequart, 1938	1
<i>Metapolybia</i> Ducke, 1905	1
<i>Mischocyttarus</i> Ducke, 1918	2
<i>Parachartergus</i> Ihering, 1904	1
<i>Polistes</i> Latreille, 1802	1
<i>Polybia</i> Lepeletier, 1854	9
<i>Protopolybia</i> Ducke, 1905	7
<i>Synoeca surinama</i> Linnaeus, 1767	1

Tabela 2. Mutillidae coletados em Malaise e coleta ativa em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre janeiro a dezembro de 2012.

<b>Espécie</b>	<b>Autor</b>	<b>Sexo</b>
<b>Sphaerophthalminae</b>		
<i>Calomutilla aff. Crucigera</i>	(Burmeister, 1854)	+♂
<i>Darditilla cf. araxa</i>	(Cresson, 1902)	+♂
<i>Darditilla tantula</i>	(Cresson, 1902)	+♂
<i>Darditilla sp. 01</i>		+♂
<i>Darditilla sp. 02</i>		+♂
<i>Darditilla sp. 03</i>		+♂
<i>Hoplocrates decumata</i>	Mickel, 1941	+♂
<i>Hoplocrates monacha</i>	Mickel, 1941	+♂
<i>Hoplomutilla alagoa</i>	(Cresson, 1902)	+♂
<i>Hoplomutilla anthracina</i>	(Gerstaecker, 1874)	+♂
<i>Hoplomutilla goyazana</i>	(André)	+♂
<i>Hoplomutilla myops flavimyops</i>	Mickel, 1939	+♂
<i>Hoplomutilla triumphans</i>	Mickel, 1939	+♂
<i>Lophomutilla obscura</i>	Fritz & Pagliano, 1993	+♂
<i>Lophostigma sp. nov.</i>		+♂
<i>Lynchiatilla silvai</i>	Casal, 1963	+♂
<i>Pseudomethoca paulula</i>	(Cresson, 1902)	+♂
<i>Pseudomethoca sp.</i>		+♂
<i>Ptilomutilla pennata</i>	André, 1905	+♂
<i>Sphaerophthalma sp. 01</i>		+♂
<i>Traumatomutilla geografica</i>	Gerstaecker	+♂
<i>Traumatomutilla spectabilis</i>	(Gerstaecker, 1874)	+♂
<i>Traumatomutilla sp. 01</i>		+♂
<i>Traumatomutilla sp. 02</i>		+♂
<i>Traumatomutilla sp. 03</i>		+♂
<b>Mutillinae</b>		
<i>Ephuta sp. 01</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 02</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 03</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 04</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 05</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 06</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 07</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 08</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 09</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 10</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 11</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 12</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 13</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 14</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 15</i>		+♂
<i>Ephuta sp. 16</i>		+♂
<i>Timulla terminalis</i>	(Gerstaecker, 1958)	+♂

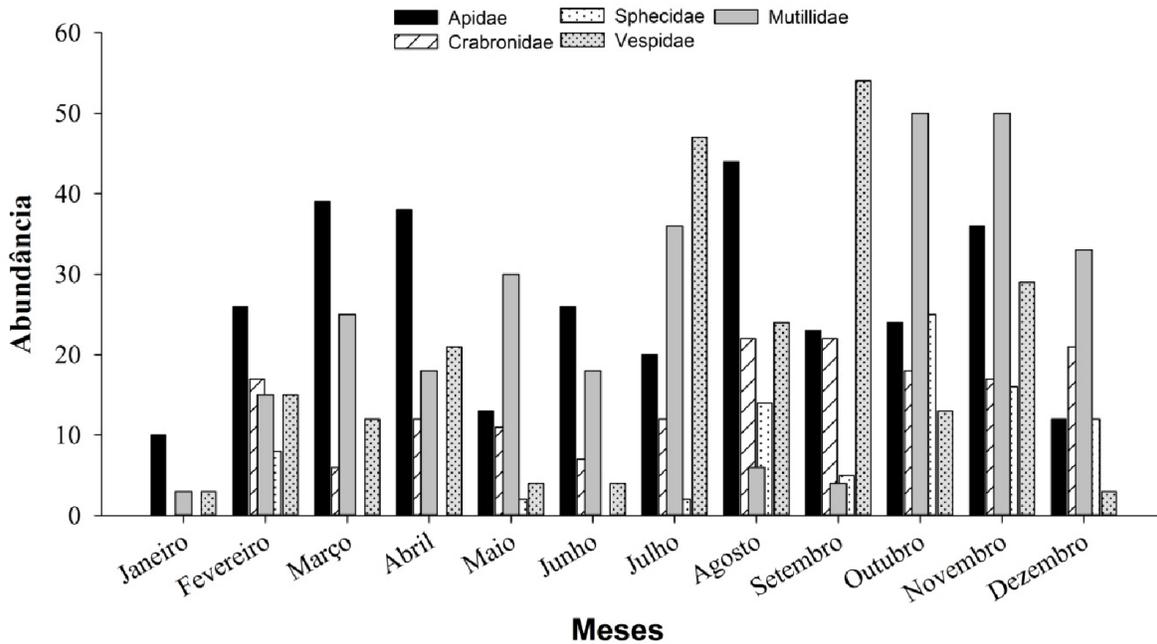


Figura 1. Abundância de indivíduos de Mutillidae e das famílias de potenciais hospedeiros coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre Janeiro e Dezembro de 2012.

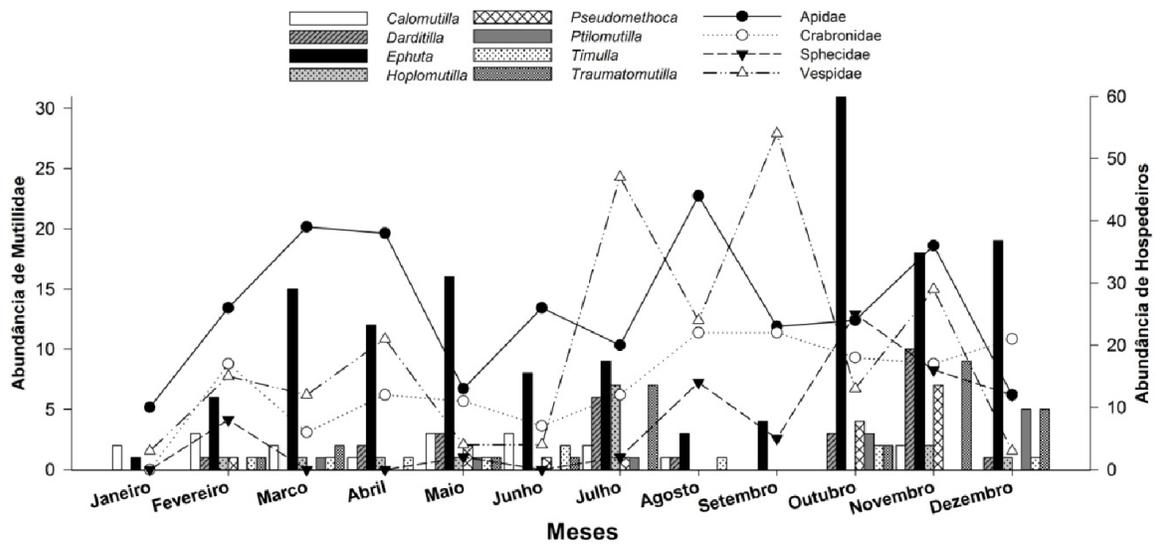


Figura 2. Abundância de oito gêneros mais frequentes de Mutillidae e das famílias de potenciais hospedeiros coletados em fragmentos de Cerrado urbano no município de Campo Grande, MS, entre Janeiro e Dezembro de 2012.

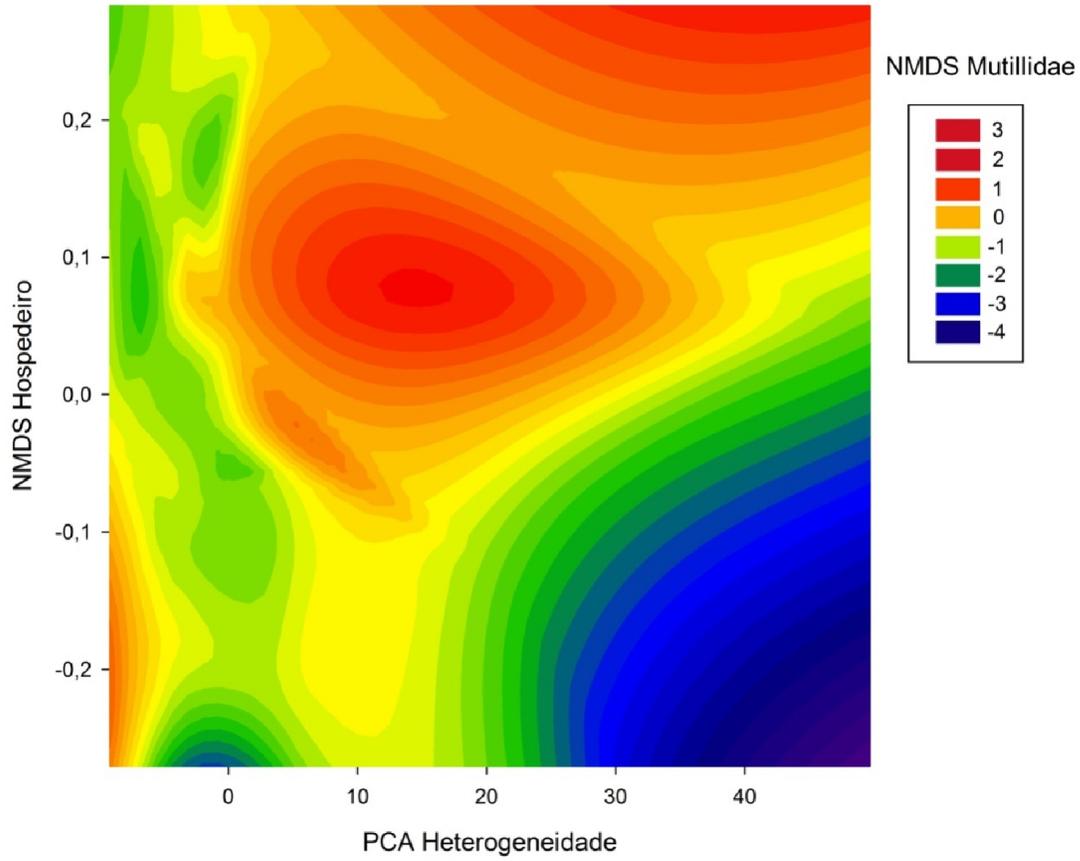


Figura 3. Valores dos 1º eixo do NMDS da comunidade de potenciais hospedeiros e Mutillidae e PCA das variáveis ambientais em fragmentos urbanos de Cerrado em Campo Grande, MS.

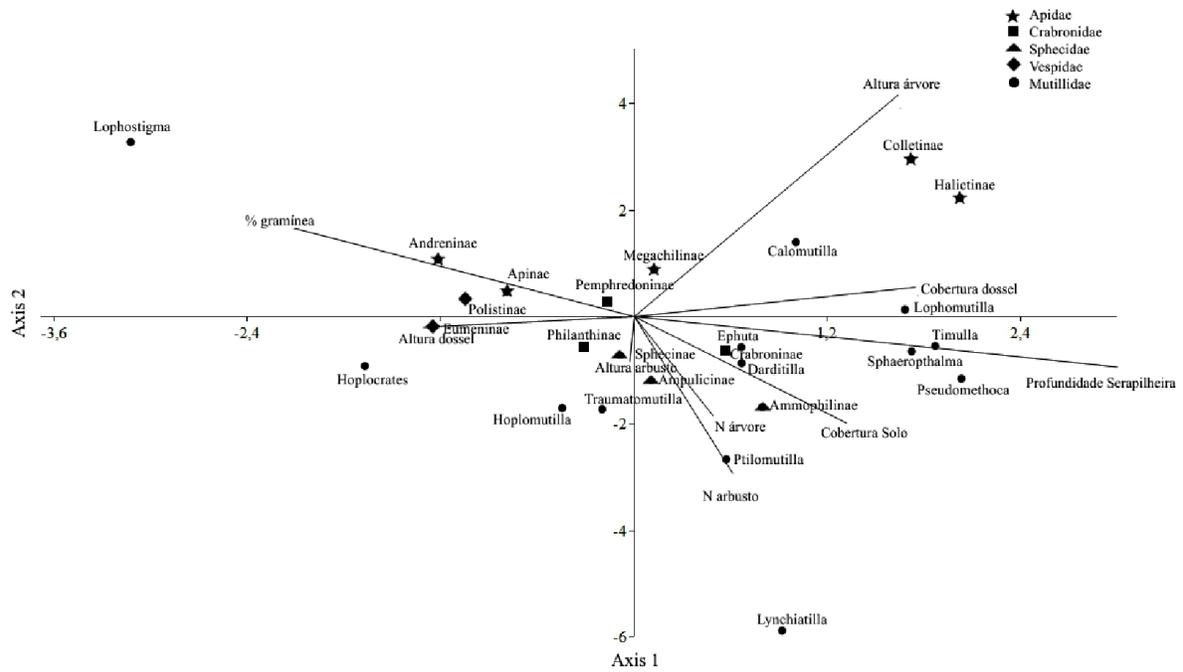


Figura 4. Análise de Correspondência Canônica entre a comunidade de potenciais hospedeiros, Mutillidae e variáveis ambientais em fragmentos urbanos de Cerrado em Campo Grande, MS.

## Referencias

- Albuquerque, P. M. C., & Mendonça, J. A. C. (1996). Anthophoridae (Hymenoptera; Apoidea) e flora associada em uma formação de cerrado no município de Barreirinhas, MA, Brasil. *Acta Amazonica*, 26(1/2), 45–54.
- Almeida, Eduardo, A.B. (2008) Colletidae nesting biology (Hymenoptera: Apoidea). *Apidologie*, 39, 16–29.
- Aranda, R., & Graciolli, G. (2013). First report of *Exomalopsis fulvofasciata* (Hymenoptera: Anthophoridae) as host of two *Timulla* species (Hymenoptera: Mutillidae). *Biota Neotropica*, 13(4), 382–384.
- Bayliss, P.S. & Brothers, D.J. (1996). Biology of *Tricholabiodes* Radoszkowski in Southern Africa, with a new synonymy and review of recent biological literature (Hymenoptera, Mutillidae). *Journal of Hymenoptera Research* 5: 249-258.
- Bergamaschi, A. C. B., Cambra, R., & Melo, G. A. R. (2010). Male description and host record for *Lophomutilla corupa* Casal, 1968 (Hymenoptera: Mutillidae), with behavioural notes on mating behaviour and host nest attacks. *Journal of Natural History*, 44(43-44), 2597–2607.
- Bergamaschi, A. C. B., Cambra, R. A., & Melo, G. A. R. (2011). New combinations, sex association, behavioural notes and potential host record for two Neotropical species of *Pseudomethoca* Ashmead, 1896 (Hymenoptera: Mutillidae). *Zootaxa*, 63, 55–63.
- Bergamaschi, A. C. B., Cambra, R. A., Brothers, D. J., & Melo, G. A. R. (2012). *Lynchiatilla* Casal, 1963 (Hymenoptera: Mutillidae): a new species from Brazil associated with *Paroxystoglossa spiloptera* Moure (Hymenoptera: Apidae: Halictinae), and notes on other species. *Zootaxa*, 64, 55–64.
- Bogusch, P. (2003). Host, foraging behaviour and host relationship of *Dolichomutilla sycorax* (Smith) (Hymenoptera: Mutillidae, Sphecidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 10, 1–9.
- Brothers, D. J., Tschuch, G., & Burger, F. (2000). Associations of mutillid wasps (Hymenoptera, Mutillidae) with eusocial insects. *Insectes Sociaux*, 47(3), 201–211.
- Brothers, D. J. (2006). Familia Mutillidae. In: F. Fernández & M. J. Sharkey (Eds.), *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical* (pp. 577–594). Bogotá: editor?.
- Bukovinszky, T., Gols, R., Hemerik, L., Van Lenteren, J. C., & Vet, L. E. M. (2007). Time allocation of a parasitoid foraging in heterogeneous vegetation: implications for host-parasitoid interactions. *The Journal of Animal Ecology*, 76(5), 845–53.
- Buschini, M. L. T., Niesing, F., & Wolff, L. L. (2006). Nesting biology of *Trypoxylon (Trypargilum) lactitarse* Saussure (Hymenoptera, Crabronidae) in trap-nests in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(3), 919–929.
- Buys, S. C. (2014). Behavioural and biological notes on Crabronidae (Hymenoptera: Apoidea) and new geographic records to the Espírito Santo State (Southeast Brazil). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitao*, 33, 19–24.

- Buys, S. C., & Rodrigues, C. L. (2014). Inventory of sphecid wasps (Hymenoptera: Apoidea: Sphecidae) from the Espírito Santo State (Southeast Brazil). *Boletim Do Museu de Biologia Mello Leitão*, *33*, 35–46.
- Cambra, R. A., Gonzalez, V. H., & Weislo, W. T. (2005). Description of the male, host associations, and new distribution records for *Lophostigma cincta* (Du Buysson) (Hymenoptera: Mutillidae). *Proceedings of Entomological Society of Washington*, *107*(1), 229–234.
- Christie, F. J., & Hochuli, D. F. (2008). Responses of wasp communities to urbanization: Effects on community resilience and species diversity. *Journal of Insect Conservation*, *13*(2), 213–221. doi:10.1007/s10841-008-9146-5
- Crist, T. O., Pradhan-Devare, S. V., & Summerville, K. S. (2006). Spatial variation in insect community and species responses to habitat loss and plant community composition. *Oecologia*, *147*(3), 510–21.
- Cronin, J. T., & Reeve, J. D. (2005). Host-parasitoid spatial ecology: a plea for a landscape-level synthesis. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, *272*(1578), 2225–2235.
- Da Rocha-Filho, L. C., & Melo, G. A. (2011). Nesting biology and behavioural ecology of the solitary bee *Monoeca haemorrhoidalis* (Smith) and its cleptoparasite *Protosiris gigas* Melo (Hymenoptera: Apidae: Tapinotaspidini; Osirini). *Journal of Natural History*, *45*, 45–46.
- Dennis, P., Young, M. R., & Gordon, I. J. (1998). Distribution and abundance of small insects and arachnids in relation to structural heterogeneity of grazed, indigenous grasslands. *Ecological Entomology*, *23*, 253–264.
- Dungan, J. L., Perry, J. N., Dale, M. R. T., Legendre, P., Citron-Pousty, S., Fortin, M. J., Rosenberg, M. S. (2002). A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography*, *25*, 626–640.
- Ellis, A. M., Lounibos, L. P., & Holyoak, M. (2006). Evaluating the long-term metacommunity dynamics of tree hole mosquitoes. *Ecology*, *87*(10), 2582–90.
- Elpino-Campos, Á., Claro, K. Del, & Prezoto, F. (2007). Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Cerrado fragments of Uberlândia, Minas Gerais State, Brazil. *Neotropical Entomology*, *36*(5), 685–692.
- Ercit, K. (2014). Size and sex of cricket prey predict capture by a sphecid wasp. *Ecological Entomology*, *39*(2), 195–202.
- Evans, E. W. (2002). A review of prey choice in Bembicine sand wasps (Hymenoptera: Sphecidae). *Neotropical Entomology*, *31*(1), 1–12.
- Fernández, F., & Sharkey, M. J. (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical* (p. 894). Bogotá: editora?
- Gaglianone, M. C. (2005). Nesting biology, seasonality, and flower hosts of *Epicharis nigrita* (Friese, 1900)(Hymenoptera: Apidae: Centridini), with a comparative analysis for the genus. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, *40*(3), 191–200.

- Gauld, I., & Bolton, B. (1988). *The Hymenoptera*. Oxford University Press in association with British Museum (Natural History)(p. 352).
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9pp.
- Hassel, M. P., & May, R. M. (1988). Spatial heterogeneity and the dynamics of parasitoid-host systems. *Anual Zoologie Fennici*, 25, 55–61.
- Hirsch, M., & Wolters, V. (2003). Nature Conservation Response of aculeate Hymenoptera to spatial features of an agricultural landscape. *Journal of Natural Conservation*, 11, 179–185.
- Jordán, F., Liu, W.-C. & Veen, J.F. van. (2003) Quantifying the importance of species and their interactions in a host-parasitoid community. *Community Ecology*, 4, 79–88.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia*. México. Fundo de Cultura Econômica.
- Krewenka, K. M., Holzschuh, A., Tschamtker, T., & Dormann, C. F. (2011). Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation*, 144(6), 1816–1825.
- Kruess, A. (2003). Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography*, 26, 283–290.
- Legendre, P. (1993). Spatial Autocorrelation : Trouble or New Paradigm ?, 74(6), 1659–1673.
- Lelej, A. S., & Schmid-Egger, C. (2005) The velvet ants (Hymenoptera, Mutillidae) of Central Europe. *Linzer Biologische Beiträge*, 37, 1505–1543.
- MacArthur, R. H., & Pianka, E. R. (1966). On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 100(916), 603–609.
- MacGown, J. A. (2006). New state records of Myrmosinae (Hymenoptera: Mutillidae) from Mississippi, U.S.A., with notes on interactions between *Myrmosula parvula* (Hymenoptera: Myrmosinae) and *Lasioglossum Imitatum* (Hymenoptera: Halictidae). *Entomological News*, 117(3), 313–318.
- Memmott, J., Godfray, H. C. J., & Gauld, I. d. (1994). The structure of a tropical host-parasitoid community. *Journal of Animal Ecology*, 63(3), 521–540.
- Mickel, C. E. (1938). The Neotropical mutillid wasps of genus *Timulla* Ashmead (Hymenoptera: Mutillidae). *Transactions of Royal Entomological Society of London*, 87, 529–679.
- Mickel, C. E. (1969). *Pseudomethoca willei* n. sp. reared from cells of the bee *Lasioglossum (Dialictus) umbripennis* (Ellis) (Hymenoptera: Mutillidae; Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 42(4), 524–526.
- Morato, E. F., & Campos, L. A. D. O. (2000). Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17(2), 429–444.

- Pitts, J. P., Parker, F. D., & Pitts-Singer, T. (2004). A Review of the *Sphaerophthalma uro* species-group (Hymenoptera: Mutillidae), with taxonomic changes. *Journal of Kansas Entomological Society*, 77(3), 222–234.
- Pitts, J. P., Tanner, D., Waldren, G. C., & Parker, F. D. (2010). Facultative size-dependent sex allocation in *Sphaerophthalma pensylvanica* Lepeletier (Hymenoptera: Mutillidae) with further host records. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 83(1), 68–75.
- Polidori, C., Borruso, L., Boesi, R., & Andrietti, F. (2009). Segregation of temporal and spatial distribution between kleptoparasites and parasitoids of the eusocial sweat bee, *Lasioglossum malachurum* (Hymenoptera: Halictidae, Mutillidae). *Entomological Science*, 12(2), 116–129.
- Polidori, C., Casiraghi, M., Lorenzo, M. Di, Valarani, B., & Andrietti, F. (2005). Philopatry, nest choice, and aggregation temporal–spatial change in the digger wasp *Cerceris arenaria* (Hymenoptera: Crabronidae). *Journal of Ethology*, 24(2), 155–163.
- Polidori, C., Mendiola, P., Asís, J. D., Tormos, J., & Selfa, J. (2009). Temporal asynchrony and spatial co-occurrence with the host: the foraging patterns of *Nemka viduata*, a parasitoid of digger wasps (Hymenoptera: Mutillidae and Crabronidae). *Journal of Ethology*, 28(2), 353–361.
- Pyke, G. H. (1984). Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15, 523–575.
- Pyke, G. H., Pulliam, H. R., & Charnov, E. (1977). Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *Quarterly Review of Biology*, 52, 137–154.
- Quintero, D., & Cambra, R. A. (1996). *Timulla centroamericana* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Mutillidae), a parasitoid of *Liris* (Hymenoptera: Sphecidae). *Southwestern Entomologist*, 21(2), 205–207.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rafael, J. A.; Melo, G. A. R.; Carvalho, C. J. B.; Casari, S. A. & Constantino, R. 2012. *Insetos do Brasil: Diversidade e taxonomia*. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 810p
- Ramírez, S., Dressler, R. L., & Ospina, M. (2002). Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3(1), 7–118.
- Roxburg, S. H., Shea, K., & Wilson, J. B. (2004). The intermediate disturbance hypothesis: Patch dynamics and mechanisms of species coexistence. *Ecology*, 85(2), 359–371.
- Santoni, M. M., Brescovit, A. D., & Lama, D. M. A. (2009). Ocupação diferencial do habitat por vespas do gênero *Trypoxylon* (*Trypargilum*) Latreille (Hymenoptera, Crabronidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(1), 107–114.
- Santos, E. F., Noll, F. B., & Brandão, C. R. F. (2013). Functional and taxonomic diversity of stinging wasps in Brazilian Atlantic Rainforest areas. *Neotropical Entomology*, 43, 97-105.

- Schmidt, J. O., & Buchmann, S. L. (1986). Are mutillids scarce? (Hymenoptera: Mutillidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 62(2), 103–104.
- Srba, M., & Heneberg, P. (2011). Nesting habitat segregation between closely related terricolous sphecid species (Hymenoptera:Spheciformes): key role of soil physical characteristics. *Journal of Insect Conservation*, 16(4), 557–570.
- Steckel, J., Westphal, C., Peters, M. K., Bellach, M., Rothenwoehrer, C., Erasmi, S. Steffan-Dewenter, I. (2014). Landscape composition and configuration differently affect trap-nesting bees, wasps and their antagonists. *Biological Conservation*, 172, 56–64.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31, 79–92.
- Tormos, J., Asís, J. D. & Gayubo, S. F. (2003). Description of the mature larva of *Nemka viduata* (Pallas) (Hymenoptera: Mutillidae: Mutillinae), a parasitoid of *Stizus continuus* (Klug) (Hymenoptera: Crabronidae: Bembicinae). *Journal of Entomological Science*, 38:502–510
- Tormos, J., Asís, J. D., Beneítez, A. & Gayubo, S. F. (2009). Description of the mature larva of the sand wasp *Bembix bidentata* and those of its parasitoids (Hymenoptera: Crabronidae, Chrysididae, Mutillidae). *Florida Entomologist*, 92:43–53
- Townsend, C. R., Scarsbrook, M. R., & Dolèdec, S. (1997). The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. *Limnology and Oceanography*, 42(5), 938–949.
- Tylianakis, J. M., Klein, A.-M. & Tscharntke, T. (2005). Spatiotemporal variation in the diversity of Hymenoptera across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 86(12), 3296–3302.
- Tylianakis, J. M., Tscharntke, T., & Klein, A. L. A. (2006). Diversity, ecosystem function and stability of parasitoid-host interactions across a tropical habitat gradient. *Ecology*, 87(12), 3047–3057.
- Tylianakis, J. M., Tscharntke, T., & Lewis, O. T. (2007). Habitat modification alters the structure of tropical host-parasitoid food webs. *Nature*, 445(7124), 202–205.
- Utsumi, S., Nakamura, M., & Ohgushi, T. (2009). Community consequences of herbivore-induced bottom-up trophic cascades: the importance of resource heterogeneity. *Journal of Animal Ecology*, 78(5), 953–63.
- Vinatier, F., Tixier, P., Duyck, P.-F., & Lescourret, F. (2011). Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: a review of methods for insect populations. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(1), 11–22.
- Ward, G. L. (1970) Nest site preference of *Chalybion zimmermanni* Dahlbom (Hymenoptera, Sphecidae). *Proceedings of The Indiana Academy of Science*, 80, 264–266.
- Wcislo, W. T., Arneson, L., Roesch, K., Gonzalez, V., Smith, A., & Fernández, H. (2004). The evolution of nocturnal behaviour in sweat bees, *Megalopta genalis* and *M.*

*ecuadoria* (Hymenoptera: Halictidae): an escape from competitors and enemies? *Biological Journal of the Linnean Society*, 83(3), 377–387.

Wilson, J. S. (2010). *Historical biogeography of velvet ants (Hymenoptera: Mutillidae) in the North American deserts and arid lands*. Doctoral Thesis. Utah State University.

Wilson, J. S., Clark, S. L., Williams, K. A., & Pitts, J. P. (2012). Historical biogeography of the arid-adapted velvet ant *Sphaerophthalma arota* (Hymenoptera: Mutillidae) reveals cryptic species. *Journal of Biogeography*, 39(2), 336–352.

Yanega, D. (1994). Arboreal, ant-mimicking mutillid wasps, Pappognatha; parasites of Neotropical *Euglossa* (Hymenoptera: Mutillidae and Apidae). *Biotropica*, 26(4), 465–468.

Zanette, L. R. S., Martins, R. P., & Ribeiro, S. P. (2005). Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 105–121.

## Conclusões Gerais

---

A variação estrutural do habitat é um fator importante na distribuição espacial dos Hymenoptera, devendo ser levada em consideração nas questões de priorização de áreas para conservação biológica e na definição das unidades de conservação, uma vez que os Hymenoptera desempenham papéis importantes nos ecossistemas terrestres.

Para o Cerrado, a fauna de Hymenoptera ainda é pouco conhecida e o efeito de fragmentação, assim como a estrutura, do habitat são fatores importantes para a composição da comunidade. Desta forma o tamanho, arranjo espacial e variações na complexidade estrutural de fragmentos afetam a riqueza, composição e distribuição de Hymenoptera no bioma do Cerrado, que por sua vez refletem as condições de composição da entomofauna e em parasitoides as relações com os hospedeiros têm forte ligação com o arranjo espacial. Essas relações são pouco compreendidas nos trópicos devido ao grande número de espécies e a carência de informações sobre hospedeiros.

Em relação à família Mutillidae, observamos o efeito da fragmentação na estruturação da comunidade e podemos ressaltar a relação do gradiente de área na amostragem do grupo. A utilização de parcelas com 100 m<sup>2</sup> como unidade amostral resgata a real estruturação da comunidade. A definição da metodologia em estabelecer um esforço amostral definido por área/tempo representa uma unidade amostral válida para comparações e aplicação de conceitos e teorias ecológicas para o grupo, uma vez que os trabalhos básicos são sobre taxonomia e sistemática, sendo poucos os com enfoque ecológico.

A distribuição espacial e temporal de Mutillidae segue o padrão esperado do modelo predador-presa com atraso temporal em relação aos hospedeiros e a heterogeneidade ambiental é um fator que determina a estruturação da comunidade de hospedeiro-parasitoide. Dessa forma, temos uma ferramenta útil para prever as possíveis interações entre hospedeiro e parasitoide e podemos direcionar esforços para a busca da relação de parasitoidismo dentro da família.

As variáveis ambientais que mostraram maior efeito são as relacionadas principalmente com a exposição do solo. Apesar de nenhuma variável ter tido efeito

significativo, podemos observar que a ocorrência da maior parte das espécies de Crabronidae e Sphecidae é relacionada com variáveis de estruturação de sub-bosque. Como estas vespas dependem de disponibilidade de locais de nidificação e disponibilidade de presas, essas variáveis têm maior influência sobre o grupo e observamos que os Mutillidae têm forte relação principalmente com essas duas famílias.