



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE



DAVID BARROS MUNIZ

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A
COMUNIDADE DE ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, ACULEATA)
QUE NIDIFICAM EM CAVIDADES PRÉ-EXISTENTES EM ÁREAS DE MATA
DA BAIXADA MARANHENSE, AMAZÔNIA ORIENTAL

São Luís
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

DAVID BARROS MUNIZ

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A
COMUNIDADE DE ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, ACULEATA) QUE
NIDIFICAM EM CAVIDADES PRÉ-EXISTENTES EM ÁREAS DE MATA DA
BAIXADA MARANHENSE, AMAZÔNIA ORIENTAL**



São Luís
2015

Valeriano

DAVID BARROS MUNIZ

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A
COMUNIDADE DE ABELHAS SOLITÁRIAS (HYMENOPTERA, ACULEATA) QUE
NIDIFICAM EM CAVIDADES PRÉ-EXISTENTES EM ÁREAS DE MATA DA
BAIXADA MARANHENSE, AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque
Co-orientadora: Dra. Gisele Garcia Azevedo.

São Luís
2015

Muniz, David Barros

Influência da Densidade da Cobertura Vegetal sobre a Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que Nidificam em Cavidades Pré-existentes em Áreas de Mata da Baixada Maranhense, Amazônia Oriental/David Muniz – São Luís, 2015.

110f.

Impresso por computador (fotocópia)

Orientador: Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque

Co-orientador: Dra. Gisele Garcia Azevedo

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, curso de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, 2015.

1. Abelhas solitárias 2. Ninhos-armadilha 3. *Megachile* 4. Baixada Maranhense 5. Amazônia Oriental

I. Título

CDU _____

David Barros Muniz

Influência da Densidade da Cobertura Vegetal sobre a Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que Nidificam em Cavidades Pré-existentes em Áreas de Mata da Baixada Maranhense, Amazônia Oriental

A comissão julgadora dos trabalhos de defesa de Dissertação de mestrado, em sessão pública realizada em / / , considera o candidato

Prof^a. Dra. Patrícia Maia Correia de Albuquerque (Orientadora)

Prof^a. Dra. Gisele Garcia Azevedo (Co-orientadora)

Prof. Dr. Elder Ferreira Morato (Membro externo)

Prof^a. Dra. Márcia Maria Corrêa Rêgo (Membro interno)

(Suplente)

A Deus, fonte de toda sabedoria, à nossa família, aos amigos e aos nossos ilustres professores que nos ensinaram muito, não só sobre Biologia mas também sobre a vida.



SUMÁRIO

RESUMO DA DISSERTAÇÃO	.
DISSERTATION ABSTRACT	.
APRESENTAÇÃO	1
Referências	3
CAPÍTULO I	4
Resumo	6
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	10
Resultados	14
Discussão	20
Agradecimentos	29
Referências	30
Normas da Revista Brasileira de Entomologia	40
CAPÍTULO II	44
Resumo	46
Abstract	46
Introdução	47
Material e Métodos	50
Resultados	55
Discussão	58
Agradecimentos	63
Referências	63
Normas da Apidologie	75
Anexos Capítulo I	88
Anexos Capítulo II	95

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

No presente estudo, investigamos a influência da densidade da cobertura vegetal sobre a comunidade de abelhas solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que nidificam em cavidades pré-existentes. O estudo foi realizado em três áreas de mata localizadas na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, nos municípios de Peri Mirim, Penalva e Vitória do Mearim. As abelhas solitárias foram amostradas através do método de ninhos-armadilha, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014. Cada área foi amostrada por três transectos de 500m, sendo cada um composto por seis conjuntos amostrais, cada um com 12 ninhos-armadilha, totalizando 216 ninhos-armadilha por área. A ocupação dos ninhos-armadilha foi analisada na escala de área, transecto e conjunto amostral. Foram registradas 20 espécies fundadoras e 5 parasitas. O índice de similaridade de Jaccard para composição de espécies foi de 28% entre as áreas de Peri Mirim e Vitória do Mearim, 34% entre Penalva e Vitória do Mearim e 47% entre Peri Mirim e Penalva. A distribuição de abundância das espécies foi similar entre as áreas, com uma espécie abundante e muitas espécies “raras”, e não diferiu estatisticamente da distribuição série logarítmica. A maior riqueza estimada foi da área de Vitória do Mearim com 32 spp. (ICE) e a menor foi da área de Peri Mirim com 11 spp. (ACE). Observamos uma associação do aumento da riqueza e abundância de abelhas e cobertura vegetal na escala de área; encontramos uma relação forte entre a cobertura vegetal e a riqueza e a abundância de espécies de *Megachile* na escala de transecto, mas na escala de conjunto amostral não foi encontrada nenhum tipo de relação. A região estudada apresentou uma fauna rica e diversificada de abelhas solitárias que utilizam ninhos-armadilhas, com destaque a subfamília Megachilinae. A técnica utilizada mostrou-se robusta e que pode ser utilizada para planejar estudos com ninhos-armadilhas e ações de conservação para essas espécies. A manutenção das unidades da paisagem da região da Baixada Maranhense e das tipologias vegetais compreendidas por elas é importante para a conservação da biodiversidade da Amazônia Maranhense.

PALAVRAS-CHAVE: Ninho-armadilha; Riqueza; Abundância; *Megachile*; Amazônia

DISSERTATION ABSTRACT

In the present study, we investigated the influence of the density of vegetation cover on the community of solitary bees (Hymenoptera, Aculeata) that nidificate in pre-existing cavities. The survey was conducted in three forest areas located in the “Environmental Protection Area of Baixada Maranhense”, in the cities of Peri Mirim, Penalva and Vitória do Mearim. Solitary bees were sampled using the trap-nest method during the period of August 2013 to July 2014. Each area was sampled by three transects of 500 meters, and each transect was composed by six sample sets, with 12 trap-nests, totaling 216 trap-nests by area. The trap-nest occupations were analyzed regarding scale area, scale transects and scale sample set. The similarity index of Jaccard for the composition of species was of 28% between the areas of Peri Mirim and Vitória do Mearim, 34% between Penalva and Vitória do Mearim and 47% between Peri Mirim and Penalva. The abundance distribution of species was similar between the areas, with one abundant specie and many rare species, and did not differ statistically of the logarithmic series distribution. The greatest richness estimated was in the area of Vitória do Mearim with 32 spp. (ICE) and the smaller richness was in the area of Peri Mirim with 11 spp. (ACE). We observed an association of increasing richness and abundance of bees and vegetation cover in the scale area; we found a strong relationship between vegetation cover, the richness and abundance of *Megachile* species in the transect scale, but no relationship was found at sample set scale. The studied region presented a rich and diversified fauna of solitary bees that nidificate in trap-nests, with emphasis to the subfamily Megachilinae. The method proved to be robust and can be used for planning studies with trap-nests and conservation actions for these species. The maintenance of landscape unities in the “Baixada Maranhense” and of the vegetation typologies comprised by them is important for the biodiversity conservation of the Maranhão’s Amazon forest.

KEYWORDS: Trap-nests; Richness; Abundance; *Megachile*; Amazon forest

APRESENTAÇÃO

A ação antrópica no ambiente natural tem reduzindo a cobertura vegetal através de desmatamentos, incêndios, fragmentação, agentes poluidores e implementação de extensas áreas de monocultura e agropecuária são atualmente as principais ameaças, as quais produzem uma paisagem caracterizada por um mosaico de ambientes fragmentados. Segundo Davison et al. (2007), florestas tropicais desmatadas demorariam cerca de 70 anos para se recuperarem, porém o fato de a floresta recuperar-se não significa que retomará a biodiversidade original. A vegetação não volta a ser tão rica quanto a antiga cobertura e a sua recuperação depende da recolonização de espécies animais de áreas remanescentes próximas à florestas.

O estudo dos efeitos deste tipo de paisagem nas comunidades animais e vegetais tem sido feito sob vários pontos de vista como a estruturação de comunidades (Leibold et al. 1996). Em função das estreitas relações das abelhas solitárias com outras comunidades, principalmente com as das espécies vegetais e a facilidade de seu estudo a partir do uso de ninhos-armadilha (Krombein 1967; Serrano & Garófalo 1978; Camillo et al. 1995; Tscharntke et al. 1998). A caracterização das comunidades de abelhas que nidificam em ninhos armadilha têm sido recentemente utilizada para avaliar a qualidade do habitat (Frankie et al. 1998; Tscharntke et al. 1998), os efeitos da fragmentação, a complexidade na composição da comunidade (Tscharntke et al. 1998; Morato & Campos 2000; Morato 2001; Stefan-Dewenter 2002; Morato & Martins 2006).

A microrregião da Baixada Maranhense, apesar de ser uma área proteção ambiental, não está imune aos efeitos da ação humana, principalmente devido a

falta de um plano de manejo e fiscalização do órgão ambiental responsável. Devido a isso o capítulo 1 investiga a estrutura da comunidade de abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existentes em áreas de mata da Baixada Maranhense e o capítulo 2 investiga a influência da densidade da cobertura vegetal sobre essa comunidade. Foram registradas 20 espécies fundadoras e 5 parasitas. O índice de similaridade de Jaccard para composição de espécies foi de 28% entre as áreas de Peri Mirim e Vitória do Mearim, 34% entre Penalva e Vitória do Mearim e 47% entre Peri Mirim e Penalva. A distribuição de abundância das espécies foi similar entre as áreas, com uma espécie abundante e muitas espécies “raras”, e não diferiu estatisticamente da distribuição série logarítmica. A maior riqueza estimada foi da área de Vitória do Mearim com 32 spp. (ICE) e a menor foi da área de Peri Mirim com 11 spp. (ACE). Observamos uma associação do aumento da riqueza e abundância de abelhas e cobertura vegetal na escala de área; encontramos uma relação forte entre a cobertura vegetal e a riqueza e a abundância de espécies de *Megachile* na escala de transecto, mas na escala de conjunto amostral não foi encontrada nenhum tipo de relação. A região estudada apresentou uma fauna rica e diversificada de abelhas solitárias que utilizam ninhos-armadilhas, com destaque a subfamília Megachilinae. A técnica utilizada mostrou-se robusta e que pode ser utilizada para planejar estudos com ninhos-armadilhas e ações de conservação para essas espécies. A manutenção das unidades da paisagem da região da Baixada Maranhense e das tipologias vegetais compreendidas por elas é importante para a conservação da biodiversidade da Amazônia Maranhense.

Referências

- Camillo, E.; C.A. Garófalo; J.C. Serrano & G. Muccilo. 1995. Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos Armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). **Revista Brasileira de Entomologia** **39**: 459–470.
- Davidson, E.A.; C.J.R. Carvalho; A.M. Figueira; F.Y. Ishida; J.P.H.B. Ometto; G.B. Nardoto; R.T. Saba; S.N. Hayashi; E.C. Leal; I.C.G. Vieira & L.A. Martinelli. 2007. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. **Nature** **447**: 995–998.
- Frankie, G.W.; S.B. Vinson; M.A. Rizzardi; T.L. Griswold; S. O’Keefe & R.R. Snelling. 1998. Diversity and abundance of bees visiting a mass flowering tree species in disturbed seasonal dry forest, Costa Rica. **Journal of the Kansas Entomological Society** **70**(4): 281–296.
- Krombein, K.V. 1967. Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates. Washington, Smithsonian Institute Press, 570 p.
- Morato, E. F. 2001. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. **Revista Brasileira de Zoologia** **18**(3): 737–748.
- Morato, E. F. & L. A. O. Campos. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Zoologia** **17**(2): 429–444.
- Morato, E. F. & R. P. Martins. 2006. An Overview of Proximate Factors Affecting the Nesting Behavior of Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera: Aculeata) in Preexisting Cavities in Wood. **Neotropical Entomology** **35**(3): 285–298.
- Serrano, J.C. & C.A. Garófalo. 1978. Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico de abelhas e vespas solitárias. **Revista Brasileira de Entomologia** **31**: 237–241.
- Steffan-Dewenter, I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. **Ecological Entomology** **27**: 631–637.
- Tscharntke, T; A. Gathmann & I. Steffan-Dewenter. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **Journal of Applied Ecology** **35**: 708–719.

CAPÍTULO I

Estrutura da Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que Nidificam em Cavidades Pré-existentes em Áreas de mata da Baixada Maranhense, Amazônia Oriental

**Estrutura da Comunidade de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que
Nidificam em Cavidades Pré-existentes em Áreas de mata da Baixada Maranhense,
Amazônia Oriental**

David B. Muniz¹, Gisele G. Azevedo² & Patrícia M. C. Albuquerque³

¹Mestrando em Biodiversidade e Conservação, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: davidbio@yahoo.com.br

²Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão. Cidade Universitária, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP:65080-805. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: gisabelha@gmail.com

³Laboratório de Estudos sobre Abelhas, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão. Cidade Universitária, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP:65080-805. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: patemaia@gmail.com

RESUMO. A estrutura da comunidade de abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que nidificam em cavidades pré-existent em áreas de mata da Baixada Maranhense (Amazônia Oriental). O estudo foi realizado em três áreas localizadas na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, nos municípios de Peri Mirim, Penalva e Vitória do Mearim. Cada área foi amostrada por três transectos de 500m, sendo cada um composto por seis conjuntos amostrais, cada um com 12 ninhos-armadilha, totalizando 216 ninhos-armadilha por área. Foram registradas 20 espécies fundadoras e 5 parasitas. O índice de similaridade de Jaccard para composição de espécies foi de 28% entre as áreas de Peri Mirim e Vitória do Mearim, 34% entre Penalva e Vitória do Mearim e 47% entre Peri Mirim e Penalva. A distribuição de abundância das espécies foi similar entre as áreas, com uma espécie abundante e muitas espécies “raras”, e não diferiu estatisticamente da distribuição série logarítmica. A maior riqueza estimada foi da área de Vitória do Mearim com 32 spp. (ICE) e a menor foi da área de Peri Mirim com 11 spp. (ACE). A região estudada apresentou uma fauna rica e diversificada de abelhas solitárias que utilizam ninhos-armadilhas, com destaque a subfamília Megachilinae. A manutenção das unidades da paisagem e das tipologias vegetais compreendidas por elas é importante para a conservação da biodiversidade da Amazônia Maranhense.

PALAVRAS-CHAVE. Ninho-armadilha; Distribuição; Diversidade; Composição; Megachilinae.

ABSTRACT. The structure community of solitary bees (Hymenoptera, Aculeata) that nidificate in pre-existing cavities in areas of forest in the “Baixada Maranhense” (Eastern Amazon). The study was conducted in three areas located in the “Environmental Protection Area of Baixada Maranhense”, in the cities of Peri Mirim, Penalva and Vitória do Mearim.

Each area was sampled by three transects of 500 meters, and each transect was composed by six sample sets, with 12 trap-nests, totaling 216 trap-nests by area. We registered 20 founder species and 5 parasites. The similarity index of Jaccard for the composition of species was of 28% between the areas of Peri Mirim and Vitória do Mearim, 34% between Penalva and Vitória do Mearim and 47% between Peri Mirim and Penalva. The abundance distribution of species was similar between the areas, with one abundant specie and many rare species, and did not differ statistically of the logarithmic series distribution. The greatest richness estimated was in the area of Vitória do Mearim with 32 spp. (ICE) and the smaller richness was in the area of Peri Mirim with 11 spp. (ACE). The studied region presented a rich and diversified fauna of solitary bees that nidificate in trap-nests, with emphasis to the subfamily Megachilinae. The maintenance of landscape unities and of the vegetation typologies comprised by them is important for the biodiversity conservation of the Maranhão's Amazon forest.

KEYWORDS. Trap-nests; Distribution; Diversity; Composition; Megachilinae.

Introdução

A ordem Hymenoptera agrupa espécies de abelhas, vespas e formigas que apresentam diferentes níveis de organização social (Triplehorn & Johnson 2005; Fernández & Sharkey 2006). As famílias dessa ordem são componentes essenciais dos ecossistemas, desempenhando importantes funções, tais como polinizadores, agentes de controle de insetos herbívoros e recicladores de nutrientes (Lasalle & Gauld 1993).

Dentre os invertebrados, as abelhas constituem o grupo mais importante de insetos polinizadores em número e em diversidade de plantas polinizadas (Kevan & Imperatriz 2002; Klein *et al.* 2007; Loyola & Martins 2006).

Estima-se que exista cerca de 20.000 espécies de abelhas, vivendo em diferentes regiões do mundo, sendo que aproximadamente 85% das espécies descritas apresentam comportamento solitário, caracterizado pela independência das fêmeas na construção e aprovisionamento de seus ninhos, não havendo cooperação ou divisão de trabalho entre fêmeas de uma mesma geração ou entre mãe e filhas (Krombein 1967; Batra 1966; Michener 1974; Michener 2000). Segundo Alves dos Santos (2002), o Brasil, em função das suas proporções continentais e riqueza de ecossistemas, abriga cerca de $\frac{1}{4}$ destas espécies.

As abelhas solitárias, em geral, apresentam o hábito de nidificarem em cavidades pré-existentes ou escavarem suas próprias cavidades (Michener 2007). Algumas espécies fazem seus ninhos no solo, enquanto outras, como as das famílias Apinae, Megachilinae e Colletinae, constroem seus ninhos em caules de plantas ou em cavidades em troncos de árvores vivas ou mortas (Alves dos Santos *et al.* 2002; Morato 2001; Alves dos Santos 2004; Camarotti-de-Lima & Martins 2005).

Em geral, as fêmeas das abelhas solitárias constroem as células de cria com folhas, óleos, resinas e outros materiais provenientes de plantas, aprovisionando-as com pólen e, algumas vezes, com néctar (Roubik 1989; Michener 2000; Loyola & Martins 2006; Silveira *et al.* 2002; Aguiar *et al.* 2006).

O comportamento de nidificarem em cavidades pré-existentes tem facilitado o estudo de abelhas solitárias a partir do uso de ninhos armadilhas, constituindo um método simples e eficiente de amostragem das espécies residentes em diferentes ecossistemas (Krombein 1967; Serrano & Garófalo 1978; Camillo *et al.* 1995; Tscharntke *et al.* 1998). Além do levantamento de espécies, que é de fundamental importância para sistemática desses grupos, o uso de ninhos armadilhas fornece uma grande quantidade de informações sobre a biologia dessas espécies, principalmente no que se refere à biologia de nidificação (Krombein 1967; Strickler *et al.* 1996; Pereira *et al.* 1999; Morato *et al.* 1999; Jesus & Garófalo 2000; Silva et

al. 2001; Aguiar & Garófalo 2004), à dinâmica de população (Jayasingh & Freeman 1980), à biologia reprodutiva de parasitas, cujos hospedeiros nidificam em ninhos armadilha (Scott *et al.* 2000; Gazola & Garófalo 2003) e à composição e sazonalidade de comunidades (Camillo *et al.* 1995; Garófalo 2000; Viana *et al.* 2001; Aguiar & Martins 2002; Alves-dos-Santos 2003; Aguiar *et al.* 2005).

Em função das estreitas relações desses himenópteros com outras comunidades, principalmente, com as das espécies vegetais, a caracterização das comunidades de abelhas que nidificam em ninhos armadilha têm sido recentemente utilizada para avaliar a qualidade do habitat (Frankie *et al.* 1998; Tscharncke *et al.* 1998), os efeitos da fragmentação (Morato & Campos 2000; Morato 2001; Loyola & Martins 2011), a complexidade na composição da comunidade e as interações predador-presa (Tscharncke *et al.* 1998; Steffan-Dewenter 2002; Morato & Martins 2006; Loyola & Martins 2008). Há evidências de que a abundância e a riqueza local das espécies de abelhas correlacionam-se com a diversidade de recursos alimentares (Tscharncke *et al.* 1998) e a existência de locais adequados para nidificação (Linsley 1958; Morato & Martins 2006).

Tendo em vista a importância desse grupo de insetos na manutenção dos ecossistemas e o efeito da fragmentação sobre suas populações, este trabalho teve como objetivo geral determinar a estrutura da comunidade de abelhas solitárias que nidificam em cavidades pré-existent em três áreas da Baixada Maranhense (Amazônia Oriental).

Especificamente objetivou-se determinar: a) a riqueza, a composição e a diversidade de espécies de abelhas solitárias nas áreas estudadas; b) verificar a distribuição de abundância dos ninhos; c) estimar a riqueza de espécies para cada área de estudo; d) verificar associação hospedeiro/parasita.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em três áreas da microrregião da Baixada Maranhense, que apresenta uma área de 1.775.035,6 ha, constituindo uma área de Proteção Ambiental (APA) (decreto nº 11900 de 11/07/1991) (Souza & Pinheiro 2007). Está localizada na porção noroeste do Estado do Maranhão ($1^{\circ} 00' - 4^{\circ} 00' \text{ S}$ e $44^{\circ} 21' - 45^{\circ} 21' \text{ W}$) abrangendo extensas áreas sujeitas a inundações. A região é formada pela tensão ecológica entre as formações de cocais ao Sul; cerrado a Leste; floresta Amazônica a Oeste e sistemas marinhos a Norte. Além do maior conjunto de bacias lacustres do nordeste brasileiro, a região abrange as bacias hidrográficas dos rios Mearim, Pindaré, Grajaú, Pericumã e outros menores e, também, é detentora de uma rica biodiversidade devido a sua localização geográfica e do pulso de inundação ao qual parte de suas terras está submetida (Pinheiro *et al.* 2010). Apesar de sua riqueza natural, os trabalhos de levantamento de flora são poucos e representam uma pequena parte da área (Pinheiro *et al.* 2005; Pinheiro *et al.* 2010; Martins & Oliveira 2011; Pinheiro 2013) e os de fauna são incipientes, principalmente fauna terrestre, pois a maioria dos estudos são focados no ambiente aquático (Almeida *et al.* 2005; Soares 2005; Martins & Oliveira 2011).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), varia entre o tipo Am e Aw: clima tropical de monção e clima tropical com estação seca de inverno. A precipitação total anual varia entre 1000 e 2000 mm e caracteriza-se por um aumento gradual a partir de dezembro, alcançando seu máximo nos meses de fevereiro a maio (estação chuvosa) e mínimos em setembro a novembro (estação seca). As temperaturas médias anuais são superiores a 26°C . As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de setembro a novembro, e as mais baixas, entre maio a julho (DCA 2013).

As áreas de estudo estão localizadas nos municípios de Peri-Mirim (Parque Agroecológico de Buritirana, $2^{\circ}38'\text{S}$ $44^{\circ}50'\text{O}$), Penalva (Fazendas Canadá e Boa Esperança, conhecida também

como Real Lodge, 3°17'S 45°07'O) e Vitória do Mearim (Fazenda Coque, 3°32'S 44°57'O) (Fig 1). Estas áreas foram escolhidas por estarem localizadas em três bacias hidrográficas diferentes, as quais são a bacia do Rio Pindaré, bacia do Rio Mearim e zona costeira Nordeste Ocidental, que inclui a bacia do Rio Pericumã.

As unidades da paisagem da Baixada Maranhense presentes nas áreas de estudo, segundo a classificação de Pinheiro *et al.* (2010), são: Lagos, campos inundáveis, campos não-inundáveis, igapós, tesos e terra firme, em diferentes proporções entre elas.

As tipologias vegetais seguiram a classificação de Pinheiro *et al.* (2010). Foram observadas nas unidades de paisagem da área de Vitória do Mearim remanescentes de florestas primárias, caracterizadas pela pouca interferência humana com matas de galeria características das margens de pequenos cursos d'água e nascentes, com vegetação higrófila característica, representados por indivíduos de Juçara (*Euterpe oleracea* Mart.), o Guarimã do Mato (*Ischnosiphon arouma* (Aubl.) Körn.), Bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.) e várias espécies de Araceae, Heliconiaceae e Musaceae; em menor proporção encontramos matas de igapó, nas margens dos campos inundáveis, matas secundárias, babaquais (florestas monoespecíficas de Babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), em formações quase puras ou associadas às capoeiras) e macrófitas aquáticas durante o período de inundação dos campos herbáceos.

A área de Penalva apresenta em maior proporção as tipologias vegetais de campos herbáceos, as quais ficam inundadas por um longo período, formando grandes lagos, que propiciam o desenvolvimento de macrófitas aquáticas; também apresenta matas secundárias nas áreas de terra firme, com destaque para presença de remanescentes arbóreos de grande porte, como Cajazinho (*Spondias mombin* L.) e espécies do gênero *Handroanthus* (Forzza *et al.* 2015). Apresenta também nas margens dos campos mata de igapó, composta por espécies como Marajá (*Bactris brongniartii* Mart.) e Arariba (*Symmeria paniculata* Benth.), e em menor

proporção área de babaçuais.

A tipologia vegetal da área de Peri Mirim é predominantemente formada por matas secundárias nas áreas de terra firme, com considerável número de espécies arbóreas, como Jeniparana (*Gustavia augusta* L.), espécies do gênero *Coccoloba*, *Inga* e palmeiras de Tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), mas a maioria dos indivíduos encontra-se em estágios iniciais de desenvolvimento (juvenis), apresentando como indivíduos com maior diâmetro as palmeiras de babaçu. Em menor proporção apresenta campos herbáceos, cobertos por ervas da família Poaceae e com arbustos de Mata Pasto (*Senna alata* (L.) Roxb.), esses locais são submersos em parte por uma pequena lâmina d'água durante o período chuvoso; nos pontos onde a lâmina d'água apresenta maior profundidade encontra-se manchas de mata de igapó. Também apresenta áreas de babaçuais nas localidades de maior interferência humana (agropecuária) e nas propriedades adjacentes que compõem a unidade da paisagem dessa área.

Os ninhos-armadilha consistiram de duas peças de madeira, com dimensões de 15 x 30 x 130 mm. De forma que quando as duas peças estão unidas forma-se, longitudinalmente, um orifício, que pode variar em diâmetro, conforme o interesse do estudo. As duas peças foram mantidas unidas por fita adesiva, para que quando os ninhos fossem fundados pudessem ser abertos facilmente, permitindo a observação da estrutura interna. Foram confeccionados ninhos com os seguintes diâmetros 4, 6, 8, 10, 13 e 15 mm.

Os conjuntos de unidades amostrais consistiram de um bloco composto por 12 ninhos-armadilha, sendo dois de cada diâmetro distribuídos aleatoriamente, inseridos dentro de tubo retangular de PVC (policloreto de vinila), para protegê-los da chuva e do sol (Fig 2). As unidades foram fixadas diretamente no tronco das árvores com corda sintética, a uma altura aproximada de 1,50 m em relação ao solo.

O estudo foi realizado em três áreas da Baixada Maranhense. Em cada área foram demarcados, com auxílio de GPS, três transectos, cada um com 500 m de comprimento. A

cada 100 m foi instalado um conjunto amostral no sub-bosque, totalizando 6 conjuntos por transecto (Fig 3). Desta forma, foram disponibilizados 18 conjuntos amostrais por área estudada. Cada conjunto amostral foi composto por 12 ninhos-armadilha, sendo dois de cada diâmetro, totalizando 648 ninhos-armadilha distribuídos nas três áreas de estudo.

Os ninhos-armadilha foram inspecionados uma vez por mês, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014, totalizando 12 meses de amostragem. Os ninhos concluídos, ocupados e operculados foram registrados, numerados, fotografados e levados para o Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores-LESPP do Departamento de Biologia da UFMA. Cada ninho fundado foi substituído por uma peça vazia do mesmo diâmetro para manter a oferta de cavidades nas áreas.

No laboratório, os indivíduos emergidos foram sacrificados em câmara mortífera, montados em alfinete entomológico, etiquetados e depositados na Coleção do LESPP. A identificação foi feita com auxílio de chaves de identificação, tendo a confirmação sido feita por especialistas da área.

O grau de semelhança na composição da fauna entre as áreas foi analisado através do índice de similaridade binário de Jaccard. O índice de Jaccard utiliza a seguinte fórmula:

$$J = \frac{a}{a + b + c} \times 100$$

em que: a = número de espécies presentes em ambas as áreas; b = número de espécies presentes na área 1 e ausentes na área 2; c = número de espécies presentes na área 2 e ausentes na área 1.

A análise da distribuição da abundância das espécies foi realizada através da confecção de um gráfico de ranking/abundância ou plot de abundância de Whittaker para cada área e foram comparados para saber o quão similares são as espécies em suas abundâncias, através do Programa R (Versão 3.1.2). Para descrever e explicar as abundâncias relativas das espécies na

comunidade alvo os gráficos foram comparados com os modelos de abundância de espécies descritos na literatura, e os que tiveram comportamento semelhantes foram analisados através de teste de qualidade de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras, através do programa Excel, do pacote Microsoft Office (2011), com suplemento Action (Versão 2.8). Para a estimativa da riqueza de espécies de abelhas foi utilizado o programa EstimateS (Versão 9.1.0) (Colwell *et al.* 2004; Colwell 2013). O número total de espécies observadas em toda amostra (S_{obs}) é representado por uma curva acumulativa de espécies, plotada em um gráfico que evidencia o esforço amostral empregado. Baseado no comportamento desta curva pode-se prever o número de espécies que ainda não foi observado para a área. Os estimadores utilizados foram: ACE e ICE - os dois são baseados no índice de cobertura - o primeiro no conceito de abundância e utiliza para as estimativas de riqueza, as espécies com dez ou menos indivíduos por amostra, que não são espécies com um indivíduo (singletons) e, o segundo é baseado em incidência, utilizando espécies encontradas em 10 ou menos amostras, que não são encontradas em apenas uma única amostra (uniques) (Lee & Chao 1994). Os dados foram aleatorizados 9999 vezes. Com a aleatorização, o efeito de ordem da amostra pôde ser removido.

Resultados

Foram coletados 518 ninhos, sendo 239 (46,1%) de abelhas. Do número total de ninhos de abelhas, 140 (58,5%) se encontram com todos os indivíduos emergidos e o restante de 99 (41,4%) ainda em fase de acompanhamento. Dos 239 ninhos, 69 são de Apinae (28,8%) e 170 de Megachilinae (71,1%)(Tab. I).

Dos ninhos coletados, emergiram 512 indivíduos, incluindo os parasitas. Do número total de indivíduos, a subfamília Apinae foi representada por 196 indivíduos (38,2%), e Megachilinae por 316 (61,7%). Os parasitas corresponderam a 10,7% ($n = 55$), e estão representados pelo

Coleoptera *Tetraonyx sexguttatus* 0,5% (n = 3)(Meloidae), uma espécie de Coleoptera da família Meloidae (ainda não identificada) 2,9% (n = 15), duas espécies de Coleoptera também não identificados 0,3% (n = 2), algumas espécies de abelhas parasitas da subfamília Megachilinae como *Coelioxys otomita* 2,7% (n = 14), *Coelioxys simillima* 0,7% (n = 4), *Coelioxys tolteca* 0,7% (n = 4), *Coelioxys (Acrocoelioxys)* sp. 0,1% (n = 1) e a abelha parasita da subfamília Apinae *Mesocheira bicolor* 1,3% (n = 7), lepidópteras, um da família Pyralidae 0,1% (n = 1), e outro não identificado 0,3% (n = 2) e um Diptera da família Phoridae não identificado 0,3% (n = 2)(Tab. I).

Foram coletadas oito espécies de Apinae, sendo sete fundadoras e uma espécie parasita. Para Megachilinae foram encontradas 17 espécies, sendo 13 espécies fundadoras e quatro parasitas (Tab. I).

As espécies de abelhas coletadas nos ninhos-armadilha foram: *Centris (Hemisiella)* sp. (J S Moure), *Centris (Hemisiella) tarsata* (F Smith), *Centris (Hemisiella) dichrotricha* (J S Moure), *Centris* sp. (J C Fabricius), *Euglossa (Euglossa)* cf. *gaianii* (R L Dressler), *Euglossa (Euglossa) cordata* (C Linnaeus), *Euglossa (Euglossa) modestior* (R L Dressler), *Euglossa (Euglossa) townsendi* (T D A Cockerell), *Euglossa* sp. (P A Latreille), *Hypanthidium maranhense* (D Urban), *Megachile (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 1 (T B Mitchell), *Megachile (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 2 (T B Mitchell), *Megachile (Chrysosarus)* sp. 3 (T B Mitchell), *Megachile (Melanosarus) brasiliensis* (C G Dalla Torre), *Megachile (Melanosarus) nigripennis* (M Spinola), *Megachile (Zonomegachile) moderata* (F Smith), *Megachile (Pseudocentron) stilbonotaspis* (J S Moure), *Megachile (Pseudocentron) lobitarsis* (J S Moure), *Megachile (Ptilosarus)* sp. (T B Mitchell), *Megachile (Neochelynia)* aff. *brethesi* (C Schrottky), *Megachile (Neochelynia)* sp. (C Schrottky), *Megachile (Austromegachile) sejuncta* (T D A Cockerell), *Megachile* sp. (P A Latreille). As espécies *Megachile* sp., *C. (Hemisiella)* sp. e *M. stilbonotaspis* apresentaram o maior número de ninhos respectivamente,

e as espécies *C. (Hemisiella)* sp., *M. stilbonotaspis* e *M. sejuncta* o maior número de indivíduos respectivamente. As espécies *Centris* sp., *Euglossa* sp. e *Megachile* sp. não tiveram nenhum um indivíduo emergido, além de parasitas, mas devido a arquitetura e material de construção dos ninhos foi possível identificar com segurança apenas até gênero (Tab. I).

Dos 239 ninhos de abelhas, 46 ninhos (19,2%) estavam parasitados. As espécies de abelhas parasitas foram *Coelioxys otomita* nos ninhos das espécies *M. stilbonotaspis*, *M. brasiliensis*, *M. moderata*, *M. (Ptilosarus)* sp., *Megachile* sp. e *C. (Hemisiella)* sp.; *Coelioxys simillima* nos ninhos das espécies *M. stilbonotaspis* e *Megachile* sp.; *Coelioxys tolteca* nos ninhos de *M. moderata* e *Megachile* sp.; *C. (Acrocoelioxys)* sp. no ninho de *M. (Chrysosarus)* sp. 3; *Mesocheira bicolor* nos ninhos de *C. (Hemisiella)* sp. Outros parasitas foram encontrados, tais como o coleóptero *Tetraonyx sexguttatus*, parasitando ninhos *C. (Hemisiella)* sp.; um coleóptero da família Meloidae não identificado, parasitando ninhos de *M. stilbonotaspis*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 2, *M. (Chrysosarus)* sp. 3 e *Megachile* sp.; e duas espécies de coleópteros não identificadas parasitando ninhos de *M. nigripennis* e *Megachile* sp. Uma espécie de lepidóptera da família Pyralidae foi encontrado parasitando ninho *Megachile* sp. e outra espécie de lepidóptera não identificado foi registrado também parasitando ninho de *Megachile* sp. Alguns dípteros pertencentes a família Phoridae emergiram dos ninhos de *Megachile* sp., mas aparentemente sem causar nenhum dano físico a estrutura do ninho, pois suas pupas foram encontradas presas às folhas externas que compõe a estrutura do ninho. As abelhas utilizaram todos os diâmetros de ninhos-armadilha oferecidos. Os ninhos-armadilha com maior porcentagem de nidificação foram aqueles com diâmetro de 10 (25,9%), 8 (25,5%), 13 (19,2%) e 6 mm (17,9%). Foi observado que os orifícios de 4 mm foram utilizados por *H. maranhense* (100%), *M. (Ptilosarus)* sp. (50%), *M. (Neochelynia)* sp. (33,3%) e *Megachile* sp. (2,3%), os de 15 mm foram, preferencialmente, utilizados por *E. cf.*

gaianii (100%), *E. cordata* (18,1%), *E. townsendi* (100%), *M. (Chrysosarus) aff. turpis* sp. 1 (33,3%), *M. nigripennis* (30,0%), *M. moderata* (12,5%), *M. lobitarsis* (50,0%), *M. sejuncta* (7,6%) e *Megachile* sp. (5,8%). As espécies *M. stilbonotaspis* (50,0%) e *Centris* sp. (45,4%) nidificaram, preferencialmente, em ninhos-armadilha de 8 mm de diâmetro, enquanto que *C. (Hemisiella)* sp. (46,8%), em ninhos-armadilha de 6mm de diâmetro. *M. moderata* e *M. sejuncta* nidificaram em ninhos-armadilha de 10 mm de diâmetro (50,0% e 46,1% respectivamente) e *E. cordata* (45,4%) em ninhos-armadilha de 13 mm. Apenas *Megachile* sp. utilizou todos os diâmetros ofertados, com preferência para os diâmetros de 8 e 10mm (29,4%). *E. cordata* e *M. sejuncta* não utilizaram apenas o diâmetro de 4mm, com preferência para o diâmetro de 13mm (45,4%) e 10mm (46,1%), respectivamente. *M. nigripennis* utilizou quatro diâmetros de ninhos-armadilhas, 8, 10, 13 e 15mm com nenhuma preferência entre eles. Em relação às outras espécies de abelhas não foi possível observar alguma preferência. Mais de 40% dos ninhos de abelhas ocorreram na área de Vitória do Mearim seguido por Peri Mirim com 33,0% e Penalva com 26,3%. Com relação ao número de indivíduos ocorreu a mesma sequência das áreas na seguinte proporção 41,9%, 31,5% e 26,4% (Tab. I).

Em relação ao número de espécies fundadoras, ocorreram dez na área de Peri Mirim, 17 na área de Vitória do Mearim e 15 na área de Penalva.

Comparando-se a composição de espécies entre as áreas estudadas, observou-se que houve pouca sobreposição, como indicado pelos coeficientes de similaridade de Jaccard, que foi de $J = 47,05$ entre as áreas de Peri Mirim e Penalva; de $J = 28,57$ entre as áreas de Peri Mirim e Vitória do Mearim; e de $J = 34,78$ entre Penalva e Vitória do Mearim.

Das 20 espécies de abelhas fundadoras apenas quatro (*C. (Hemisiella)* sp., *M. stilbonotaspis*, *M. sejuncta* e *Megachile* sp.) foram comuns a todas as áreas. Além das quatro espécies em comum, nas áreas de Vitória do Mearim e Peri Mirim houve a sobreposição de mais duas espécies, *Centris* sp. e *M. brasiliensis*, enquanto, entre Vitória do Mearim e Penalva, outras

quatro foram comuns, *H. maranhense*, *M. (Chrysosarus)* sp., *M. lobitarsis* e *M. (Ptilosarus)* sp. Por outro lado, Peri Mirim e Penalva também compartilharam outras quatro espécies, a saber: *E. cordata*, *E. modestior*, *Euglossa* sp. e *M. moderata*.

Das 17 espécies que nidificaram em Vitória do Mearim seis foram exclusivas - *C.*

dichrootricha, *E. cf. gaianii*, *E. townsendi*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 2, *M. nigripennis* e *M. (Neochelynia)* sp., enquanto *C. tarsata* e *M. (Neochelynia)* aff. *brethesi* nidificaram somente na área de Penalva e nenhuma espécie foi exclusiva da área de Peri Mirim (Tab. I). Apesar da composição entre as áreas ter sido diferente, os gráficos de ranking/abundância demonstram que a distribuição da abundância entre as espécies de cada área foram semelhantes, com uma espécie abundante, um pequeno número de espécies intermediárias e um larga proporção de espécies “raras”, demonstrando uma distribuição uniforme das abundâncias, ou seja, com baixa dominância. Entretanto, existe uma pequena diferença no número de ninhos da espécie mais abundante de cada área, na qual a área de Vitória do Mearim é a maior. E o número de espécies “raras” na área de Peri Mirim foi o menor de todos (Fig 4).

O teste de qualidade de ajuste (Kolmogorov-Smirnov de duas amostras) para uma distribuição de série logarítmica não deu significativa ($P \gg 0,05$) para nenhuma das áreas de estudo, ou seja, não existe diferença significativa entre a distribuição observada e a esperada, portanto, a distribuição observada segue o modelo de distribuição da série logarítmica (Fig 5).

Em todas as áreas, as estimativas de riqueza das espécies de abelhas foram superiores ao observado, sendo que a maior diferença foi na área de Vitória do Mearim, em que foram encontradas 17 spp. (S Means VM) e a estimativa foi de aproximadamente 32 spp. do estimador ICE. A menor diferença foi na área de Peri Mirim em que foram encontradas 10 spp. (S Means PM) e a estimativa foi de aproximadamente 11 spp. do estimador ACE. O estimador ACE nas áreas de Penalva e Vitória do Mearim acrescentou cerca de seis espécies

ao que foi encontrado. O estimador ICE nas três áreas estimou mais espécies do que o estimador ACE (Fig 6).

No grupo de estudo, as curvas de acumulação de espécies observadas (S Means) não tenderam a estabilidade nas três áreas bem como as curvas dos dois estimadores utilizados. A curva do estimador ICE das três áreas estudadas apresentou um acentuado crescimento inicial, mas diminuiu conforme o aumento do número de amostras, chegando em alguns momentos apresentar uma tendência a estabilizar, mas com o acréscimo das amostras essa tendência mudou. As curvas dos estimadores ACE foram as que mais se assemelharam ao comportamento da curva de acumulação de espécies, principalmente a da área de Penalva. Do total de espécies de abelhas coletadas em Peri Mirim, duas espécies fundaram um único ninho (*Euglossa* sp. e *M. sejuncta*) e uma espécie com somente dois ninhos (*E. modestior*). Quatro espécies foram encontradas em somente uma amostra (*Euglossa* sp., *E. modestior*, *M. stilbonotaspis* e *M. sejuncta*) e nenhuma espécie em apenas duas amostras (2 singletons, 1 doubletons, 4 uniques e 0 duplicates).

Na área de Penalva, seis espécies fundaram um único ninho (*Centris* sp., *C. (Hemisiella)* sp., *C. tarsata*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 1, *M. lobitarsis* e *M. (Neochelynia)* aff. *brethesi*) e quatro espécie com somente dois ninhos (*Euglossa* sp., *M. (Chrysosarus)* sp. 3, *M. moderata* e *M. sejuncta*). Oito espécies foram encontradas em somente uma amostra (*Centris* sp., *C. (Hemisiella)* sp., *C. tarsata*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 1, *M. lobitarsis*, *M. (Neochelynia)* aff. *brethesi*, *M. (Chrysosarus)* sp. 3 e *M. sejuncta*) e quatro espécies em duas amostras (*Euglossa* sp., *H. maranhense*, *M. moderata*, *E. modestior*, *M. stilbonotaspis*, *M. (Ptilosarus)* sp. e *M. sejuncta*) (6 singletons, 4 doubletons, 8 uniques e 4 duplicates).

Em Vitória do Mearim, cinco espécies fundaram um único ninho (*C. dichrootricha*, *E. cf. gaianii*, *M. brasiliensis*, *M. lobitarsis* e *M. (Ptilosarus)* sp.) e quatro espécie com somente dois ninhos (*E. townsendi*, *H. maranhense*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 1 e *M.*

(*Chrysosarus*) aff. *turpis* sp. 2). Nove espécies foram encontradas em somente uma amostra (*Centris* sp., *C. (Hemisiella)* sp., *C. dichrootricha*, *E. cf. gaianii*, *E. townsendi*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 2, *M. brasiliensis*, *M. lobitarsis* e *M. (Ptilosarus)* sp.) e quatro espécies em duas amostras (*H. maranhense*, *M. (Chrysosarus)* aff. *turpis* sp. 1, *M. (Chrysosarus)* sp. 3 e *M. (Neochelynia)* sp.).

No grupo de estudo analisado, o número de espécies encontradas em somente uma amostra (uniques) sempre foi superior ao número de espécies em duas amostras (duplicates), com um único ninho (singletons) e com dois ninhos (doubletons)(5 singletons, 4 doubletons, 9 uniques e 4 duplicates).

Discussão

No presente estudo, a riqueza de espécies de abelhas (25 espécies de abelhas, sendo 20 fundadoras) foi relativamente alta quando comparada com outros trabalhos que, ao contrário deste, tiveram um esforço e um período amostral maiores (Tab II).

O número de espécies de abelhas nas áreas de estudo foi inferior àquele encontrado por Camillo *et al.* (1995) e Morato & Martins (2005); maior que o encontrado por Morato & Campos (2000), Morato (2001), Viana *et al.* (2001), Aguiar & Martins (2002), Aguiar *et al.* (2005a,b), Buschini (2006), Loyola & Martins (2006), Woiski (2009) e Gazola & Garófalo (2009a,b) (Tab. II). Essa diferença no número de espécies de abelhas pode ser explicada, dentre outros motivos, pela diferenças regionais e geográficas dos habitat e, possivelmente, por serem áreas de mata preservada com maior riqueza de espécies vegetais do que as áreas abertas (Viana *et al.* 2001) e fragmentos urbanos (Buschini 2006; Loyola & Martins 2006; Woiski 2009). Tschardt *et al.* (1998) encontraram uma correlação positiva entre a riqueza e a abundância de abelhas solitárias com a riqueza de espécies das plantas nos habitats por eles estudados. Segundo Woiski (2009), alguns autores têm enfatizado a dificuldade em comparar

dados entre estudos que abordam espécies de abelhas solitárias que nidificam em ninhos-armadilha, principalmente, no que se refere à riqueza de espécies, o que leva a necessidade de um cuidado maior com a interpretação destes dados (Aguiar *et al.* 2005). As razões para tais dificuldades são devidas a diversos fatores, tais como o material utilizado para confecção do ninho-armadilha (Bosch 1995), diâmetros disponibilizados (Vandenberg 1995), número de ninhos-armadilha e período de amostragem (Camillo *et al.* 1995; Assis & Camillo 1997; Morato & Campos 2000; Morato 2001; Viana *et al.* 2001; Aguiar & Martins 2002; Aguiar *et al.* 2005; Buschini 2006; Loyola & Martins 2006; Buschini & Woiski 2008, Woiski 2009), altura dos ninhos em relação ao solo (Morato 2001), o nível de exposição solar dos ninhos (Frankie *et al.* 1988; Jesus & Garófalo 2000; Couto & Camillo 2007), disponibilidade de cavidades pré-existentes no ambiente (Viana *et al.* 2001), além das diferenças devidas à própria composição e abundância das espécies de cada ambiente estudado (Aguiar & Martins 2002; Alves-dos-Santos 2003). A grande variação em cada um desses fatores implica em um maior cuidado com as comparações e as respectivas interpretações existentes.

Apesar dessas variáveis, os estudos têm demonstrado que, em geral, ambientes de floresta apresentam uma riqueza de espécies maior do que áreas abertas (vide Tab II).

Confrontando os dados sumariados na Tabela II, pode-se observar que dentre os vários fatores que podem influenciar na riqueza de espécies entre vegetações similares, o número de ninhos-armadilha ofertados e o período de amostragem parecem ser os mais determinantes.

Entretanto, há de se considerar o ambiente amostrado e a própria distribuição das espécies.

Outros fatores que poderiam aumentar o número de espécies de abelhas amostradas seriam a variação vertical na disponibilidade de ninhos, uma vez que todos foram dispostos a 1,5 m do solo. Morato (2001) encontrou que a riqueza de espécies de abelhas em ninhos a 15m do solo foi duas vezes maior do que a encontrada em ninhos a 1,5m e Mendes & Rêgo registraram maior porcentagem de ninhos a alturas de 5 a 12 m comparados também a 1,5m. De acordo

com Roubik *et al.* (1982), esse padrão é provavelmente devido à grande disponibilidade de recursos florais no dossel. Wolda & Roubik (1986) observaram que algumas espécies de abelhas voam em diferentes alturas nas florestas tropicais.

A composição de espécies de abelhas obtida no presente estudo registra pela primeira vez a nidificação em ninhos-armadilha de *M. moderata*, *M. sejuncta*, *M. stilbonotaspis*, *M. lobitarsis* e *H. maranhense*. Além disso, todas as espécies de *Megachile* constituem novos registros para o estado do Maranhão. As abelhas parasitas *C. tolteca* e *C. otomita* são novos registros para o bioma Amazônia, enquanto *M. sejuncta* é novo registro para o Brasil, pois de acordo com o catálogo de abelhas Moure, somente havia registro para a Bolívia, contribuindo para conhecimento da diversidade e padrão de distribuição dessas espécies.

Das 20 espécies de abelhas fundadoras apenas *C. tarsata* foi comum com o estudo realizado por Camillo *et al.* (1995), Viana *et al.* (2001) e Aguiar & Martins (2002), sendo também coletada por Mendes & Rêgo (2007), no nordeste do Maranhão. Diferente da maioria dos outros trabalhos que apontam as espécies de *Centris* como as mais abundantes, as espécies de *Megachile* foram as mais abundantes, conforme também representado pelos trabalhos de Morato na Amazônia. Com destaque para *M. stilbonotaspis* que foi a mais abundante no presente estudo. Importante ressaltar que a comparação da similaridade da fauna com outros trabalhos é muito prejudicada devido ao grande número de espécies ainda não identificadas ou confirmadas, tanto no presente estudo, como nos outros que comparamos. Outra dificuldade é que alguns grupos de abelhas ainda apresentam sérios impedimentos taxonômicos devido à falta de revisões, dificuldade de interpretação de alguns caracteres diagnósticos, ausência de exemplares de referência para comparação e muitos tipos depositados em coleções no exterior.

Embora *Centris (Hemisiella) vittata* tenha sido reportada nidificando em cavidades naturais em áreas de Cerrado no nordeste do estado do Maranhão (Ramos *et al.* 2007, 2010) e regiões

de Cerrado do estado de São Paulo (Camillo *et al.* 1995; Garófalo 2000a,b), e também em outros estudos com ninhos-armadilha em áreas de florestas tropicais (Frankie *et al.* 1988, 1993; Thiele 2005), essa espécie não foi amostrada no presente estudo.

Como mencionado acima, poucas foram as espécies em comum com outras áreas já estudadas, sugerindo que a composição local é provavelmente resultante dos diferentes padrões de distribuição geográfica das espécies, embora as áreas também apresentem diferenças na fitofisionomia.

O coeficiente de similaridade da composição das espécies entre as áreas estudadas foi baixo entre cada uma delas, apresentando o maior valor para as áreas de Peri Mirim e Penalva ($J = 47,05$) e menor valor entre as áreas de Peri Mirim e Vitória do Mearim ($J = 28,57$). Estudos mais antigos destacam que a fisionomia da vegetação é muito importante para a diversidade e composição de insetos em uma determinada comunidade (Heithaus 1979). Moldenke (1975) revelou que as comunidades de plantas que são espacialmente mais próximas, mas apresentam diferentes fisionomias de vegetação têm diferentes faunas de abelhas; por outro lado, as comunidades que estão geograficamente distantes, mas com estruturas fisionômicas semelhantes, são muito semelhantes na composição de espécies de abelhas. Loyola & Martins (2008) verificaram a associação entre a composição da comunidade de abelhas e vespas e a estrutura da comunidade vegetal. A partir das observações acima podemos inferir que provavelmente a fisionomia e a estrutura comunidade vegetal das áreas de Peri Mirim e Penalva são mais semelhantes entre si quando comparadas com a área de Penalva, mas somente a partir de estudos de fisionomia vegetal dessas áreas, poderemos fazer tal afirmação. Por outro lado, outros estudos também apontam para uma grande variação na composição da comunidades de abelhas em habitats muito semelhantes e próximos uns dos outros (ver Herrera 1988; Minckley *et al.* 1999; Williams *et al.* 2001).

Quanto à utilização de diferentes diâmetros dos ninhos-armadilha nas áreas de estudo existe

uma grande dificuldade na discussão desses dados, devido principalmente a dois fatores: o primeiro relacionado a baixa similaridade da composição de espécies com outros estudos, como mencionado anteriormente, e segundo aos poucos estudos que exploraram a preferência das espécies por diâmetro. Excetuando-se as espécies de *Euglossa*, que são primitivamente sociais, as demais espécies de abelhas, provavelmente, selecionam diâmetros que melhor se ajustem ao seu porte corporal de modo que orifícios muito maiores envolvem um maior gasto energético para acomodar a célula e preencher os espaços excedentes com material. Conforme Coville *et al.* (1983), o arranjo das células em ninhos de *Centris* (*Heterocentris*) Cockerell, 1899 e *C. (Xanthemisia)* Moure, 1945 está relacionado com a limitação espacial das cavidades. A única espécie para qual existe uma discussão sobre uma possível preferência de diâmetro é *C. tarsata*, mas registramos apenas um único ninho dessa espécie em cavidades de 8mm (Silva *et al.* 2001; Aguiar & Martins 2002).

Neste estudo, constatou-se que as abelhas, de modo geral, fundaram ninhos mais frequentemente na área de Vitória do Mearim (40,5%). Esse resultado foi fortemente influenciado pelas seis espécies que somente ocorreram nessa área, sendo a área com o maior número de espécies exclusivas e maior número de ninhos fundados.

Morato & Campos (2000) também verificaram a preferência das abelhas, embora pouco acentuada, para fundarem mais ninhos nas áreas mais conservadas, como no caso da mata contínua e nas clareiras naturais, em relação aos fragmentos de mata. Frankie *et al.* (1988), na Costa Rica, relatam que dentre as cinco espécies de *Centris* que fundaram ninhos somente *C. analis* não apresentou uma preferência entre formações abertas e áreas de mata, sendo que as demais nidificaram preferencialmente em áreas de mata sombreada, provavelmente, devido às temperaturas mais amenas nestes ambientes. Tal preferência pode estar associada a maior sensibilidade das abelhas à fragmentação, podendo estar associada à diminuição de fontes de alimento, à falta de locais adequados para a nidificação nos ambientes mais alterados, ou às

restrições impostas por seus limites de tolerância a fatores ambientais, como temperatura (Parker 1986). Morato & Campos (2000) também discutem que fragmentos de mata devem apresentar menor diversidade vegetal quando comparados com porções de mata contínua, pois muitas espécies vegetais podem estar ausentes, acarretando em um menor número de recursos disponíveis para essas abelhas, fazendo com que procurem outras fontes de alimento e tenham que competir com outras espécies que exploram de forma mais eficiente estas mesmas fontes. Embora não excluam essas espécies deste ambiente, esse pode ser um fator da diminuição do tamanho das populações em fragmentos pequenos.

Porém, a ocorrência de algumas espécies parece não ser influenciada por esses fatores, como é o caso de *C. tarsata*, que nidificou em maior número em áreas de eucaliptal quando comparado a áreas de mata ciliar e mesofítica (Mendes & Rêgo 2007) e *C. analis* e *Tetrapedia diversipes* que nidificaram em maior abundância em áreas antropogênicas (Camillo *et al.* 1995). Aguiar & Martins (2002) também observaram que *C. analis* e *C. tarsata* ocorreram com uma maior abundância nas áreas de transição ecológica (ambientes abertos) entre vegetação savânica típica de tabuleiros e Mata Atlântica secundária e *Tetrapedia diversipes* não ocorreu na área fechada (florestada). Morato & Campos (2000) registraram maior abundância de *C. analis* em áreas abertas, onde a vegetação florestal nativa foi derrubada. No nordeste do Brasil, *C. tarsata* nidifica em maior abundância em ambientes ensolarados e quentes de vegetação aberta (Aguiar & Garófalo 2004), como em ambiente de dunas (Viana *et al.* 2001; Silva *et al.* 2001) e na fitofisionomia da caatinga (Aguiar & Martins 2002).

A consonância da distribuição de abundância encontrada com a distribuição de abundância prevista pelo modelo de série logarítmica encontrada neste estudo, também já foi encontrada para diversos grupos de artrópodes (Nentwig 1993; Rebêlo & Garófalo 1997; Gusmão & Creão-Duarte 2004; Medonça Jr. *et al.* 2009). É esperado que a distribuição de abundâncias

das espécies siga uma série logarítmica quando espécies chegam a um habitat não saturado em intervalos aleatórios de tempo, e ocupam frações nos espaços de nicho restante (Boswell & Patil 1971; May 1975). A distribuição de abundância prevista pela série logarítmica implica que será mais aplicável em situações em que um ou poucos fatores dominam a ecologia da comunidade (Magurran 2004). Por exemplo a abundância de espécies da flora rasteira em uma floresta de coníferas, onde a luz é limitada, segue uma distribuição de série logarítmica (Magurran 1988).

É teoricamente possível estimar o aumento esperado para a riqueza de espécies para uma amostragem adicional de N amostras que segue o modelo de série logarítmica. Contudo, uma vez que a distribuição série logarítmica sempre prediz que a maior classe será aquela representada por um único indivíduo, a estimativa de riqueza de espécies é não assintótica (não atinge um patamar), isto é, ela subirá conforme aumentar o número de indivíduos amostrados (Magurran 2004). Apesar disso, Colwell e Conddington (1994) dizem como é possível prever acuradamente o número de espécies que será encontrado se a amostra for aumentada, através da equação da série logarítmica, no qual o valor do α – alpha (índice de diversidade da série logarítmica) permite encontrar o número de espécies que será encontrado com N de amostras diferentes.

Porém, as razões pelas quais uma comunidade apresenta sua curva de abundâncias ajustada a um modelo não estão claras (Putman 1994; Watkins & Wilson 1994; Cielo Filho *et al.* 2002). Também é importante lembrar que o fato de uma comunidade natural apresentar uma relação de abundância de espécies em consonância com a prevista por modelo específico, por si só não corrobora os pressupostos em qual modelo é embasado (Magurran 2004). A conclusão que se deve tirar em tal caso é simplesmente que o modelo série logarítmica não pode ser rejeitado e que investigações adicionais, possivelmente incluindo manipulação experimental, serão necessários para uma melhor compreensão da partição de nicho.

Porém, convém ressaltar que espécies do gênero *Megachile* parecem ser abundantes em ambientes amazônicos, sugerindo que estudos sobre a biologia dessas espécies, principalmente sobre a utilização de recursos florais, sejam realizados para melhor entendimento da distribuição dessas abelhas.

Para comparar diversidade entre comunidades é necessário que a distribuição de abundância em todas as comunidades tenha aderência a um único modelo. Quando isso não acontece é mais conveniente usar um método não paramétrico para estimativas de riqueza de espécies, como os estimadores de cobertura ACE e ICE. Considera-se estes estimadores como não paramétrico por que não são baseados no parâmetro de um modelo de abundância de espécies. A inspeção visual das curvas de acumulação de espécies de abelhas deste trabalho não se estabilizaram e nenhum dos estimadores utilizados também tendeu a estabilização, o que pode ser interpretado que o esforço amostral aplicado não foi suficiente para representar a comunidade. Entretanto, somente o uso da curva do coletor na definição do tamanho ótimo da amostra apresenta uma série de limitações, sendo uma delas a própria “inspeção visual” para determinar o “ponto onde se inicia o patamar” (Schilling & Batista 2008), pois como argumentado por Cain (1938), a visualização do patamar é fundamentalmente um artifício gráfico, pois depende da relação entre o comprimento dos eixos x e y (abscissas e ordenadas). Foi possível observar também que os valores encontrados pelo estimador ICE sempre foram maiores que as estimativas do ACE. O que levou esse comportamento dos estimadores foi o fato que o número de uniques foi maior em todas as áreas do que o número de singletons. Essa diferença foi gerada pois esses estimadores são baseados em conceitos diferentes. O ACE no conceito de abundância, dando maior peso a frequência dos indivíduos nas amostras, ou seja, os singletons e doubletons e o ICE no conceito de incidência, dando maior peso a frequência de ocorrência nas amostras, ou seja uniques e duplicates.

Os estimadores utilizados para a riqueza de abelhas variaram entre si e o estimador ACE não

nos informa nada muito além que a curva de acumulação espécies (Sobs) já nos diga. Uma comparação de ACE e ICE revela que as amostras de abelhas são heterogêneas, este padrão surge porque há muito mais espécies que aparecem em uma só amostra (Uniques) do que espécies representadas por um único ninho (singletons)(Chazdon *et al.* 1998), está heterogeneidade entre as amostras é esperado pois flutuações sazonais na frequência e abundância de nidificações de espécies que utilizam ninhos-armadilhas já foram observadas por Morato *et al.* (1999), Viana *et al.* (2001) e Melo & Zanella (2012) para diferentes habitats. Essas flutuações podem ser características regulares dessas espécies, podendo ser causadas por diversos fatores, como variações climáticas anuais, mortalidade natural diferenciada, perturbações em habitats marginais (Frankie *et al.* 1998) e disponibilidade de recursos durante o ano.

Também com relação aos estimadores utilizados, foi observado uma importante influência da agregação nos resultados. Isso pode ser percebido pois o número de espécies representadas por um só ninho (singletons) e o número de espécies representadas em uma única amostra (uniques) não são idênticos. Pois quando espécies apresentam distribuição aleatória, para um mesmo conjunto de amostras, o número de singletons e uniques são idênticos, assim como o número de doubletons e duplicates (Magurran 2004). Contudo, conforme a agregação aumenta, progressivamente mais espécies são detectadas em uma única amostra. O próprio método de estudo de ninhos-armadilhas e a biologia de algumas espécies de abelhas solitárias favorecem a agregação, principalmente quando estudos disponibilizam um grande número de ninhos-armadilhas em um mesmo conjunto amostral, ou seja, em um mesmo local. Chazdon *et al.* (1998) descobriu que a taxa com que novas espécies eram encontradas com o aumento do tamanho amostral era reduzida conforme a distribuição de espécies mudava de aleatório para progressivamente agregada e a medida de ACE foi especialmente sensível à agregação, já o estimador ICE teve melhor desempenho em níveis de agregação moderados.

Os resultados obtidos no presente estudo contribuíram para o entendimento da distribuição do grupo estudado, incrementando o conhecimento da fauna de abelhas que nidifica em ninhos-armadilha em áreas da Amazônia oriental. A grande riqueza e abundância de espécies da subfamília Megachilinae se destaca neste estudo e corrobora os resultados encontrados para o bioma Amazônia. O fato da distribuição do modelo da série logarítmica não ter sido diferente ao encontrado permite e facilita comparações com outros estudos que seguem o mesmo modelo de distribuição, pois o índice de diversidade da série logarítmica (α – alpha) permite comparações entre comunidades cujos esforços amostrais tenham sido desiguais. Nos casos em que a distribuição não tenha aderência ao mesmo modelo é mais conveniente o uso de um estimador como o ICE, que apresentou melhor comportamento para comunidades com amostras heterogêneas e distribuídas de forma agregada. A região estudada apresentou uma fauna rica e diversificada de abelhas solitárias que utilizam ninhos-armadilhas e a manutenção das unidades da paisagem e das tipologias vegetais compreendidas por elas é importante para a conservação da biodiversidade da Amazônia Maranhense.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro ao Projeto CBIOMA (nº 02986112); a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida; a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e LESPP pelo apoio logístico e técnico; aos especialistas Dr. Fernando Amaral Silveira (UFMG), Dra. Danúncia Urban (UFPR) e Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (UFPR) pela identificação das espécies e aos proprietários das áreas de estudo (Instituto Formação, Real Lodge e Família Muniz), pela permissão de coleta.

Referências

- Aguiar, A.J.C., Garófalo, C.A. & Almeida, G.F. 2005. Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** **22**(4): 1030-1038.
- Aguiar, C.M.L., Garófalo, C.A. & Almeida, G.F. 2006 Biologia de nidificação de *Centris* (Hemisiella) *trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia** **23**(2): 323-330.
- Aguiar, A.J.C. & Martins, C.F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilhas na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia** **19**(Supl. 1): 101-116.
- Aguiar, C.M.L. & Garófalo, C.A. 2004. Nesting biology of *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Revista Brasileira de Zoologia** **21** (3): 477-486.
- Almeida, I.C.S., Ferreira-Correia, M.M., Dourado, E.C.S. & Caridade, E.O. 2005. Comunidade Fitoplanctônica do Lago Cajari, Baixada Maranhense, no período de cheia. *Boletim do Laboratório de Hidrologia* **18**: 01-09.
- Alves-dos-Santos, I. 2003. Trap-nesting bees and wasps on the University Campus in São Paulo, Southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). **Journal of the Kansas Entomological Society** **76**: 328-334.
- Alves-dos-Santos, I. 2002. Comunidade, Conservação e Manejo: o caso dos polinizadores. **Revista de Tecnologia e Ambiente** **8**(2):35-57.
- Alves-dos-Santos, I. 2004. A biologia de nidificação de *Anthodiocetes megachiloides* Holmberg 1903 (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia** **21**: 739-744.
- Alves-dos-Santos, I., Melo, G.A.R., Rozen, J.G. 2002. Biology and Imature Stages of the Bee Tribe Tetrapediini (Hymenoptera: Apidae). **American Museum Novitates** **3777**: 1-45.

- 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.
- Batra, S.W.T. 1966. Social behavior and nest of some nomiine bees in Índia (Hymenoptera, Halictidae). **Insectes Sociaux** 13: 145-154.
- Bosch, J. 1995. Comparison of nesting material for the orchard pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). **Entomologia Generalis** 19: 285-289.
- Buschini, M.L.T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. **Apidologie** 37: 58-66.
- Boswell, M.T. & Patil, G.P. 1971. Chance mechanisms generating the logarithmic series distribution used in the analysis of number of species and individuals. p. 99-130. In: Patil, G.P., Pielou, E.C. & Waters, W.E. (Ed.). **Statistical ecology**. vol. 3, University Park, Philadelphia, PA: Pennsylvania State University Press.
- Buschini, M.L.T. & Woiski, T.D. 2008. Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. **Acta Zoologica** 89: 351-358.
- Cain, S.A. 1938. The species-area curve. **The American Midland Naturalist** 19:573-581.
- Camarotti-de-Lima, M.F. & Martins, C.F. 2005. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. **Neotropical Entomology** 34(3): 375-380.
- Camillo, E., Garófalo, C.A., Serrano, J.C. & Muccilo, G. 1995. Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos Armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). **Revista Brasileira de Entomologia** 39: 459-470.
- Chazdon, R.L., Colwell, R.K., Denslow, J.S. & Guariguata, M.R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. p. 285-309. In: Dallmeier, F. & Comiskey, J.A. (Eds.). **Forest biodiversity**

research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies. Paris, Parthenon Publishing.

Cielo Filho, R., Martins, F.R. & Gneri, M.A. 2002. Fitting abundance distribution models in tropical arboreal communities of SE Brazil. **Community Ecology** 3:169-180.

Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B** 345: 101-118.

Colwell, R.K., Mao, C.X. & Chang, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85: 2717-2727.

Colwell, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Disponível em: (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>). Acesso em 16/06/2013.

Couto, R.M. & Camillo, E. 2007. Influência da temperatura na mortalidade de imaturos de *Centris* (*Heterocentris*) *analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Iheringia, Série Zoológica** 97 (1): 51-55.

Coville, R.E., Frankie, G.W. & Vinson, S.B. 1983. Nests of *Centris segregata* (Hymenoptera: Anthophoridae) with a review of the nesting habits of the genus. **Journal of the Kansas Entomological Society** 56(2): 109-122.

DCA. 2013. Dados climatológicos do Nordeste do Brasil. Disponível em: <http://www.dca.ufpb.br> (acessado em 18 de Junho de 2013).

Equipe Estatcamp. 2014. Software Action. Estatcamp - Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. URL <http://www.portaction.com.br/>.

Frankie, G.W., Newstrom, L., Vinson, S.B. & Barthell, J.F. 1993. Nesting-habitat preferences of selected *Centris* bee species in Costa Rican dry Forest. **Biotropica** 25: 322-333.

Frankie, G.W., Vinson, S.B., Rizzardi, M.A., Griswold, T.L., O'Keefe, S. & Snelling, R.R.

1998. Diversity and abundance of bees visiting a mass flowering tree species in disturbed seasonal dry forest, Costa Rica. **Journal of the Kansas Entomological Society** 70(4): 281-296.
- Frankie, G.W., Vinson, S.B., Newstrom, L. & Barthell, J.F. 1988. Nest site and habitat preferences of Centris bees in the Costa Rican dry forest. **Biotropica** 20 (4): 301-310.
- Fernández, F. & Sharkey, M.J. (eds.). 2006. **Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical**. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., 894p.
- Forzza, R.C. *et al.* 2015. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/> (Acessado em 9 de Janeiro de 2015).
- Garófalo, C.A. 2000. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que utilizam ninhos armadilhas em fragmentos de matas do Estado de São Paulo. **Anais do Encontro sobre Abelhas** 4: 121-128.
- Gazola, A.L. & Garófalo, C.A. 2003. Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera: Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris* (Heterocentris) analis (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Journal of the Kansas Entomological Society** 76(2): 131-142.
- Gazola, A.L. & Garófalo, C.A. 2009. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the state of São Paulo, Brazil. **Genetics and Molecular Research** 8 (2): 607-622.
- Gusmão, M.A.B. & Creão-Duarte, A.J. 2004. Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 21 (3): 491-498.
- Heithaus, E.R. 1979. Community structure of neotropical flower-visiting bees and wasps: Diversity and phenology. **Ecology** 60: 190-202.

- Herrera, C.M. 1988. Variation in mutualisms: The spatial temporal mosaic of a pollinator assemblage. **Biological Journal of the Linnean Society** **35**: 95-125.
- Jayasingh, D.B., Freeman, B.E. 1980. The comparative population dynamics of eight solitary bees and wasps (Aculeata; Apocrita; Hymenoptera) trap-nested in Jamaica. **Biotropica** **12**: 214-219.
- Jesus, B.M.V. & Garófalo, C.A. 2000. Nesting behaviour of *Centris* (*Heterocentris*) *analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Apidologie** **31**: 503-515.
- Kevan, P.G. & Imperatriz-Fonseca, V.L. 2002. **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 313 p.
- Klein, A.M., Vaissière, B., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences** **274**: 303-313.
- Krombein, K.V. 1967. **Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates**. Washington, Smithsonian Institute Press, 570 p.
- Lasalle, J. & Gauld, I.D. 1993. **Hymenoptera and biodiversity**. CAB International, Wallingford, 348p.
- Lee, S.M. & Chao, A. 1994. Estimating population size via sample coverage for closed capture-recapture models. **Biometrics** **50**: 88-97.
- Linsley, E.G. 1958. **The ecology of solitary bees**. Hilgardia, Berkeley, US, v. 27, p. 543-599.
- Loyola, R.D. & Martins, R.P. 2006. Trap-Nest Occupation by Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera:Aculeata) in a Forest Urban Remnant. **Neotropical Entomology** **35**: 041-048.
- Loyola, R.D. & Martins, R.P. 2008. Habitat structure components are effective predictors of trap-nesting Hymenoptera diversity. **Basic and Applied Ecology** **9**: 735-742.

- Loyola, R.D. & Martins, R.P. 2011. Small-scale area effect on species richness and nesting occupancy of cavity-nesting bees and wasps. **Revista Brasileira de Entomologia** **55**(1): 69-74.
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Magurran, A.E. 2004. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Science Ltd, Blackwell Publishing company. 261p.
- Martins, M.B. & Oliveira, T.G. 2011. **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Belém: MPEG. 328p.
- May, R.M. 1975. Patterns of species abundance and diversity. p. 81-120. In: Cody, M.L. & Diamond, J.M. (Ed.). **Ecology and Evolution of Communities**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mendes, F.N. & Rêgo, M.M.C. 2007. Nidificação de *Centris* (Hemisiella) *tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** **51**(3): 382-388.
- Medonça Jr., M.S., Schwertner, C.F. & Grazia, J. 2009. Diversity of Pentatomidae (Hemiptera) in riparian forests of Southern Brazil: taller forests, more bugs. **Revista Brasileira de Entomologia** **53**(1): 121-127.
- Melo, R.R. & Zanella, F.C.V. 2012. Dinâmica de Fundação de Ninhos por Abelhas e Vespas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) em Área de Caatinga na Estação Ecológica do Seridó. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** **7**(4): 657-662.
- Michener, C.D. 1974. **The social behaviour of the bees. A comparative study**. Cambridge, Belknap Press, 404 p.
- Michener, C.D. 2000. **The bees of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Michener, C.D. 2007. **The bees of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 953 p.
- Minckley, R.L., Cane, J.H., Kervin, L. & Roulston, T.H. 1999. Spatial predictability and resource specialization of bees (Hymenoptera: Apoidea) at a superabundant, widespread resource. **Biological Journal of the Linnean Society** 67: 119-147.
- Moldenke, A.R. 1975. Niche specialization and species diversity along a California transect. **Oecologia** 21, 219-242.
- Morato, E.F. 2001. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na Amazônia Central. II. Estratificação vertical. **Revista Brasileira de Zoologia** 18(3): 737-748.
- Morato, E.F. & Campos, L.A.O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Zoologia** 17(2): 429-444.
- Morato, E.F., Garcia, M.V.B., Campos, L.A.O. 1999. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Zoologia** 16(4): 1213-1222.
- Morato, E.F. & Martins, R.P. 2006. An Overview of Proximate Factors Affecting the Nesting Behavior of Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera: Aculeata) in Preexisting Cavities in Wood. **Neotropical Entomology** 35(3): 285-298.
- Morato, E.F. & Martins, R.P. 2005. Diversidade e composição da fauna de vespas e abelhas solitárias do estado do Acre, Amazônia Sul-Occidental, p. 11-40. In: Drumond, P.M. (Org.). **Fauna do Acre**. Rio Branco: EDUFAC (Série Estudos e Pesquisas, 2), i+203 p.
- Nentwig, W. 1993. **Spiders of Panama - Biogeography, investigation, phenology, check list, key and bibliography of a tropical spider fauna**. Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida.
- Parker, F.D. 1986. Factors influencing mortality and nesting in managed populations of the

sunflower leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). **Environmental Entomology** **15** (4): 877-879.

Pereira, M., Garófalo, C.A., Camillo, E. & Serrano, J.C. 1999. Nesting Biology of *Centris* (Hemisiella) vittata Lepeletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). **Apidologie** **30**: 327-338.

Pinheiro, C.U.B., Araujo, N.A. & Arouche, G.C. 2010. **Plantas Úteis do Maranhão: Região da Baixada Maranhense**. São Luís: Gráfica e Editora Aquarela. 262p.

Pinheiro, C.U.B., Santos, V.M. & Ferreira, F.R. 2005. **Usos de Subsistência de Espécies Vegetais na Região da Baixada Maranhense**. Amazônia Ciência Desenvolvimento, Belém, PA, v. 1, n. 1, 250p.

Pinheiro, C.U.B. 2013. **Matas Ciliares: Recuperação e Conservação em áreas úmidas do Maranhão**. São Luís: Gráfica e Editora Aquarela. 192p.

Putman, R.J. 1994. **Community Ecology**. Chapman & Hall, London.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Ramos, M.C., Rêgo, M.M.C. & Albuquerque, P.M.C. 2007. Ocorrência de *Centris* (Hemisiella) vittata Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Centridini) no Cerrado s.l. do Nordeste do Maranhão, Brasil. **Acta Amazônica** **37**(1): 165-168.

Ramos, M., Albuquerque, P. & Rêgo, M. 2010. Nesting Behavior of *Centris* (Hemisiella) vittata Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) in an Area of the Cerrado in the Northeast of the State of Maranhão, Brazil. **Neotropical Entomology** **39**(3): 379-383.

Rebêlo, J.M.M. & Garófalo, C.A. 1997. Comunidades de Machos de Euglossini

(Hymenoptera: Apidae) em Matas Semidecíduas do Nordeste do Estado de São Paulo **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** **26**(2): 243-255.

Roubik, D.W. 1989. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge, Cambridge University Press, 514p.

Roubik, D.W., Ackerman, J.D., Copenhaver, C. & Smith, B.H. 1982. Stratum, tree, and flower selection by tropical bees: implications for the reproductive biology of outcrossing *Cochlospermum vitifolium* in Panama. **Ecology** **63** (3): 712-720.

Schilling, A.C. & Batista, J.L.F. 2008. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica** **31**(1): 179-187.

Scott, V.L., Kelley, S.T. & Strickler, K. 2000. Reproductive biology of two *Coelioxys* cleptoparasites in relation to their *Megachile* hosts (Hymenoptera: Megachilidae). **Annals of the Entomological Society of America** **93**: 941-948.

Serrano, J.C., Garófalo, C.A. 1978. Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico de abelhas e vespas solitárias. **Revista Brasileira de Entomologia** **31**: 237-241.

Silva, F.O., Viana, B.F. & Neves, E.L. 2001. Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). **Neotropical Entomology** **30**(4): 541-545.

Silveira, F.A., Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. Idmar, Belo Horizonte.

Soares, E.C. 2005. **Peixes do Mearim**. São Luís: Editora Instituto GEIA, 143p.

Souza, M.O. & Pinheiro, C.U.B. 2007. Composição de espécies e estado de conservação das matas ciliares do Lago Cajari, Penalva - Baixada Maranhense - Brasil. **Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu - MG.

Steffan-Dewenter, I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. **Ecological Entomology** **27**: 631-637.

- Strickler, K., Scott, V.L. & Fischer, R.L. 1996. Comparative nesting ecology of two sympatric leafcutting bees that differ in body size (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of the Kansas Entomological Society** **69**: 26-44.
- Thiele, R. 2005. Phenology and nest site preferences of wood-nesting bees in a Neotropical lowland rain Forest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** **40**: 39-48.
- Triplehorn, C.A. & Johnson, N.F. 2005. **Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects**. Thomson Brooks-Cole, Belmont, CA, 864p.
- Tscharntke, T., Gathmann, A. & Steffan-Dewenter, I. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. **Journal of Applied Ecology** **35**: 708-719.
- Vandenberg, J.D. 1995. Nesting preferences of the solitary bee *Osmia sanrafaele* (Hymenoptera: Megachilidae). **Journal of Economic Entomology** **88**: 592-599.
- Viana, B.F., Silva, F.O. & Kleinert, A.M.P. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no Nordeste do Brasil. **Neotropical Entomology** **30**(2): 245-251.
- Watkins, A.J. & Wilson, J.B. 1994. Plant community structure, and its relation to the vertical complexity of communities: dominance/diversity and spatial rank consistency. **Oikos** **70**: 91-98.
- Williams, N.M., Minckley, R.L. & Silveira, F.A. 2001. Variation in native bee faunas and its implication for detecting community changes. **Conservation Ecology** **5**(7).
- Wolda, H. & Roubik, D.W. 1986. Nocturnal bee abundance and seasonal bee activity in a Panamanian forest. **Ecology** **67**: 426-433.
- Woiski, T.D. 2009. Estrutura da comunidade de vespas e abelhas em um fragmento urbano de floresta ombrófila mista. 41f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Departamento de Zoologia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.



ISSN 0085-5626 *print version*
ISSN 1806-9665 *online version*

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope and policy](#)
- [Form and preparation of manuscripts](#)
- [Sends manuscript to](#)

Scope and policy

The **Revista Brasileira de Entomologia** (RBE) edited on behalf of the Sociedade Brasileira de Entomologia (SBE), publishes original peer-reviewed papers in Entomology, focusing on systematics, diversity, and evolution of insects. The RBE also maintains sections for short communications, book reviews, and announcements of general interest. Points of view or reviews may be published, by invitation of the Editorial Board. Due to current editorial policies, it is given priority to papers with innovative approach and represents a more solid contribution to knowledge of focused groups, including a more detailed discussion of thematic field, under a comparative approach.

There are no page charges when at least one of the authors is a member of SBE. If no author is a member of SBE, there is a publication fee of R\$ 50,00 per published page to Brazilian authors and US\$ 25 per page published to foreign authors. For manuscripts with more than three authors. For manuscripts with more than three authors, the publication fee will be, respectively, R\$ 100,00 and US\$ 50. Opens access to online edition (www.scielo.br/rbent) is free of charge.

Authors will pay an additional fee of R\$ 100,00 (US\$ 100) per color plate in the print edition. However, publication of color figures and photographs in the online edition is free of charge (black and white in the print version).

Manuscripts should preferably be in English. Also, manuscript length should not exceed 120 pages, including figures. In case of longer manuscripts, the authors should consult the Editorial Board previously to submission.

Form and preparation of manuscripts

The manuscripts should be submitted online at the address <http://mc04manuscriptcentral.com/rbent-scielo>. The main document should be edited preferably in Microsoft Word®, on A4 size paper, double spaced, and using Times New Roman font size 12; the right margin should not justified and the pages should be numbered consecutively. The font Times New Roman should also be used for labeling figures and graphs. Only graphs and tables should be incorporated to the text file, at the end.

The main document should have a title page containing the title and name(s) of author(s) followed by number(s) for remission to the footnote. The footnote should contain the complete address(es) of the author(s), including e-mail, and other pertinent information, if necessary. Words entirely in upper case should not be employed, except as indicated below. The ABSTRACT should have a maximum of 250 words, presented as one paragraph, (the title of the paper must also be included at the beginning of the Abstract); KEYWORDS, in English, organized alphabetically and at most five keywords; Words already included in the title and abstract should not be used as keywords.

Scientific names should be followed by author and date of publication at the first mention of these taxa in the manuscript. Genus- and species-group names must be written using *italics*. Any other markings or signs as to emphasize or call attention should not be used. The Editorial Board will decide on how to proceed for particular cases in manuscripts of subject areas other than Systematics, Morphology and Biogeography.

In the text, the references should be written as follows: Canhedo (2004); (Canhedo 2003, 2004); (Canhedo 2004; Martins & Galileo 2004); Parra *et al.* (2004); Parra *et al.* (2004); Martins & Galileo (2003a); (martins & Galileo 2003a,b).

Illustrations - photographs, drawings, graphs and maps are called figures and should be numbered consecutively (using Arabic numerals) and, preferably, in the same sequence in which they are referred to in the text. Scale-bars should be positioned either vertically or horizontally. Tables (numbered with Roman numerals) should be presented in separate pages at the end of the manuscript. If necessary, graphs may also be included in the main document at the end. Illustrations files must be uploaded separately from the main document, with at least 300 dpi for color images and 600 dpi for bitmap and black and white images, in tiff or low compression jpeg format. Preferred placement for tables and illustrations may be indicated in the text. Figure numbers should be in Times New Roman font size 11 and positioned at the lower right corner. Labeling applied to figures (numbers, letters and words) should also be in Times New Roman and in an appropriate size in order that, after reduction, they remain clearly visible without becoming more prominent than the illustrations themselves. The Editorial Board can make small modifications or ask the author(s) for a new plate. Figure legends should be included in the main document.

The ACKNOWLEDGEMENTS should be placed at the end of the text, immediately preceding the REFERENCES. Authors are encouraged to be succinct. Use the following examples when preparing the REFERENCES section:

1. Journals (the title of the journal should be cited in full, using bold-face type):

Galeano-Olaya, P.E. & Canal, N.A. 2012. New species of *Neosilla* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) and new records from Colombia. **Papéis Avulsos de Zoologia** **52**: 361-385.

Silveira, O.T., Silva, S.S., Pereira, J.L.G. & Tavares, I.S. 2012. Local-scale variation in diversity of social wasps in na Amazonian rain Forest in Caxiuanã, Pará,

Brazil (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae). **Revista Brasileira de Entomologia** **56**: 329-346.

2. Books.

Michener, C.D. 2007. **The Bees of the World**. Baltimore. The Johns Hopkins University Press, xiv+913 p.

3. Book Chapters

Camargo, J.M.F. & Pedro, S.R.M. 2007. Meliponini Lepeletier, 1836, p.272–578. In: Moure, J.S., Urban, D. & Melo, G.A.R (Orgs.). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, xiv+1058 p.

4. Internet sites:

Gilligan, T.M., Baixeiras, J., Brown, J.W. & Tuck, K.R. 2012. T@RTS: Online Word Catalogue of the Tortricidae (Ver. 2.0). Available at: <http://www.tortricid.net/catalogue.asp> (accessed 25 November 2012).

Antbase. 2012. Available at: <http://www.antweb.org> (accessed 21 April 2012).

Citations of meeting abstracts and unpublished theses and dissertation should be avoided.

In the Short Communications, the text should not be divided in subsections. An Abstract and Keywords must be provided.

RBE encourages authors to deposit voucher and type specimens in public museums or permanent University collections. It is advisable that authors, at time of submission, clearly state in the manuscript where their material is expected to be deposited. Labeling and proper indication of voucher specimens are the author's responsibility.

Page proofs are sent to the corresponding author and should be returned, with the necessary corrections, at the indicated deadline.

The author(s) is (are) entirely responsible for the scientific content of the paper, as well as for proper application of grammatical rules. Ten (10) reprints will be provided, free of charge, for each published paper, regardless of the number of authors.

Authors are encouraged to look at the latest issues of the RBE to check current format and layout. When submitting the manuscript, the author may potential reviewers. Please, include the complete name, mailing and electronic addresses. The choice of reviewers, however, remains with the Editors.

Sends manuscript to

Sends manuscript to:

<http://mc04.manuscriptcentral.com/rbent-scielo>

E-mail: rbe@ufpr.br

Phone/FAX: 55 (41) 3266-0502

Address:

Revista Brasileira de Entomologia/Editor-in-Chief

Gabriel Augusto Rodrigues de Melo
Departamento de Zoologia - UFPR
Caixa Postal 19030
81531-980, Curitiba, PR

[\[Home\]](#) [\[About the journal\]](#) [\[Editorial Board\]](#) [\[Subscription\]](#)



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

Caixa Postal 19030
81531-980 Curitiba PR Brasil
Tel./Fax: +55 41 3266-0502

 e-Mail
sbe@ufpr.br

CAPÍTULO II

Influência da Densidade da Cobertura Vegetal sobre a Riqueza e Abundância de Abelhas Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que Nidificam em Ninhos-armadilha

1

2

3

4

5

6

7

8

9 Influência da Densidade da Cobertura Vegetal sobre a Riqueza e Abundância de Abelhas

10 Solitárias (Hymenoptera, Aculeata) que Nidificam em Ninhos-armadilha

11

12 DAVID B. MUNIZ¹, GISELE G. AZEVEDO², PATRÍCIA M.C. ALBUQUERQUE³

13

14

15

16

17 ¹ Mestrando em Biodiversidade e Conservação, Programa de Pós-Graduação em
18 Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão. São Luís, Maranhão,
19 Brasil. E-mail: david_bio@yahoo.com.br

20 ² Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores, Departamento
21 de Biologia, Universidade Federal do Maranhão. Cidade Universitária, Av. dos Portugueses,
22 1966, Bacanga, CEP:65080-805. São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: gisabelha@gmail.com

23 ³ Laboratório de Estudos sobre Abelhas, Departamento de Biologia, Universidade Federal do
24 Maranhão. Cidade Universitária, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, CEP:65080-805. São
25 Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: patemaia@gmail.com

Resumo – No presente estudo, investigamos a influência da densidade da cobertura vegetal sobre a riqueza e abundância de espécies de abelhas solitárias. A pesquisa foi realizada em três áreas de mata localizadas na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense. As abelhas solitárias foram amostradas através do método de ninhos-armadilha, durante o período de agosto de 2013 a julho de 2014. A ocupação dos ninhos-armadilha foi analisada na escala de área, transecto e conjunto amostral. Observamos uma associação do aumento da riqueza e abundância de abelhas e cobertura vegetal na escala de área; encontramos uma relação forte entre a cobertura vegetal e a riqueza e a abundância de espécies de *Megachile* na escala de transecto, mas na escala de conjunto amostral não foi encontrada nenhum tipo de relação. Os resultados do estudo mostram que o uso dessa técnica pode ser utilizada para planejar estudos com ninhos-armadilhas e ações de conservação para essas espécies.

Riqueza / Abundância / NDVI / *Megachile* / Amazônia

Abstract – In the present study, we investigated the influence of the density of vegetation cover on the richness and abundance of solitary bee species. The survey was conducted in three forest areas located in the “Environmental Protection Area of Baixada Maranhense”. Solitary bees were sampled using the trap-nest method during the period of August 2013 to July 2014. The trap-nest occupations were analyzed regarding scale area, scale transects and scale sample set. We observed an association of increasing richness and abundance of bees and vegetation cover in the scale area; we found a strong relationship between vegetation cover, the richness and abundance of *Megachile* species in the transect scale, but no relationship was found at sample set scale. The study results show that this method can be used for planning studies with trap-nests and conservation actions for these species.

Richness / Abundance / NDVI / *Megachile* / Amazon forest

1. INTRODUÇÃO

Os Ecossistemas tropicais são citados como os maiores colaboradores para a biodiversidade global (Myers et al. 2000). Entretanto, a contribuição dos diferentes estudos para a biodiversidade tropical requer uma avaliação minuciosa, pois esta tem sido frequentemente medida em apenas uma escala espacial (por exemplo, Klein et al. 2002). Isso pode mascarar diferenças sutis em relação à diversidade de espécies, porque os fatores que determinam a diversidade podem aumentar ou diminuir em diferentes escalas espaciais e temporais (Whittaker et al. 2001; Koleff e Gaston 2002; Willis e Whittaker 2002; Zarette et al. 2005).

Em uma escala de paisagem, a riqueza de espécies pode ser afetada por fatores como a fragmentação (Didham et al. 1996; Cane 2001); composição da matriz (Ricketts 2001; Dauber et al. 2003); diversidade da paisagem (Steffan-Dewenter et al. 2002; Dauber et al. 2003; Krauss et al. 2003; Kruess 2003), urbanização (Zarette et al. 2005) ou clima (James e Shine 2000; Opdam e Wascher 2004). Em escalas espaciais menores, os fatores tais como o tipo de habitat (Kruess 2003; Weibull et al. 2003), a área do habitat (Ritchie e Olff 1999; James e Shine 2000; Krauss et al. 2003; Summerville e Crist 2004) e interações inter ou intraespecíficas (Veech et al. 2003) tornam-se mais importantes na determinação da distribuição das espécies. Portanto, dependendo da escala espacial selecionada para o estudo, esta pode inadvertidamente superestimar ou subestimar o resultado, principalmente se o “turnover” de espécies é baixo dentro das áreas, mas alto entre as áreas (Summerville et al. 2003).

Observações qualitativas sugerem que a heterogeneidade do habitat pode ser um importante fator que afeta a diversidade de espécies em uma comunidade, pois mais grupos podem coexistir quando a disponibilidade de recursos aumenta, desde que eles explorem diferentes recursos ou diferentes componentes dos mesmos recursos (Fraser 1998). Na década de 1960, por exemplo, MacArthur e MacArthur (1961) utilizaram medidas verticais de habitat

(diferenças na altura da folhagem) para explicar e prever a diversidade de espécies de aves; e Pianka (1967) incluiu medidas verticais e horizontais de habitats (diferenças no volume da planta) em estudos em que a arquitetura de arbustos estava correlacionada com a diversidade de lagartos do deserto, mostrando que um grande número de medidas espaciais, que são utilizadas para medir o grau de complexidade espacial físico do habitat, podem estar relacionadas com a diversidade de espécies (Hatley e Macmahon 1980). Mais recentemente, as relações entre a estrutura do habitat e o número de espécies de invertebrados têm sido demonstradas para aranhas (Halaj et al. 1998), formigas (Lassau e Hochuli 2004), vespas (Lassau e Hochuli 2005) e besouros (Lassau et al. 2005). A comunidade de himenópteros que nidifica em cavidades pré-existentes inclui polinizadores, predadores e parasitóides. As abelhas solitárias e sociais são os principais agentes polinizadores de um grande número e diversidade de plantas (Kevan e Imperatriz Fonseca 2002; Klein et al. 2007; Loyola e Martins 2006), uma vez que promovem a polinização cruzada.

Em função dessas estreitas relações dos himenópteros com outras comunidades, principalmente, com as das espécies vegetais, a caracterização das comunidades de abelhas que nidificam em ninhos-armadilha tem sido utilizada para avaliar a qualidade do habitat (Frankie et al. 1998; Tscharntke et al. 1998), os efeitos da fragmentação e os fatores que podem afetar a composição da comunidade (Tscharntke et al. 1998; Morato e Campos 2000; Morato 2001; Steffan-Dewenter 2002; Morato e Martins 2006; Loyola e Martins 2008), como também o manejo de espécies para o incremento da polinização de cultivos agrícolas (Roubik 1995; Willians 1996; Garófalo et al. 2004). Há evidências de que a abundância e a riqueza local dessas espécies correlacionam-se com a diversidade de recursos alimentares (Tscharntke et al. 1998) e a existência de locais adequados para nidificação (Linsley 1958; Morato e Martins 2006).

O emprego de ninhos-armadilha para as espécies de himenópteros que nidificam em

cavidades pré-existentes tem demonstrado ser um modelo útil e eficiente de amostragem de espécies residentes em diferentes ecossistemas (Krombein 1967; Serrano e Garófalo 1978; Camillo et al. 1995; Tschardt et al. 1998). Além do levantamento de espécies, que é de fundamental importância para a taxonomia e a sistemática desses grupos, o uso de ninhos-armadilha fornece uma grande quantidade de informações sobre a biologia dessas espécies, principalmente, no que se refere à biologia de nidificação (arquitetura e material de construção dos ninhos, preferência de substrato, etapas do desenvolvimento, razão sexual, fatores de mortalidade) (Krombein 1967; Strickler et al. 1996; Camillo e Brescovit 1999; Camillo et al. 1993; Pereira et al. 1999; Morato et al. 1999; Morato 2000; Jesus e Garófalo 2000; Silva et al. 2001; Aguiar e Martins 2002; Aguiar e Garófalo 2004), à dinâmica de população (Jayasingh e Freeman 1980), à biologia reprodutiva de parasitas cujos hospedeiros nidificam em ninhos-armadilha (Scott et al. 2000; Gazola e Garófalo 2003), à composição e sazonalidade de comunidades (Oliveira et al. 1995; Camillo et al. 1995; Garófalo 2000; Viana et al. 2001; Aguiar e Martins 2002; Alves-dos-Santos 2003; Aguiar et al. 2005; Buschini 2006; Loyola e Martins 2006; Buschini e Woiski 2008) e alimento utilizado no provisionamento das células (Dórea et al. 2009).

Além das variáveis mencionadas acima, o uso de ninhos-armadilha também permite réplicas espaciais e temporais padronizadas de amostragem, através da utilização de igual número e tipos de ninhos-armadilha (Tschardt et al. 1998). Em estudos com abelhas solitárias em ambientes de florestas tropicais, essa técnica é particularmente importante, pois é praticamente impossível coletar abelhas quando em visita às flores devido à quase inexistência de flores no sub-bosque e às dificuldades de acesso ao dossel (Morato e Campos 2000).

Embora esta técnica tenha sido pouco utilizada em estudos sobre as relações entre medidas da vegetação e a diversidade de Aculeata (Loyola e Martins 2008, 2011), é importante ressaltar

que os resultados deste método de amostragem podem ser aplicados a toda a comunidade de abelhas que utilizam os habitats estudados (Klein et al. 2006), mesmo que as espécies que nidificam em ninhos-armadilha correspondam apenas a uma pequena parte de todas as espécies de abelhas que podem ser encontradas com outros métodos de amostragem. Isso é possível porque a riqueza de espécies que nidifica em ninhos-armadilha, muitas vezes se correlaciona com outros métodos (por exemplo, varredura com rede) empregados para determinar a estrutura da comunidade (Tscharntke et al. 1998). Essa relação foi verificada pela primeira vez em regiões de clima temperado, e este padrão provou ser válido também para áreas tropicais como demonstrado por Klein et al. (2006), quando realizaram um estudo sobre himenópteros que nidificam em ninhos-armadilha, ao longo de uma margem de uma floresta tropical no sudoeste da Indonésia.

Tendo em vista a importância desse grupo de insetos nos ecossistemas terrestres, é de grande relevância, não apenas para a sua conservação, mas também para a dos organismos a eles associados e, mesmo para a manutenção de vários processos e serviços ambientais (Allen-Wardell et al. 1998; Kremen e Ricketts 2000), que esforços sejam realizados para a determinação dos fatores que influenciam a estrutura das comunidades desses insetos. Assim, este trabalho teve como objetivo investigar os efeitos da densidade da cobertura vegetal, como uma medida espacial da estrutura física do habitat sobre a riqueza e abundância de abelhas que nidificam em ninhos-armadilha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em três áreas da microrregião da Baixada Maranhense, que apresenta uma área de 1.775.035,6 ha, constituindo uma área de Proteção Ambiental (APA) (decreto nº 11900 de 11/07/1991) (Souza e Pinheiro 2007). Está localizada na porção noroeste do Estado do Maranhão (1° 00' – 4° 00' S e 44° 21' – 45° 21' W) abrangendo extensas áreas

sujeitas a inundações. A região é formada pela tensão ecológica entre as formações de cocais ao Sul; cerrado a Leste; floresta Amazônica a Oeste e sistemas marinhos a Norte. Além do maior conjunto de bacias lacustres do nordeste brasileiro, a região abrange as bacias hidrográficas dos rios Mearim, Pindaré, Grajaú, Pericumã e outros menores e, também, é detentora de uma rica biodiversidade devido a sua localização geográfica e do pulso de inundação ao qual parte de suas terras está submetida (Pinheiro et al. 2010). Apesar de sua riqueza natural, os trabalhos de levantamento de flora são poucos e representam uma pequena parte da área (Pinheiro et al. 2005; Pinheiro et al. 2010; Martins e Oliveira 2011; Pinheiro 2013) e os de fauna são incipientes, principalmente fauna terrestre, pois a maioria dos estudos são focados no ambiente aquático (Almeida et al. 2005; Soares 2005; Martins e Oliveira 2011).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen (1948), varia entre o tipo Am e Aw: clima tropical de monção e clima tropical com estação seca de inverno. A precipitação total anual varia entre 1000 e 2000 mm e caracteriza-se por um aumento gradual a partir de dezembro, alcançando seu máximo nos meses de fevereiro a maio (estação chuvosa) e mínimos em setembro a novembro (estação seca). As temperaturas médias anuais são superiores a 26°C. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de setembro a novembro, e as mais baixas, entre maio a julho (DCA 2013).

As áreas de estudo estão localizadas nos municípios de Peri-Mirim (Parque Agroecológico de Buritirana, 2°38'S 44°50'O), Penalva (Fazendas Canadá e Boa Esperança, conhecida também como Real Lodge, 3°17'S 45°07'O) e Vitória do Mearim (Fazenda Coque, 3°32'S 44°57'O) (Fig 1). Estas áreas foram escolhidas por estarem localizadas em três bacias hidrográficas diferentes, as quais são a bacia do Rio Pindaré, bacia do Rio Mearim e zona costeira Nordeste Ocidental, que inclui a bacia do Rio Pericumã.

As unidades da paisagem da Baixada Maranhense presentes nas áreas de estudo, segundo a

classificação de Pinheiro et al. (2010), são: Lagos, campos inundáveis, campos não-inundáveis, igapós, tesos e terra firme, em diferentes proporções entre elas.

As tipologias vegetais seguiram a classificação de Pinheiro et al. (2010). Foram observadas nas unidades de paisagem da área de Vitória do Mearim remanescentes de florestas primárias, caracterizadas pela pouca interferência humana com matas de galeria características das margens de pequenos cursos d'água e nascentes, com vegetação higrófila característica, representados por indivíduos de Juçara (*Euterpe oleracea* Mart.), o Guarimã do Mato (*Ischnosiphon arouma* (Aubl.) Körn.), Bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.) e várias espécies de Araceae, Heliconiaceae e Musaceae; em menor proporção encontramos matas de igapó, nas margens dos campos inundáveis, matas secundárias, babaçuais (florestas monoespecíficas de Babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), em formações quase puras ou associadas às capoeiras) e macrófitas aquáticas durante o período de inundação dos campos herbáceos.

A área de Penalva apresenta em maior proporção as tipologias vegetais de campos herbáceos, as quais ficam inundadas por um longo período, formando grandes lagos, que propiciam o desenvolvimento de macrófitas aquáticas; também apresenta matas secundárias nas áreas de terra firme, com destaque para presença de remanescentes arbóreos de grande porte, como Cajazinho (*Spondias mombin* L.) e espécies do gênero *Handroanthus* (Forzza et al. 2015). Apresenta também nas margens dos campos mata de igapó, composta por espécies como Marajá (*Bactris brongniartii* Mart.) e Arariba (*Symmeria paniculata* Benth.), e em menor proporção área de babaçuais.

A tipologia vegetal da área de Peri Mirim é predominantemente formada por matas secundárias nas áreas de terra firme, com considerável número de espécies arbóreas, como Jeniparana (*Gustavia augusta* L.), espécies do gênero *Coccoloba*, Inga e palmeiras de Tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.), mas a maioria dos indivíduos encontra-se em estágios iniciais de

desenvolvimento (juvenis), apresentando como indivíduos com maior diâmetro as palmeiras de babaçu. Em menor proporção apresenta campos herbáceos, cobertos por ervas da família Poaceae e com arbustos de Mata Pasto (*Senna alata* (L.) Roxb.), esses locais são submersos em parte por uma pequena lâmina d'água durante o período chuvoso; nos pontos onde a lâmina d'água apresenta maior profundidade encontra-se manchas de mata de igapó. Também apresenta áreas de babaçuais nas localidades de maior interferência humana (agropecuária) e nas propriedades adjacentes que compõem a unidade da paisagem dessa área.

Os ninhos-armadilha consistiram de duas peças de madeira, com dimensões de 15 x 30 x 130 mm. De forma que quando as duas peças estão unidas forma-se, longitudinalmente, um orifício, que pode variar em diâmetro, conforme o interesse do estudo. As duas peças foram mantidas unidas por fita adesiva, para que quando os ninhos fossem fundados pudessem ser abertos facilmente, permitindo a observação da estrutura interna. Foram confeccionados ninhos com os seguintes diâmetros 4, 6, 8, 10, 13 e 15 mm.

Os conjuntos de unidades amostrais consistiram de um bloco composto por 12 ninhos-armadilha, sendo dois de cada diâmetro distribuídos aleatoriamente, inseridos dentro de tubo retangular de PVC (policloreto de vinila), para protegê-los da chuva e do sol (Fig 2). As unidades foram fixadas diretamente no tronco das árvores com corda sintética, a uma altura aproximada de 1,50 m em relação ao solo.

O estudo foi realizado em três áreas da Baixada Maranhense. Em cada área foram demarcados, com auxílio de GPS, três transectos, cada um com 500 m de comprimento. A cada 100 m foi instalado um conjunto amostral no sub-bosque, totalizando 6 conjuntos por transecto (Fig 3). Desta forma, foram disponibilizados 18 conjuntos amostrais por área estudada. Cada conjunto amostral foi composto por 12 ninhos-armadilha, sendo dois de cada diâmetro, totalizando 648 ninhos-armadilha distribuídos nas três áreas de estudo.

Os ninhos-armadilha foram inspecionados uma vez por mês, durante o período de agosto de

2013 a julho de 2014, totalizando 12 meses de amostragem. Os ninhos concluídos, ocupados e operculados foram registrados, numerados, fotografados e levados para o Laboratório de Ecologia e Sistemática de Insetos Polinizadores e Predadores-LESPP do Departamento de Biologia da UFMA. Cada ninho fundado foi substituído por uma peça vazia do mesmo diâmetro para manter a oferta de cavidades nas áreas.

No laboratório, os indivíduos emergidos foram sacrificados em câmara mortífera, montados em alfinete entomológico, etiquetados e depositados na Coleção do LESPP. A identificação foi feita com auxílio de chaves de identificação, tendo a confirmação sido feita por especialistas da área.

Para as análises da densidade da cobertura vegetal foi utilizada uma imagem do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 8, datada de 13/07/2013, final do período chuvoso e início do período seco na região. As imagens são compostas por 11 bandas, sendo oito bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, duas bandas termais reamostradas para 30 metros e uma faixa pancromática com tamanho de pixel de 15 metros, além de uma banda de qualidade (Earth Explorer). A cena foi adquirida junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e passou por processo de calibração radiométrica e reflectância através da ferramenta Geosud TOA (Top of Atmosphere).

Após a transformação das imagens em reflectância de superfície foi calculado o índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI (Rouse et al. 1973):

$$\text{NDVI} = (\text{IV} - \text{VIS}) / (\text{IV} + \text{VIS}) \quad (1)$$

onde:

IV = valor de reflectância na banda do infravermelho próximo (banda 5);

VIS = valor de reflectância na banda do visível (banda 4).

Foi gerada a imagem NDVI, onde os valores próximos de 1 representam altos índices ou

maior densidade de cobertura vegetal, enquanto os mais próximos de zero, representam baixos índices de cobertura vegetal. Para a água e nuvens, os valores geralmente são menores que zero, com valores no mínimo de -1. A partir dos pontos centroides, calculados com base na distribuição dos transectos das áreas de estudo, foram geradas “buffers” de 3000m de raio (escala de área); ao redor de cada transecto, foram gerados “buffers” de 200m de raio (escala de transecto); e ao redor de cada conjunto amostral, foram gerados “buffers” de 30m de raio (escala de conjunto amostral). A partir das imagens recortadas pelos “buffers”, foram obtidas médias, desvios padrões, soma, mínimos, máximos, número de pixels, coeficientes de variâncias, números de valores únicos, intervalos e medianas para cada buffer gerado. Para explicar a comunidade de abelhas, as variáveis dependentes escolhidas foram: Riqueza de espécies de abelhas e a abundância de ninhos.

3. RESULTADOS

Foram coletados 239 ninhos, 69 são de Apinae (28,8%) e 170 de Megachilinae (71,1%). Dos 69 ninhos de Apinae emergiram oito espécies, sendo sete fundadoras e uma espécie parasita. Para Megachilinae foram encontradas 17 espécies, sendo 13 espécies fundadoras e quatro parasitas (Tab I).

Mais de 40% dos ninhos de abelhas ocorreram na área de Vitória do Mearim seguido por Peri Mirim com 33,0% e Penalva com 26,3%. Com relação ao número de indivíduos ocorreu a mesma sequência de áreas na seguinte proporção 41,9%, 31,5% e 26,4% (Tab I).

Em relação ao número de espécies fundadoras, ocorreram dez na área de Peri Mirim, 17 na área de Vitória do Mearim e 15 na área de Penalva.

As imagens de NDVI dos “buffers” para cada área de estudo foram compostas por aproximadamente 47766 pixels, que geraram as seguintes médias 0,4796 (Peri Mirim-PM), 0,3727 (Penalva-P) e 0,7116 (Vitória do Mearim-VM). Isso mostra que a densidade da

cobertura vegetal da área de VM é maior que as demais áreas, seguida pela área de PM e, por último, a área de P com a menor média.

Com relação aos desvios padrões, os valores foram 0,1376 (Peri Mirim-PM), 0,3994 (Penalva-P) e 0,0883 (Vitória do Mearim-VM), indicando que a área mais heterogênea é a do “buffer” de Penalva, seguido por Peri Mirim e a mais homogênea entre elas é a de Vitória do Mearim. Os desvios padrões das áreas de Penalva e Peri Mirim foram comparados através de um teste F e se obteve os seguintes resultados $F = 0,11$ e $P = 0$, para um intervalo de confiança da razão das variâncias de 95%.

Os resultados do NDVI de cada um dos transectos foram compostos por aproximadamente 367 pixels, com os seguintes valores médios: 0,5175 (1ª transecto-PM), 0,5903 (2ª transecto-PM), 0,5317 (3ª transecto-PM), 0,5498 (1ª transecto-P), 0,3085 (2ª transecto-P), 0,5848 (3ª transecto-P), 0,7560 (1ª transecto-VM), 0,7545 (2ª transecto-VM) e 0,7579 (3ª transecto-VM), apontando que a maior densidade da cobertura vegetal é encontrada nos transectos da área de Vitória do Mearim e a menor densidade é a do segundo transecto da área de Penalva.

Os desvios padrões dos transectos 1ª, 2ª e 3ª da área de Penalva foram os maiores (0,3086, 0,3835 e 0,2393, respectivamente), os transectos 1ª, 2ª e 3ª da área de Vitória do Mearim obteve os menores desvios padrões (0,0221, 0,0190 e 0,0265, respectivamente) e os transectos 1ª, 2ª e 3ª da área de Peri Mirim possuíram valores intermediários de desvios padrões (0,0231, 0,0655 e 0,0291, respectivamente). A partir de tais desvios podemos afirmar que o transecto 2 da área de Vitória do Mearim é o mais homogêneo e o transecto 2 de Penalva é o mais heterogêneo com relação a densidade da cobertura vegetal.

Foram realizadas análises de regressão dos valores médios de NDVI dos nove transectos estudados com a riqueza de espécies e abundância dos ninhos. Os dados foram transformados para atender aos pressupostos do teste estatístico utilizado. Os resultados para relação entre os valores médios de NDVI dos transectos e a riqueza de espécies dos transectos foi de $y =$

0,3568x + 0,6786, $r = 0,40$ e $P = 0,279$; e para relação entre os valores médios de NDVI dos transectos e abundância de ninhos foi de $y = 0,5218x + 1,0688$, $r = 0,57$ e $P = 0,106$. Os valores de r nos mostram a presença de uma relação positiva moderada (cf. Dancey e Reidy 2006), mas os valores de P nos mostram que essas relações não são significativas para um intervalo de confiança de 95%.

Também foi realizada a análise de regressão dos valores médios de NDVI dos nove transectos estudados com a riqueza de espécies e abundância de ninhos de *Megachile*. Os dados foram transformados para atender aos pressupostos do teste estatístico utilizado. Os resultados para relação entre os valores médios de NDVI dos transectos e a riqueza de espécies de *Megachile* nos transectos foi de $y = 0,953x + 0,3569$, $r = 0,48$ e $P = 0,182$; e para relação entre os valores médios de NDVI dos transectos e abundância de ninhos de *Megachile* foi de $y = 0,8282x + 0,7077$, $r = 0,44$ e $P = 0,233$. Após a análise dos dois gráficos de dispersão dos resíduos das análises acima, observou-se a presença de um ponto com valores discrepantes (outline), o qual foi identificado como 2ª transecto da área de Peri Mirim (Fig. 4). As análises foram refeitas retirando-se o ponto discrepante, e os resultados obtidos para relação entre os valores médios de NDVI e a riqueza de espécies de *Megachile* nos transectos foi de $y = 0,9355x + 0,4446$, $r = 0,82$ e $P = 0,011$; e para relação entre os valores médios de NDVI e a abundância de ninhos de *Megachile* foi de $y = 0,8115x + 0,792$, $r = 0,75$ e $P = 0,031$. Os valores de r apontam para uma relação positiva forte de acordo com a classificação de Dancey e Reidy (2006) e uma correlação de valor grande segundo a classificação de Cohen (1988); e os valores de P são significativos para um intervalo de confiança de 95%.

Os resultados do NDVI de cada um dos conjuntos amostrais foram compostos por aproximadamente 3 pixels. O maior valor médio dos 54 conjuntos amostrais analisados foi de 0,7854 referente ao terceiro conjunto amostral do 1ª transecto de Vitória do Mearim, e o menor valor médio foi de 0,4649 referente ao último (sexto) conjunto amostral do 3ª transecto

de Penalva. O valor médio do NDVI para os 54 conjuntos amostrais foi de 0,6654 e desvio padrão foi de 0,0883, indicando a maior densidade da cobertura vegetal foi nos conjuntos amostrais da área de Vitória do Mearim e a menor nos conjuntos amostrais da área de Penalva.

A independência entre os conjuntos amostrais foi verificada a partir da não ocorrência simultânea das mesmas espécies nos conjuntos amostrais adjacentes dos mesmos transectos, o que permitiu as análises de regressão entre os conjuntos. Com isso não estamos afirmando que essas espécies tenham raio de voo menor do que 100m e sim que as espécies não utilizaram cavidades distantes 100 m entre si, simultaneamente.

As análises de regressão foram feitas entre os valores médios de NDVI dos 54 conjuntos amostrais estudados com a riqueza de espécies e abundância de ninhos. Os dados foram transformados para atender aos pressupostos do teste estatístico utilizado. Os resultados para relação entre os valores médios de NDVI dos conjuntos amostrais e a riqueza de espécies dos conjuntos foi de $y = 0,0027x + 0,6614$, $r = 0,01$ e $P = 0,913$; e para relação entre os valores médios de NDVI dos conjuntos amostrais e abundância de ninhos nos conjuntos foi de $y = 0,0008x + 0,6639$, $r = 0,00$ e $P = 0,961$. Os valores de r indicam a ausência de relação das variáveis analisadas, e os valores de P não são significativas para um intervalo de confiança de 95%.

4. DISCUSSÃO

Os valores médios de NDVI das áreas de estudo (“buffer” de 3000m) demonstram estar associados com a riqueza e abundância de ninhos encontrada, uma vez que a área com maior riqueza de espécies e maior número de ninhos fundados possuiu também a maior média de densidade de cobertura vegetal que corresponde a Vitória do Mearim, em relação as áreas de Penalva e Peri Mirim.

Entretanto a área de Penalva apesar de ter uma média de NDVI menor do que a área de Peri Mirim, obteve-se uma riqueza superior. Tal fato pode ser explicado provavelmente pela efeito da lâmina d'água dos campos inundados que foram interpretados pela análise do NDVI como solo exposto, diminuindo o valor médio de cobertura vegetal e aumentando o desvio padrão dessa área. Para avaliar o efeito da lamina d'água entre as áreas de Penalva e Peri Mirim, foi realizado um teste F para comparação dos desvios padrões dessas áreas, indicando que de fato a área de Penalva apresenta o maior desvio padrão ($S=0,3994$), indicando ser a área de Penalva a mais heterogênea em relação a cobertura vegetal, o que provavelmente favoreceu a maior riqueza. Com isso podemos inferir que diferenças pequenas entre as médias do NDVI, como as encontradas entre as áreas de Penalva e Peri Mirim, não são informativas por si só, pois nesses casos é importante interpretar também os valores dos desvio padrões, pois a comparação dessa medida, pode apontar qual das áreas é mais heterogeneidade e isso justificar uma maior de riqueza de espécies.

Através das análises dos valores das médias dos NDVI dos nove transectos ("buffer" de 200) estudados, não conseguimos buscar uma relação com a riqueza de espécies e abundância total de ninhos dos respectivos transectos. Acreditamos que isso se deva ao fato da riqueza de espécies que nidificam em cavidades pré-existentes ter sido grande (20 espécies) e apresentarem hábitos muito diversificados em relação aos recursos para aprovisionamento e construção dos seus ninhos (Krombein 1967; Garófalo 1992, 1985, 2000; Parker 1986; Frankie et al. 1988, 1993, Garófalo et al. 1992; Camillo et al. 1993, 1995; Pereira et al. 1999; Morato et al. 1999; Jesus e Garófalo 2000; Morato 2001; Silva et al. 2001; Viana et al. 2001; Aguiar e Martins 2002; Alves-dos-Santos 2004; Aguiar e Garófalo 2004; Augusto e Garófalo 2004).

De acordo com o material utilizado para construção de seus ninhos podemos dividir as espécies registradas em três grupos. O primeiro grupo é representado pelas espécies que

constroem seus ninhos com uso do solo e substâncias aglutinantes semelhantes a óleos florais, representadas aqui pelas espécies da tribo Centridini (Neff e Simpson 1981; Simpson 1989; Vinson et al. 1996; Pereira et al. 1999; Morato et al. 1999; Jesus e Garófalo 2000; Aguiar et al. 2003; Aguiar e Garófalo 2004; Aguiar et al. 2006). O segundo grupo pelas espécies que constroem seus ninhos com grande quantidade de resina misturada a, partículas de areia, fragmentos madeira e/ou folhas, representadas aqui pelas espécies da tribo Euglosini e Anthidiini (Garófalo 1985, 1992; Parker 1986; Roubik 1989; Garófalo e Serrano 1993, Garófalo et al. 1998; Morato 2001; Alves-dos-Santos 2004; Augusto e Garófalo 2004; Camarotti-de-Lima e Martins 2005). E o terceiro e último grupo é representado pelas espécies da tribo Megachilini, que constroem seus ninhos encaixando folhas recortadas ou folhas ou folíolos inteiros (Martins e Almeida 1994; Almeida et al. 1997; Zillikens e Steiner 2004; Raw 2007; Cardoso e Silveira 2012; Pereira et al. 2014).

De fato quando reduzimos a análise dos transectos apenas para as espécies de *Megachile* (grupo com o maior número de espécies e ninhos fundados), encontramos correlações significativas entre a densidade da cobertura vegetal e a riqueza de espécies ($r^2 = 0,68$) e abundância de ninhos ($r^2 = 0,56$) (Fig. 5). Importante ressaltar, contudo, que não importa quão grande é o valor do coeficiente de determinação, isso não confirma por si só uma relação de causa e efeito entre as duas variáveis.

Com isso podemos dizer que a densidade da cobertura vegetal em uma escala intermediária (“Buffer” de 200m - transectos) é um importante preditor da riqueza de espécies e abundância de ninhos de *Megachile*.

Por meio das análises dos valores das médias dos NDVI dos 54 conjuntos amostrais, não conseguimos encontrar uma relação com a riqueza de espécies e abundância total de ninhos dos respectivos conjuntos amostrais. Acreditamos que isso se deva ao fato que resolução máxima das bandas utilizadas na tratamento do NDVI seja de 30x30m, com isso limitando o

tamanho mínimo do “buffer” ao redor dos conjuntos amostrais para um raio de 30m. Por outro lado, Loyola e Martins (2008), em uma escala local menor (parcelas 2,5x2,5m), mostraram que as comunidades de abelhas e vespas que nidificam em cavidades pré-existent respondem fortemente a estrutura da vegetação e que a heterogeneidade específica de alguns componentes da estrutura do habitat de uma determinada área (por exemplo, a abundância de arbusto, altura dos arbusto, abundância de toras de madeira mortas, abundância de árvores e a circunferência de tronco na altura da base) prediz efetivamente a diversidade da comunidade. Apesar do componente densidade da cobertura vegetal ser de natureza semelhante aos utilizados por Loyola e Martins (2008), mas de grandezas diferentes, os utilizados por eles responderam melhor em uma escala local, enquanto os utilizados nesse trabalho não foram explicativos nessa escala. Outro estudo realizado por Zanette et al. (2005), em um ambiente urbano (conjunto de praças), também demonstrou que a abundância de abelhas sociais da tribo Meliponini foi positivamente correlacionada com medidas de habitats, como a biomassa de arbusto e a porcentagem de cobertura vegetal, corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

As relações entre a medidas da estrutura de vegetação e outros artrópodes também foram encontrados em diferentes sistemas.. A riqueza de espécies de besouros foi maior em habitats mais complexos e associado a componentes dos habitats, como a abundância de toras de madeira, serapilheira e ervas terrestres (Lassau et al. 2005). A riqueza de espécies de formigas está negativamente associado com cobertura herbácea do solo e cobertura do dossel (Lassau e Hochuli 2004), e à semelhança na composição de espécies Lepidoptera foi altamente correlacionada com plantas hospedeira de similaridades florísticas (Steffan-Dewenter e Tscharrntke 1997). Por último, também é conhecido que as diferenças na estrutura da vegetação causados por perturbação do habitat promovem mudanças significativas também na comunidade de artrópodes do solo, variando a riqueza de espécies em uma determinada área

(Loyola et al. 2006).

Estes trabalhos citados, juntamente com as nossas próprias conclusões, sugerem que o uso de medidas físicas da estrutura da vegetação para a previsão da riqueza e abundância de espécies de abelhas pode ser tão importante quanto outras variáveis, tais como composição florística (Herrera 1988; Minckley et al. 1999; Williams et al. 2001). Por exemplo, alguns estudos com himenópteros que nidificam em ninhos-armadilha revelaram que as cavidades disponíveis em diferentes tipos de madeira (espécies de árvores) não parecem ser o fator principal para a escolha do substrato de nidificação (Morato e Martins, 2006). Por outro lado, a composição florística pode ser o fator determinante, como por exemplo, para as espécies oligoléticas e para as espécies coletoras de óleo floral, que necessitam de recompensas florais específicas (Roubik 1989). Na ausência desses recursos essas espécies de abelhas podem não ocorrer (Loyola e Martins 2008). Portanto, tais fontes de alimentos podem ser melhores preditores da riqueza de espécies na área de estudo do que as variáveis de medidas físicas da estrutura da vegetação. Apesar disso, para a conservação das abelhas solitárias, e os serviços ambientais prestados por estas espécies, a densidade da cobertura vegetal deve ser mantida como um dos componentes da complexidade do habitat estrutural. Entretanto, alertamos que essa abordagem baseada em habitat deve se tomada com prudência, pois um levantamento detalhado da biodiversidade de uma área é sempre preferível, e a proteção de espécies raras exigirá um conhecimento abrangente de sua biologia e distribuição na região em questão (Panzer e Schwartz 1998).

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que a densidade da cobertura vegetal do habitat foi eficaz como preditor da riqueza e abundância de abelhas solitárias da tribo Megachilini que nidificam em cavidades pré-existent, fornecendo importantes informações sobre a relação entre estas espécies de aculeadas e umas das medidas física da estrutura habitat, demonstrando que o uso da técnica do NDVI pode ser utilizada para planejar estudos

com ninhos-armadilhas e ações de conservação para essas espécies. Entretanto, enfatizamos que a correlação só foi encontrada na escala de transecto (“buffer” de 200m), limitando com isso extrapolações para escalas menores, porém houve uma associação entre essas variáveis na escala maior sugerindo que poderiam ter sido encontradas também correlações positivas, que não puderam ser testadas no presente estudo devido ao número de réplicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro ao Projeto CBIOMA (nº 02986112); a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida; a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e LESPP pelo apoio logístico e técnico; aos especialistas Dr. Fernando Amaral Silveira (UFMG), Dra. Danúncia Urban (UFPR) e Gabriel Augusto Rodrigues de Melo (UFPR) pela identificação das espécies e aos proprietários das áreas de estudo (Instituto Formação, Real Lodge e Família Muniz), pela permissão de coleta.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, A.J.C., Garófalo, C.A., Almeida, G.F. (2005) Trap-nesting bees (Hymenoptera, Apoidea) in areas of dry semideciduous forest and caatinga, Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* **22** (4), 1030–1038
- Aguiar, C.M.L., Garófalo, C.A. & Almeida, G.F. (2006) Biologia de nidificação de *Centris* (*Hemisiella*) *trigonoides* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Rev. Bras. Zool.* **23**(2), 323–330
- Aguiar, A.J.C., Martins, C.F. (2002) Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilhas na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Rev. Bras. Zool.* **19** (Supl. 1), 101–116

- 476 Aguiar, C.M.L., Garófalo, C.A. (2004) Nesting biology of *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* Smith
 477 (*Hymenoptera*, *Apidae*, *Centridini*). *Rev. Bras. Zool.* **21** (3), 477–486
- 478 Aguiar, C.M.L., Zanella, F.C.V., Martins, C.F., Carvalho, C.A.C. (2003) Plantas visitadas por
 479 *Centris* spp. (*Hymenoptera*: *Apidae*) na Caatinga para obtenção de recursos florais. *Neotrop.*
 480 *Entomol.* **32**(2):247–259
- 481 Allen-Wardell, G., Bernhard, P., Bitner, P., Burquez, A., Buchmann, S., et al. (1998) The
 482 potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability
 483 of food crop yields. *Conser. Biol.* **12**, 8–17
- 484 Almeida, I.C.S., Ferreira-Correia, M.M., Dourado, E.C.S., Caridade, E.O. (2005)
 485 Comunidade fitoplanctônica do lago Cajari, Baixada Maranhense, no período de cheia. *Bol.*
 486 *Lab. Hidrobiol.* **18**, 01–09
- 487 Almeida, D.A., Martins, R.P., Buschini, M.L.T. (1997) Behavior and nesting dynamics of the
 488 neotropical cavity-nesting specialist bee *Megachile assumptionis* Schrottky, with comparisons
 489 to the nearctic *Megachile brevis* Say (*Hymenoptera*: *Megachilidae*). *J. Hymenoptera Res.* **6**,
 490 344–352
- 491 Alves-dos-Santos, I. (2003) Trap-nesting bees and wasps on the University Campus in São
 492 Paulo, Southeastern Brazil (*Hymenoptera*: *Aculeata*). *J. Kans. Entomol. Soc.* **76**, 328–334
- 493 Alves-dos-Santos, I. 2004. A biologia de nidificação de *Anthodiocetes megachiloides*
 494 Holmberg 1903 (*Anthidiini*, *Megachilidae*, *Apoidea*). *Rev. Bras. Zool.* **21**, 739–744
- 495 Augusto, S.C., Garófalo, C.A. (2004) Nesting biology and social structure of *Euglossa*
 496 (*Euglossa*) *townsendi* Cockerell (*Hymenoptera*, *Apidae*, *Euglossini*). *Insectes Soc.* **51**, 400–
 497 409
- 498 Buschini, M.L.T. (2006) Species diversity and community structure in trap-nesting bees in
 499 Southern Brazil. *Apidologie* **37**, 58–66
- 500 Buschini, M.L.T., Woiski, T.D. (2008) Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps

- (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zool.* **89**, 351–358
- Camarotti-de-Lima, M.F., Martins, C.F. (2005) Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodioctes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotrop. Entomol.* **34**(3), 375–380
- Camillo, E., Brescovit, A.D. (1999) Aspectos biológicos de *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *lactitarse* Saussure e *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae) em ninhos-armadilha, com especial referência a suas presas. *An. Soc. Entomol. Bras.* **28**, 251–262
- Camillo, E., Garofalo, C.A., Muccillo, G., Serrano, J.C. (1993) Biological observations on *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *lactitarse* Saussure in southeastern Brazil (Hymenoptera: Sphecidae). *Rev. Bras. Entomol.* **37**(4), 769–778
- Camillo, E., Garofalo, C.A., Serrano, J.C. (1993) Habitats de Nidificação de *Melitoma Segmentaria*, *Centris collaris*, *Centris fuscata* e *Paratetrapedia gigantea* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Rev. Bras. Entomol.* **37**(1), 145–156
- Camillo, E., Garófalo, C.A., Serrano, J.C., Muccilo, G. (1995) Diversidade e Abundância Sazonal de Abelhas e Vespas Solitárias em Ninhos Armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. Bras. Entomol.* **39**, 459–470
- Cane, J.H. (2001) Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? *Conserv. Ecol.* **5**, 3. [online] <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art3> (Acesso em 17 Junho 2013)
- Cardoso, C.F., Silveira, F.A. (2012) Nesting biology of two species of *Megachile* (*Moureapis*) (Hymenoptera: Megachilidae) in a semideciduous forest reserve in southeastern Brazil. *Apidologie* **43**, 71–81
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- Dancey, C., Reidy, J. (2006) *Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para*

- Windows. Porto Alegre, Artmed.
- Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., Wolters, V. (2003) Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agric. Ecosyst. Environ.* **98**, 321–329
- DCA (2013) Dados climatológicos do Nordeste do Brasil. [online] <http://www.dca.ufpb.br> (Acesso em 18 Junho 2013)
- Didham, R.K., Ghazoul, J., Stork, N.E., Davis, A. (1996) Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends Ecol. Evol.* **11**, 255–260
- Dórea, M.C., Santos, F.A.R., Lima, L.C.L., Figueroa, L. (2009) Análise Polínica do Resíduo Pós-emergência de Ninhos de *Centris tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini). *Neotrop. Entomol.* **38**(2), 179–202
- Forzza, R.C. et al. (2015) Lista de Espécies da Flora do Brasil. [online] <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/> (Acesso em 9 de Janeiro de 2015)
- Frankie, G.W., Newstrom, L., Vinson, S.B., Barthell, J.F. (1993) Nesting-habitat preferences of selected *Centris* bee species in Costa Rican dry Forest. *Biotropica* **25**, 322–333
- Frankie, G.W., Vinson, S.B., Newstrom, L., Barthell, J.F. (1988) Nest site and habitat preferences of *Centris* bees in the Costa Rican dry forest. *Biotropica*, Lawrence, **20** (4), 301–310
- Frankie, G.W., Vinson, S.B., Rizzardi, M.A., Griswold, T.L., O’Keefe, S., Snelling, R.R. (1998) Diversity and abundance of bees visiting a mass flowering tree species in disturbed seasonal dry forest, Costa Rica. *J. Kans. Entomol. Soc.* **70**(4), 281–296
- Fraser, R.H. (1998) Vertebrate species richness at the mesoscale: relative roles of energy and heterogeneity. *Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.* **7**, 215–220
- Garófalo, C.A. (1985) Social Structure Of *Euglossa cordata* Nests (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Entomol. Gen.* **11**(1/2), 77–83

- 551 Garófalo, C.A. (1992) Comportamento de Nidificacao e Estrutura de Ninhos de *Euglossa*
 552 *cordata* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Rev. Bras. Biol.* **52**(1), 187–198
- 553 Garófalo, C.A., Campos, M.J.O., Serrano, J.C. (1992) Nest Re-Use And Communal Nesting
 554 In *Microthurga corumbae* (Hymenoptera, Megachilidae), With Special Reference To Nest
 555 Defense. *Insectes Soc.* **39**(3), 301–311
- 556 Garófalo, C.A. (2000) Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que utilizam ninhos
 557 armadilhas em fragmentos de matas do Estado de São Paulo. *An. Encontro Abelhas* **4**, 121–
 558 128.
- 559 Garófalo, C.A., Augusto, S.C., Serrano, J.C. (1998) Nest structure and communal nesting in
 560 *Euglossa* (*Glossura*) *annectans* Dressler (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Rev. Bras. Zool.*
 561 **15**(3), 589–596
- 562 Garófalo, C.A., Martins, C.F., Alves-dos-Santos, I. (2004) The Brazilian solitary bee species
 563 caught in trap nests, in: Freitas, B.M. and Pereira, J.O.P. (Eds.), *Solitary bees - Conservation,*
 564 *rearing and management for pollination.* Fortaleza, Imprensa, pp. 77–84
- 565 Garófalo, C.A., Serrano, J.C. (1993) Utilization of trap nests by Euglossini species
 566 (Hymenoptera, Apidae). *Rev. Bras. Biol.* **52**(3), 177–187
- 567 Gazola, A.L., Garófalo, C.A. (2003) Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood
 568 (Hymenoptera: Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris* (*Heterocentris*)
 569 *analis* (Fabricius) (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *J. Kans. Entomol. Soc.* **76**(2), 131–142
- 570 Halaj, J., Ross, D.W., Moldenke, A.R. (1998) Habitat structure and prey availability as
 571 predictors of the abundance and community organization of spiders in western Oregon forest
 572 canopies. *J. Arachnol.* **26**, 203–220
- 573 Hatley, C.L., Macmahon, J.A. (1980) Spider community organization: Seasonal variation and
 574 the role of vegetation architecture. *Environ. Entomol.* **9**, 632–639
- 575 Herrera, C.M. (1988) Variation in mutualisms: The spatial temporal mosaic of a pollinator

- 576 assemblage. *Biol. J. Linn. Soc.* **35**, 95–125
- 577 James, C.D., Shine, R. (2000) Why are there so many coexisting species of lizards in
578 Australian deserts? *Oecologia* **125**, 127–141
- 579 Jayasingh, D.B., Freeman, B.E. (1980) The comparative population dynamics of eight solitary
580 bees and wasps (Aculeata; Apocrita; Hymenoptera) trap-nested in Jamaica. *Biotropica* **12**,
581 214–219
- 582 Jesus, B.M.V., Garófalo, C.A. (2000) Nesting behaviour of *Centris* (*Heterocentris*) *analis*
583 (Fabricius) in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini). *Apidologie* **31**, 503–
584 515
- 585 Kevan, P.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2002) Pollinating bees: the conservation link between
586 agriculture and nature. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- 587 Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D., Tschardtke, T. (2002) Effects of land use
588 intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and
589 wasps. *Conserv. Biol.* **16**, 1003–1014
- 590 Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. (2006) Rain forest promotes trophic
591 interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *J. Animal*
592 *Ecol.* **75**, 315–323
- 593 Klein, A.M., Vaissière, B., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C.,
594 Tschardtke, T. (2007) Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops.
595 *Proc. Royal Soc. Lond., Series B-Biological Sciences* **274**, 303–313
- 596 Kremen, C., Ricketts, T. (2000) Global perspectives on pollination disruptions. *Conserv. Biol.*
597 **14**, 1226–1228
- 598 Koleff, P., Gaston, K.J. (2002) The relationships between local and regional species richness
599 and spatial turnover. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **11**, 363–375
- 600 Krauss, J., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T. (2003) How does landscape context

- 601 contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of
 602 butterflies? *J. Biogeogr.* **30**, 889–900
- 603 Krombein, K.V. (1967) *Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates.*
 604 Smithsonian Institute Press, Washington.
- 605 Kruess, A. (2003) Effects of landscape structure and habitat type on a plant–herbivore
 606 parasitoid community. *Ecography* **26**, 283–290
- 607 Lassau, A.S., Hochuli, D.F. (2004) Effects of habitat complexity on ant assemblages.
 608 *Ecography* **27**, 157–164
- 609 Lassau, A.S., Hochuli, D.F. (2005) Wasp community responses to habitat complexity in
 610 Sydney sandstone forests. *Austral Ecol.* **30**, 179–180
- 611 Lassau, A.S., Hochuli, D.F., Cassis, G., Reid, C.A.M. (2005) Effects of habitat complexity on
 612 forest beetle diversity: Do functional groups respond consistently? *Divers. Distrib.* **11**, 73–82
- 613 Linsley, E.G. (1958) *The ecology of solitary bees.* Hilgardia, Berkeley, US.
- 614 Loyola, R.D., Brito, S.L., Ferreira, R.L. (2006) Ecosystem disturbances and diversity
 615 increase: Implications for invertebrate conservation. *Biodivers. Conserv.* **15**, 25–42
- 616 Loyola, R.D., Martins, R.P. (2006) Trap-Nest Occupation by Solitary Wasps and Bees
 617 (Hymenoptera:Aculeata) in a Forest Urban Remnant. *Neotrop. Entomol.* **35**, 041–048
- 618 Loyola, R.D., Martins, R.P. (2008) Habitat structure components are effective predictors of
 619 trap-nesting Hymenoptera diversity. *Basic Appl. Ecol.* **9**, 735–742
- 620 Loyola, R.D., Martins, R.P. (2011) Small-scale area effect on species richness and nesting
 621 occupancy of cavity-nesting bees and wasps. *Rev. Bras. Entomol.* **55**(1), 69–74
- 622 MacArthur, R.H., MacArthur, J.W. (1961) On birds species diversity. *Ecology* **42**, 594–598
- 623 Martins, R.P., Almeida, D.A.O. (1994) Is the bee, *Megachile assumptionis* (Hymenoptera:
 624 Megachilidae), a cavity-nesting specialist? *J. Insect Behav.* **7**, 759–765
- 625 Martins, M.B., Oliveira, T.G. (2011) *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação.*

- 626 Belém: MPEG.
- 627 Minckley, R.L., Cane, J.H., Kervin, L., Roulston, T.H. (1999) Spatial predictability and
 628 resource specialization of bees (Hymenoptera: Apoidea) at a superabundant, widespread
 629 resource. *Biol. J. Linn. Soc.* **67**, 119–147
- 630 Morato, E.F.A. (2000) Técnica de ninhos-armadilha no estudo de comunidades de Aculeata
 631 solitários. *Anais do IV Encontro sobre abelhas, Ribeirão Preto-SP, Brasil.*
- 632 Morato, E.F. (2001) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias na
 633 Amazônia Central. II. Estratificação vertical. *Rev. Bras. Zool.* **18**(3), 737–748
- 634 Morato, E.F., Campos, L.A.O. (2000) Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e
 635 abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* **17**(2), 429–444
- 636 Morato, E.F., Garcia, M.V.B., Campos, L.A.O. (1999) Biologia de *Centris* Fabricius
 637 (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia
 638 Central. *Rev. Bras. Zool.* **16**(4), 1213–1222
- 639 Morato, E.F., Martins, R.P. (2006) An Overview of Proximate Factors Affecting the Nesting
 640 Behavior of Solitary Wasps and Bees (Hymenoptera: Aculeata) in Preexisting Cavities in
 641 Wood. *Neotrop. Entomol.* **35**(3), 285–298
- 642 Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J. (2000)
 643 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858
- 644 Neff, J.L., Simpson, B.B. (1981) Oil collecting structures in the Anthophoridae
 645 (Hymenoptera): morphology, function, and use in systematics. *J. Kans. Entomol. Soc.* **54**(1),
 646 95–123
- 647 Oliveira, M.L., Morato, E.F., Garcia, M.V.B. (1995) Diversidade de espécies e densidade de
 648 ninhos de abelhas sociais sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) em floresta de
 649 terra firme na Amazônia Central. *Rev. Bras. Zool.* **12**, 13–24
- 650 Opdam, P., Wascher, D., (2004) Climate change meets habitat fragmentation: linking

- 651 landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biol. Conserv.* **117**,
 652 285–297
- 653 Panzer, R., Schwartz, M.W. (1998) Effectiveness of a vegetation-based approach to insect
 654 conservation. *Conserv. Biol.* **12**, 693–702
- 655 Parker, F.D. (1986) Factors influencing mortality and nesting in managed populations of the
 656 sunflower leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). *Environ. Entomol.* **15**(4), 877–879
- 657 Pereira, M., Garófalo, C.A., Camillo, E., Serrano, J.C. (1999) Nesting Biology of *Centris*
 658 (*Hemisiella*) *vittata* Lepelletier in southeastern Brazil (Hymenoptera, Apidae, Centridini).
 659 *Apidologie* **30**, 327–338
- 660 Pianka, E.R. (1967) On lizard species diversity: North American flatland deserts. *Ecology* **48**,
 661 333–351
- 662 Pinheiro, C.U.B., Araujo, N.A., Arouche, G.C. (2010) *Plantas Úteis do Maranhão: Região da*
 663 *Baixada Maranhense*. Gráfica e Editora Aquarela, São Luís
- 664 Pinheiro, C.U.B., Santos, V.M., Ferreira, F.R. (2005) Usos de Subsistência de Espécies
 665 Vegetais na Região da Baixada Maranhense. *Amaz. Ciênc. Desenvol.* **1**(1), 235–250
- 667 Pinheiro, C.U.B. (2013) *Matas Ciliares: Recuperação e Conservação em áreas úmidas do*
 668 *Maranhão*. Gráfica e Editora Aquarela, São Luís.
- 670 Raw, A. (2007) An annotated catalogue of the leafcutter and mason bees (genus *Megachile*)
 671 of the Neotropics. *Zootaxa* **1601**, 1–127
- 672 Ricketts, T.H. (2001) The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *Am.*
 673 *Nat.* **158**, 87–99
- 674 Ritchie, M.E., Olff, H. (1999) Spatial scaling laws yield a synthetic theory of biodiversity.
 675 *Nature* **400**, 557–560
- 676 Roubik, D.W. (1989) *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge, Cambridge

- 677 University Press.
- 678 Roubik, D.W. (1995) Pollination of cultivated plants in the tropics. Food and Agriculture
679 Organization of the United Nations. FAO Agricultural Services Bulletin.
- 680 Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. (1973) Monitoring the vernal
681 advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC
682 1978-1. Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ, College Station.
- 683 Scott, V.L., Kelley, S.T., Strickler, K. (2000) Reproductive biology of two *Coelioxys*
684 cleptoparasites in relation to their *Megachile* hosts (Hymenoptera: Megachilidae). Ann.
685 Entomol. Soc. Am. **93**, 941–948
- 686 Serrano, J.C., Garófalo, C.A. (1978) Utilização de ninhos artificiais para o estudo bionômico
687 de abelhas e vespas solitárias. Rev. Bras. Entomol. **31**, 237–241
- 688 Silva, F.O., Viana, B.F., Neves, E.L. (2001) Biologia e arquitetura de ninhos de *Centris*
689 (*Hemisiella*) *tarsata* Smith (Hymenoptera: Apidae: Centridini). Neotrop. Entomol. **30**(4), 541–
690 545
- 691 Simpson, B.B. (1989) Pollination biology and taxonomy of *Dinemandra* and *Dinemagonum*
692 (Malpighiaceae). Syst. Bot. **14**, 408–426
- 693 Soares, E.C. (2005) Peixes do Mearim. Editora Instituto GEIA, São Luís.
- 694 Souza, M.O., Pinheiro, C.U.B. (2007) Composição de espécies e estado de conservação das
695 matas ciliares do Lago Cajari, Penalva - Baixada Maranhense - Brasil. An. VII Congr. Ecol.
696 Bras. Caxambu - MG.
- 697 Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T. (1997) Early succession of butterfly and plant
698 communities on set-side fields. Oecologia **109**, 294–302
- 699 Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., Tscharntke, T. (2002) Scale
700 dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. Ecology **83**, 1421–1432
- 701 Steffan-Dewenter, I. (2002) Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their

- 702 natural enemies. *Ecol. Entomol.* **27**, 631–637
- 703 Strickler, K., Scott, V.L., Fischer, R.L. (1996) Comparative nesting ecology of two sympatric
704 leafcutting bees that differ in body size (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Kans. Entomol. Soc.*
705 **69**, 26–44
- 706 Summerville, K.S., Crist, T.O. (2004) Contrasting effects of habitat quantity and quality on
707 moth communities in fragmented landscapes. *Ecography* **27**, 3–12
- 708 Summerville, K.S., Boulware, M.J., Veech, J.A., Crist, T.O. (2003) Spatial variation in
709 species diversity and composition of forest Lepidoptera in eastern deciduous forests of North
710 America. *Conserv. Biol.* **17**, 1045–1057
- 711 Tscharntke, T., Gathmann, A., Steffan-Dewenter, I. (1998) Bioindication using trap-nesting
712 bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *J. Appl.*
713 *Ecol.* **35**, 708–719
- 714 Veech, J.A., Crist, T.O., Summerville, K.S. (2003) Intraspecific aggregation decreases local
715 species diversity of arthropods. *Ecology* **84**, 3376–3383
- 716 Viana, B.F., Silva, F.O., Kleinert, A.M.P. (2001) Diversidade e sazonalidade de abelhas
717 solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no Nordeste do Brasil. *Neotrop.*
718 *Entomol.* **30**(2), 245–251
- 719 Vinson, S.B., Frankie, G.W., Williams, H.J. (1996) Chemical ecology of bees of the genus
720 *Centris* (Hymenoptera: Apidae). *Fla. Entomol.* **79**(2), 109–129
- 721 Weibull, A.C., Ostman, O., Granqvist, A. (2003) Species richness in agroecosystems: the
722 effect of landscape, habitat and farm management. *Biodivers. Conserv.* **12**, 1335–1355
- 723 Whittaker, R.J., Willis, K.J., Field, R. (2001) Scale and species richness: towards a general
724 hierarchical theory of species diversity. *J. Biogeogr.* **28**, 453–470
- 725 Willians, I.H. (1996) Aspects of bee diversity and crop pollination in the European Union, in
726 Matheson, A., Buchmann, S.L., O'Toole, C., Westrich, P. and Willians, I.H. (Eds.), *The*

- 727 Conservation of Bees. New York, Academic Press, pp. 63–80
- 728 Williams, N.M., Minckley, R.L., Silveira, F.A. (2001) Variation in native bee faunas and its
729 implication for detecting community changes. *Conserv. Ecol.* **5**(7)
- 730 Willis, K.J., Whittaker, R.J. (2002) Species diversity – scale matters. *Science* **295**, 1245–1248
- 731 Zanette, L.R.S., Martins, R.P., Ribeiro, S.P. (2005) Effects of urbanization on Neotropical
732 wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landsc. Urban Plan.* **71**, 105–121
- 733 Zillikens, A., Steiner, J. (2004) Nest architecture, life cycle and cleptoparasite of the
734 neotropical leafcutting bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure (Hymenoptera:
735 Megachilidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* **77**, 193–202



Instructions for Authors

SCOPE

Apidologie publishes original research articles, reviews and scientific notes on the biology of insects belonging to the superfamily Apoidea (Michener, 1944), the term “biology” being used in the broader sense. The main topics include : behavior, ecology, pollination, genetics, physiology, toxicology and pathology. Systematic research can also be submitted to the extent that it concerns the Apoidea. Also accepted are research papers, including economic studies, on the rearing, exploitation and practical use of Apoidea and their products, as far as they make a clear contribution to the understanding of bee biology. Preference will be given to studies that are hypothesis driven. Papers which are only of descriptive kind and of local interest are not accepted.

TYPES OF ARTICLES

The journal *Apidologie* publishes original articles, review articles, scientific notes, proceedings of scientific meetings and extensive bibliographies in English.

It is the author's responsibility to ensure that the manuscript is written in appropriate English. Non English-speaking authors are strongly encouraged to consult a professional proof-reading service prior to submission. The editorial board maintains the option of returning, before evaluation, manuscripts which do not meet the instructions and/or acceptable standards of English.

Original and review articles have an abstract in English.

A- Original articles: they should be no longer than ten pages as a rule, i.e. about 30,000 characters (spaces excluded), including tables and figures (see ‘Manuscript structure’ for more information).

B- Review articles: Their length is limited to about 60,000 characters, spaces excluded. The usual division into ‘materials and methods, results and discussion’ may be replaced by a more adapted structure.

C- Proceedings of scientific meetings: Summaries of communications are limited to 1700 characters, spaces excluded. They have no chapters, bibliographic references, tables or acknowledgements and are published by prior arrangement with the Editorial Board.

D- *Scientific notes*: Apidologie publishes brief notes to report information and observation **for which replication is not possible or additional data cannot be easily obtained and which have an exceptional scientific interest. The authors must justify in the cover letter the appropriateness of presenting their data as a Scientific Note.**

The length of such notes will be strictly restricted to 3 pages (i.e about 9,000 characters, spaces excluded, if only text and references) and publication will depend on the availability of space in the journal and general interest to readers of Apidologie. This form is intended to augment scientific communication and is by no means for articles that are not of sufficient rigor to be published as full papers. All submissions must include 'scientific note' in the title. Only the title is translated in French and German; there is no summary.

E- *Extensive bibliographies*: A two-pages synopsis of introduction is published in the printed version, the bibliography itself being available online only. Before preparation and submission of such bibliographies, authors are advised to contact the Editorial office. References are published in HTML format in addition to PDF format.

PEER REVIEW PROCESS

All manuscripts are examined initially by Apidologie scientific editors for their appropriateness to the journal. Those which do not match the scope of Apidologie or are of insufficient general interest are sent promptly to their authors. Other manuscripts are sent to a minimum of two experts chosen by the handling editor. Reviewers are invited to present their comments and/or suggestions within 4 weeks after getting access to the manuscript.

Reviewers' comments are sent to the authors without their names to remain anonymous. Final acceptance is a decision of the handling editor and is based on the reviewers' reports and the editorial board advice.

In case of revision, the authors must indicate in which ways the comments and suggestions were taken into account or why they were not. The corrected version should be returned to the handling editor within 2 months after the decision has been made. After this delay, it will be considered as a new manuscript. Depending on the handling editor's decision, revised manuscripts may be sent out to reviewers a second time.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Please read these instructions carefully before submitting your manuscript: the Editorial Board maintains the option of returning to authors, before the reviewing process, any manuscript not in compliance with these recommendations.

Submission of a paper implies that it reports original unpublished work, that it has not been accepted and is not under consideration for publication elsewhere. *All authors must have read and approved the manuscript.*

The accepted language is English. The papers (original and review articles) are published with an abstract in English.

How to submit

Authors have to submit their manuscripts online <https://www.editorialmanager.com/apid/>. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Manuscript structure

The manuscript should be submitted in Word (please do not submit docx files) and typed in Times 12 double-spaced with margins of at least 3 cm at the top, bottom and sides for editor’s marking. Lines and pages should be numbered.

The manuscripts (original articles) should be arranged as follows: title page, authors’ names and addresses, short title, abstract and keywords, introduction, materials and methods, results, discussion/conclusion; acknowledgements, references, figures captions, tables, figures.

Tables and figures, with their captions, should not appear in the text, but be placed together in the end of the text.

1. Introduction

2. Material and Methods

3. Results

4. Discussion/ Conclusion

Acknowledgements

The name of the funding organizations should be written in full.
Please do not use more than three levels of displayed headings.

Title

With no more than 150 characters, spaces excluded (i.e. 3 lines max. on the printed page).
If there are Latin names of plants and animals, please do not mention the name of the author in the title. (This authority needs to appear only once in the article, with the first mention of the taxon in the text)

Authors:

First names (in full) and last names of each author.

Address of all authors; detailed address of the corresponding author with his/her mail address.

Short title:

No more than 45 characters, including spaces.

Abstract

It should be no more than 850 characters and should contain no paragraphs, footnotes, references, cross-references to figures or tables and undefined abbreviations.

Keywords

Up to five keywords should be supplied, separated by slashes, in bold lowercase letters.

Acknowledgements

Acknowledgements of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section. The names of funding organizations should be written in full.

References

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. An author citing a paper 'in press' should either provide a DOI or a proof of acceptance to the editors, otherwise it should be cited as 'unpubl. data'. Unpublished data or personal communication should not appear in the list but should be cited in the text as 'unpubl. data'.

Reference list entries should be alphabetized by the last name of the first author of each work. In case of a reference with more than 10 authors, list only the first 5 authors and then 'et al.' If an author has several publications, the order is as follows : publications of the single author in chronological order, publications of this senior author with one co-author in chronological order, publications of this author with more than one co-author in chronological order.

The titles of the journals should be abbreviated, with punctuation marks, according to the ISSN List of Title Word Abbreviations (see : www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php)

The authors' initials should be punctuated as well.

Examples of the layout and punctuation to be used are given below :

Article of a journal :

Burgett, M., Burikam, I. (1985) Number of adult honey bees (Hymenoptera: Apidae) occupying a comb: a standard for estimating colony populations. *J. Econ. Entomol.* **78** (6), 1154-1156

Article by DOI:

Bevk, D., Kralj J., Cokl, A. (2011) Coumaphos affects food transfer between workers of honeybee *Apis mellifera*. *Apidologie*, DOI:10.1007/s13592-011-0113-x

Book :

Bailey, L., Ball, B. V. (1991) *Honey Bee Pathology*. Academic Press Ltd., London.

Book Chapter :

Henderson, P. J. F. (1992) Statistical analysis of enzyme kinetic data, in: Eienthal, R. and Danson, M. J. (Eds.), *Enzyme assays: a practical approach*. Oxford University Press, Oxford, pp. 277-316

Electronic material:

Agreste, MAAPRAT (2011) Répartition du Territoire. 2009-2010 semi-définitive [online] <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/territoire-environnement> (accessed on 05 July 11)

Citation in the text: refer to author(s) and year of publication (Dupont 1956). When there are more than two authors, give the first author's name followed by 'et al.'.

Miscellaneous points

Abbreviations:

The acronyms and scientific abbreviations should be defined at first mention in the text, except for the common ones (DNA, RFLP, PCR, ANOVA, etc.).

The authors' initials and the abbreviated titles of the journals should be presented with punctuation marks in the list of references.

Units

Units should be from the International System of Units (SI) (English version available at : <http://www.bipm.org/en/si/>).

For example, hectares and ppm do not belong to the SI and should be changed into m² and mg/kg or µL/L, respectively.

On the SI website you also find the official abbreviation of each unit. For example :

1 h = 60 min = 3600 s and 1 d = 24 h

The official abbreviation of liter is L. We use L to discriminate from l (one).

Time is expressed as follows : 1150 h for 11h50 a.m. and 1715 h for 5h15 p.m.

Latin names

The Latin names as well as the authority must be cited in full at the first mention in the text and then the genus abbreviated in the following citations. The authority should not appear in the title or the abstract. Latin genus and species must be italicised.

Varroa

The word should not be used like a common noun (varroa) but be replaced either by the latin binomial (*V. destructor* or *V. jacobsoni*) or by « mites » when the meaning is unequivocal.

Races of honeybees

The honeybee subspecies should be mentioned in Latin *only* if morphometric or genetic proof of the race can be produced. If not, use a circumlocution such as « derived from Carnolian honeybees ». For the sake of accuracy, the terms European-derived and African-derived should be used for studies involving honey bees in the New World in which the origins or racial makeup of the study population needs to be stated.

Geographical coordinates

When the location of the experiment is meaningful, geographic coordinates of the place

should be added.

DNA Sequences

Apidologie requires that sequence data generated and used in studies published in the journal be submitted to Genbank prior to publication and the Accession numbers then placed in the manuscript text (or in figures and tables). [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/submit.html>]

TABLES AND ARTWORKS

Tables

- All tables are to be numbered using Latin numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

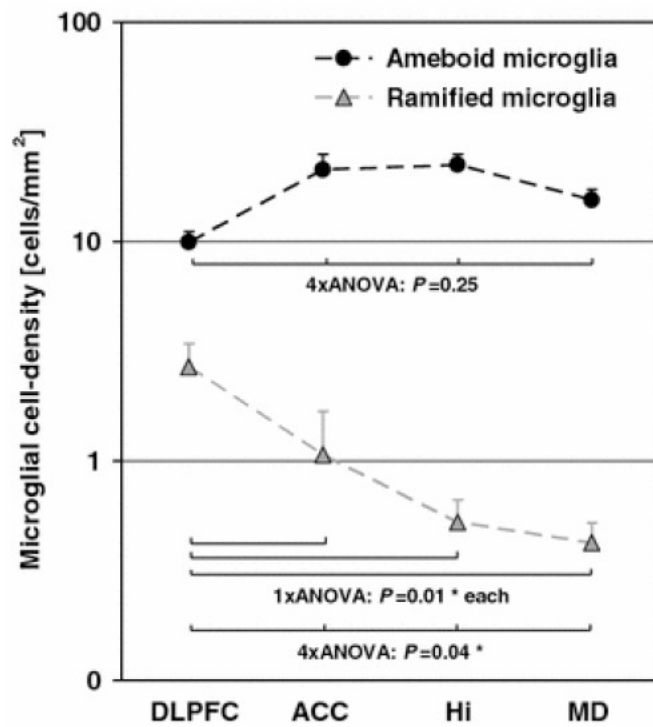
Artwork

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

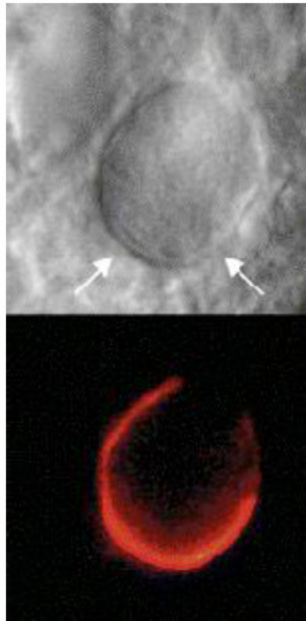
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



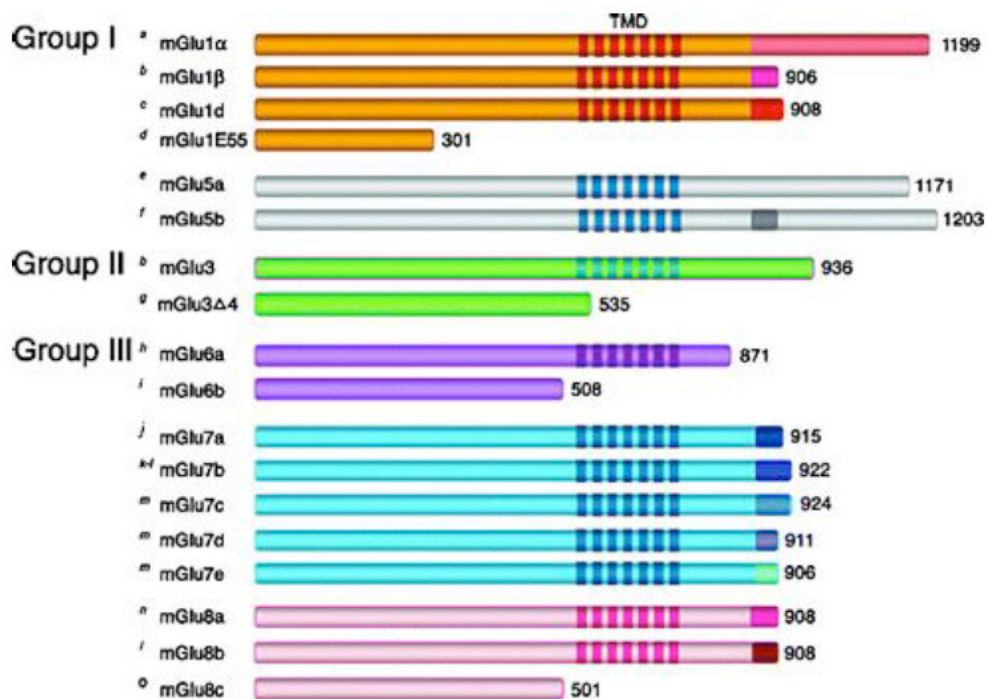
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- **If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible.** Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color. Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer’s online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor. After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

Complimentary copies for colleagues

At acceptance, you can provide a list of max. 10 email addresses of colleagues: the journal will send them a complimentary copy of the PDF of your paper. This may definitely help disseminating your study and increasing its potential impact, as well as the impact of the journal.



<http://www.springer.com/journal/13592>

Apidologie

Official journal of the Institut National de la Recherche
Agronomique (INRA) and Deutschen Imkerbundes e.V.
(D.I.B.)

Managing editor: Dufay, A.

ISSN: 0044-8435 (print version)

ISSN: 1297-9678 (electronic version)

Journal no. 13592

ANEXOS CAPÍTULO I

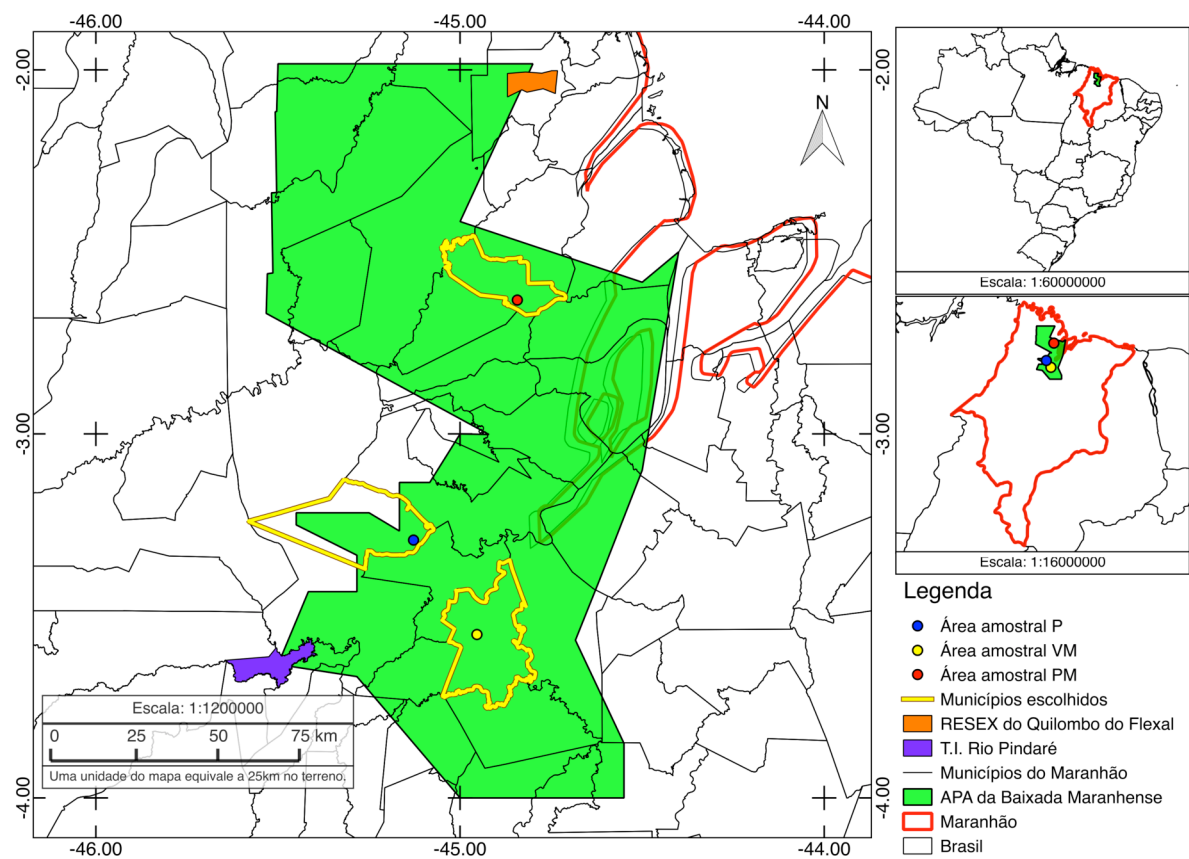


Figura 1. Localização das três áreas onde foram efetuadas as coletas, nos municípios de Peri Mirim - PM, Penalva - P e Vitória do Mearim - VM, na Baixada Maranhense.



Figura 2. Conjunto amostral fixado em árvore, composto por doze ninhos-armadilhas.



Figura 3. Desenho amostral da área de Vitória do Mearim (VM). As linhas verdes representam os transectos e os pontos brancos a posição dos conjuntos amostrais.

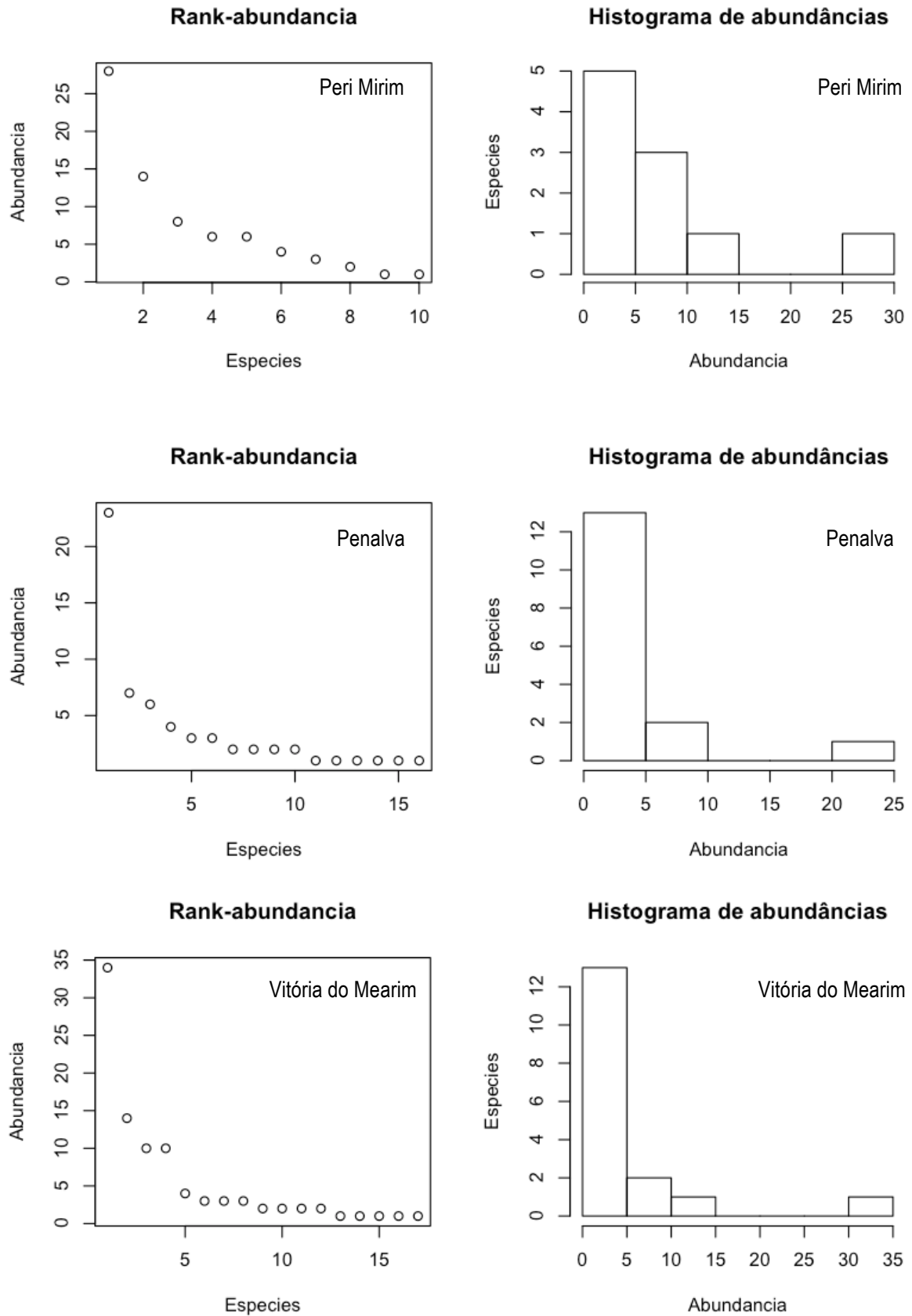


Figura 4. Gráfico de ranking/abundância de cada uma das áreas do lado esquerdo e histogramas de abundâncias de cada uma das áreas do lado direito.

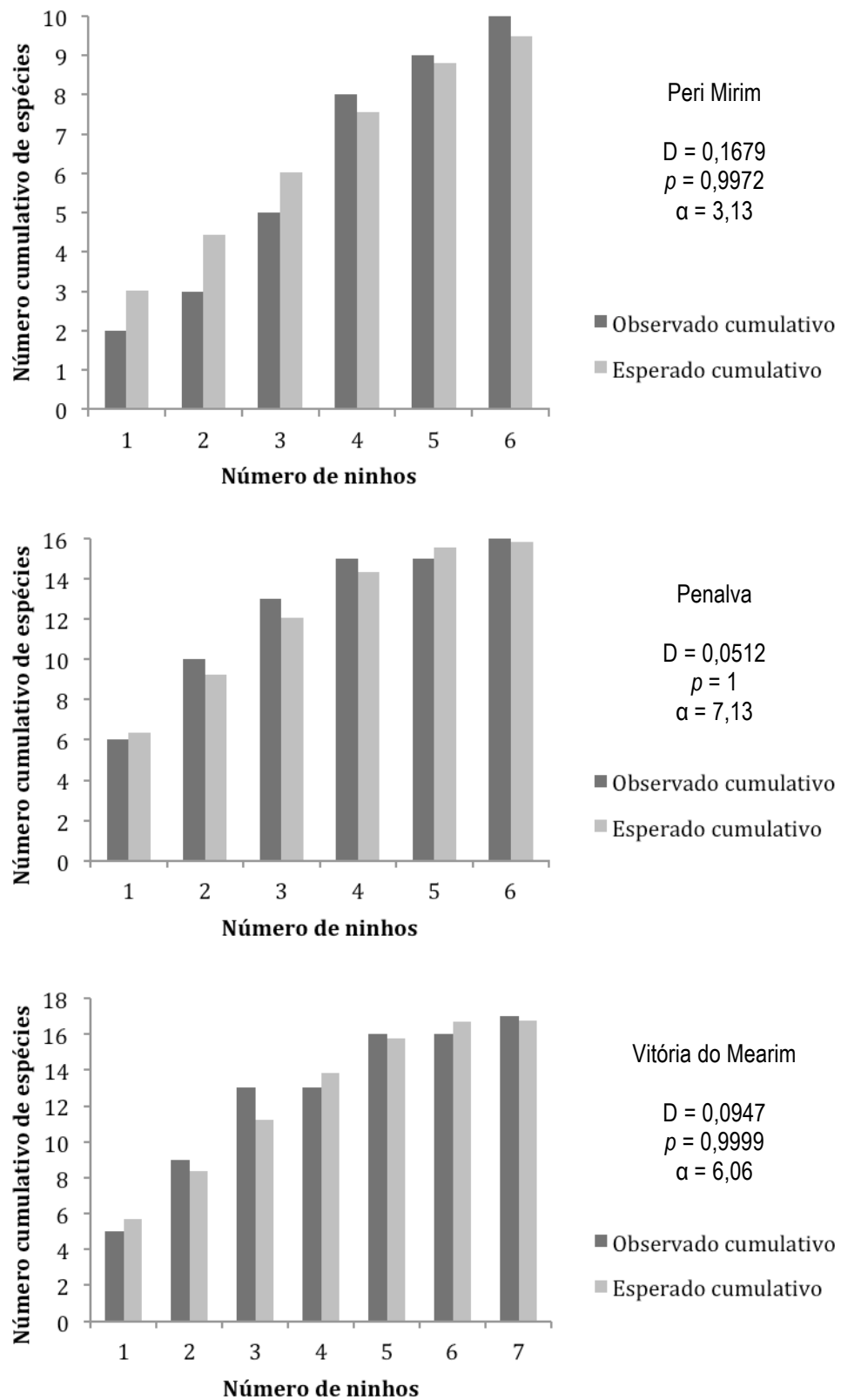


Figura 5. Histograma mostrando o observado cumulativo e o esperado cumulativo para distribuição do modelo série logarítmica.

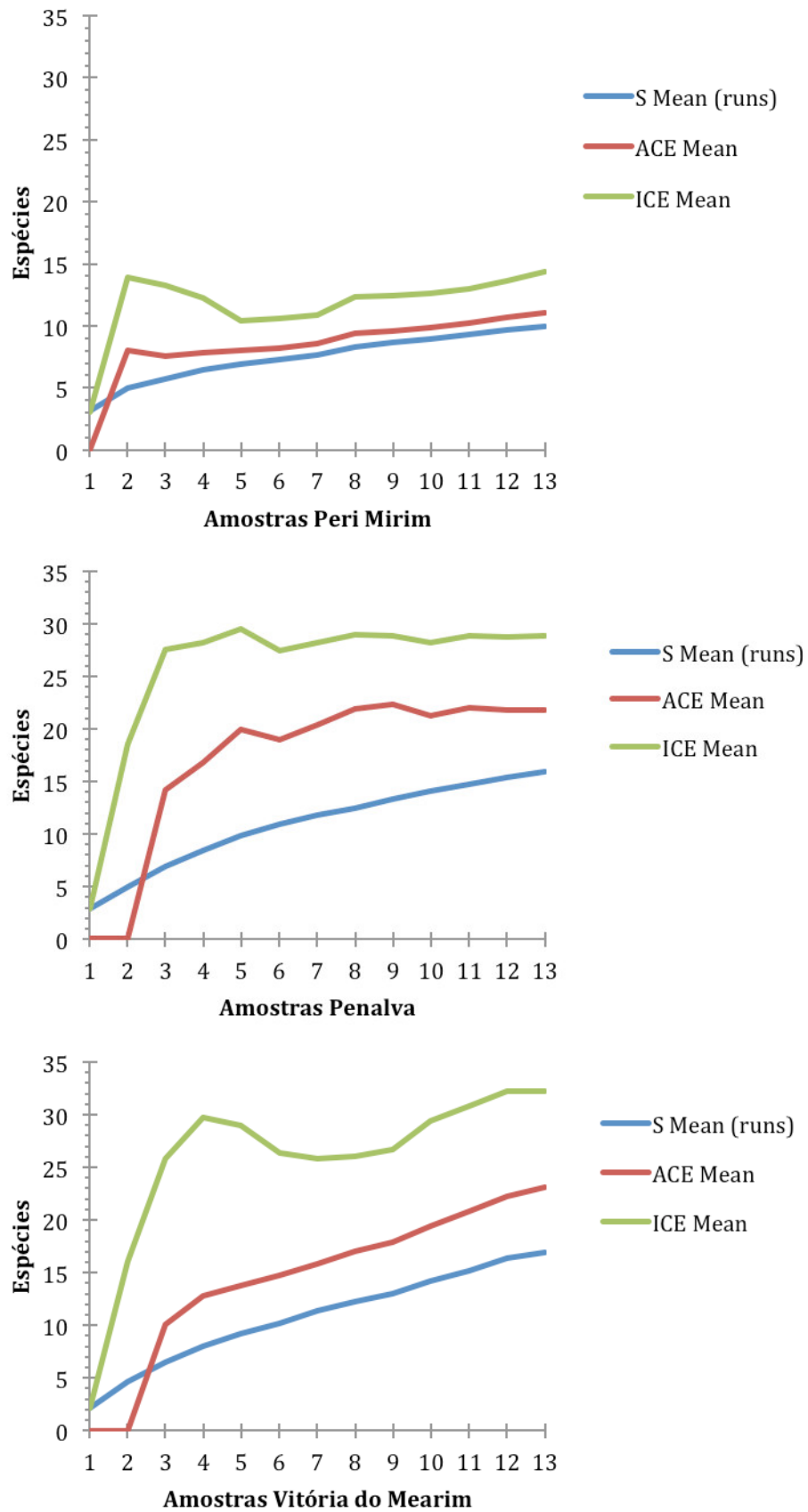


Figura 6. Desempenho dos dois estimadores escolhidos em relação a curva de acumulação de espécies (S Mean), as escalas foram mantidas iguais para facilitar a comparação.

ANEXOS CAPÍTULO II

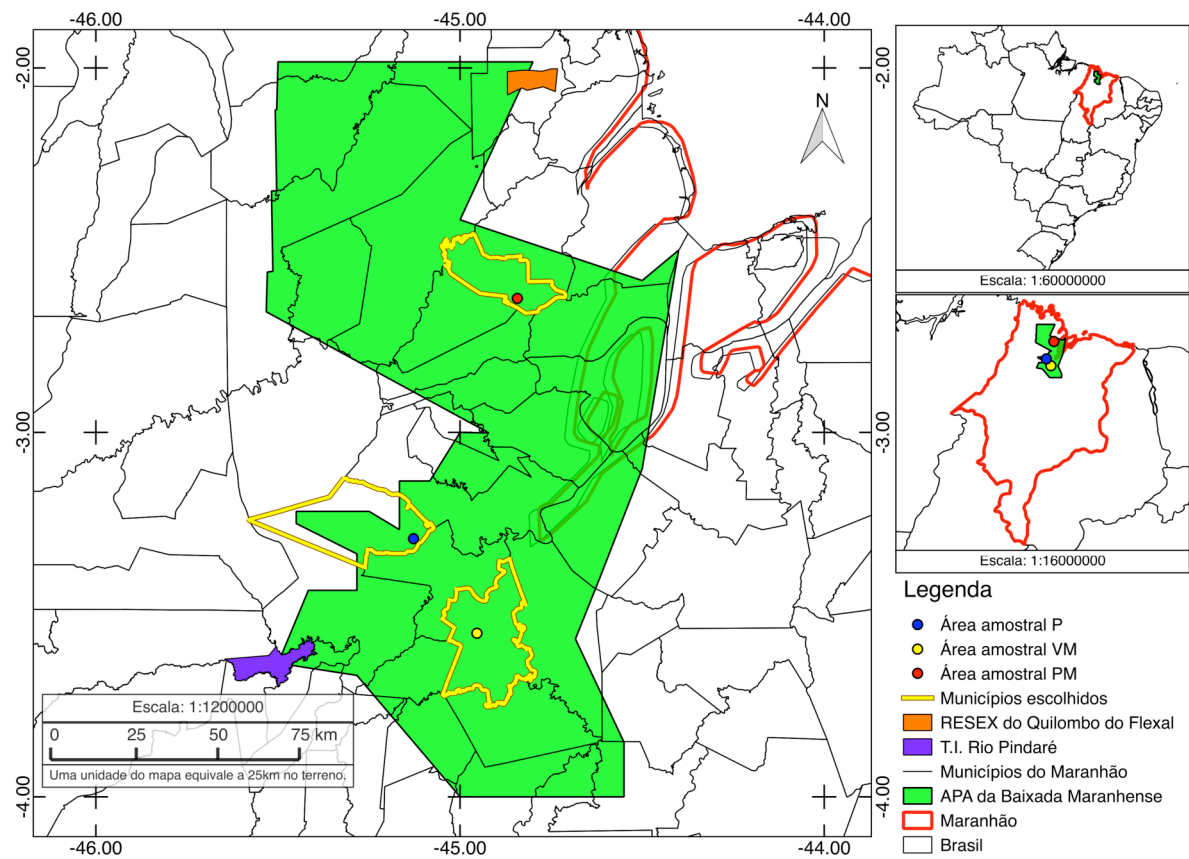


Figura 1. Localização das três áreas onde foram efetuadas as coletas, nos municípios de Peri Mirim - PM, Penalva - P e Vitória do Mearim - VM, na Baixada Maranhense.



Figura 2. Conjunto amostral fixado em árvore, composto por doze ninhos-armadilhas.



Figura 3. Desenho amostral da área de Vitória do Mearim (VM). As linhas verdes representam os transectos e os pontos brancos a posição dos conjuntos amostrais.

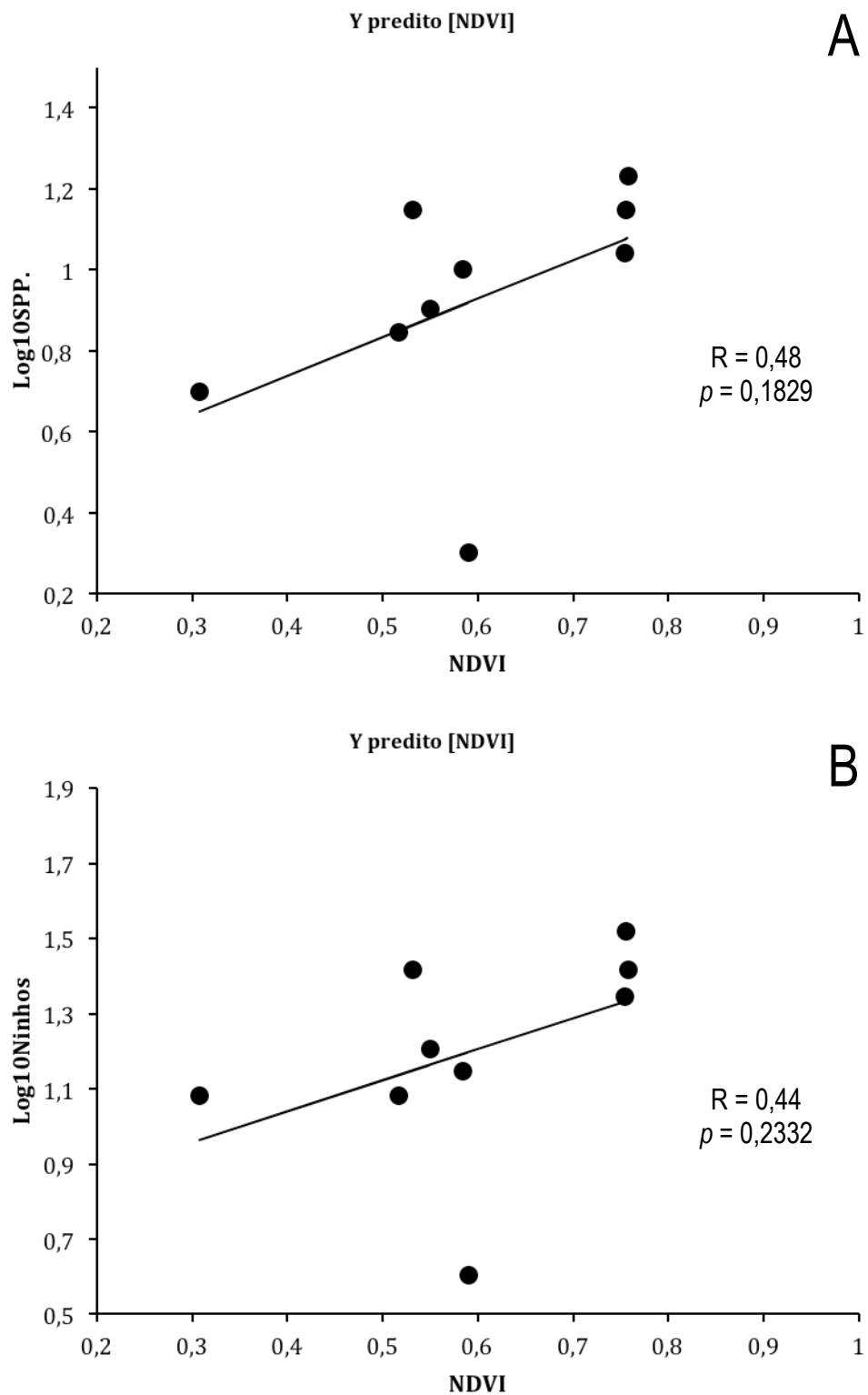


Figura 4. Plot de regressão para relação entre (A) a densidade da cobertura vegetal (NDVI) e o Log_{10} spp. das espécies de *Megachile*; (B) a densidade da cobertura vegetal (NDVI) e o Log_{10} ninhos das espécies de *Megachile*, com a presença dos pontos discrepantes (outlines).

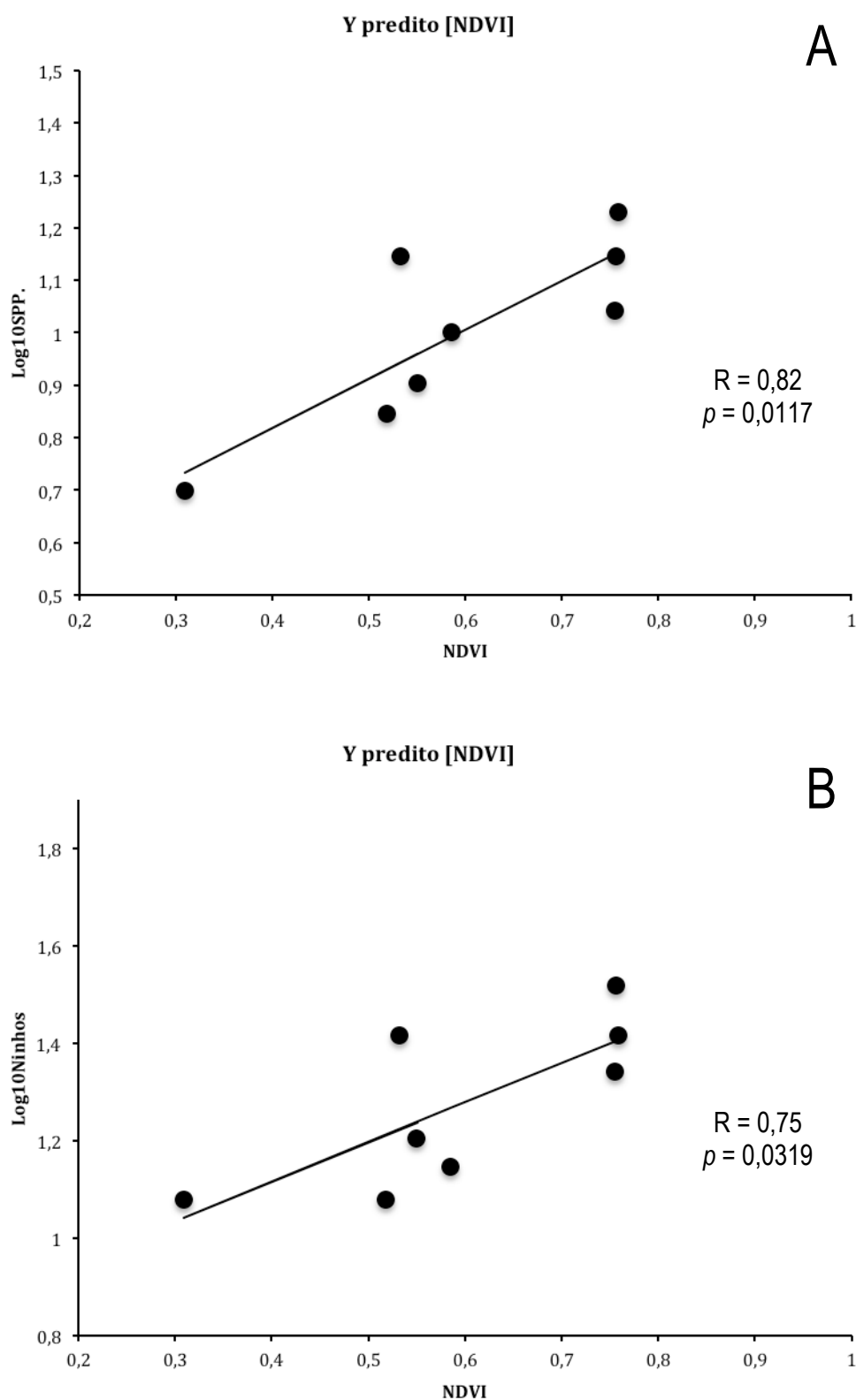


Figura 5. Plot de regressão para relação entre (A) a densidade da cobertura vegetal (NDVI) e o Log_{10} spp. das espécies de *Megachile*; (B) a densidade da cobertura vegetal (NDVI) e o Log_{10} ninhos das espécies de *Megachile*, com a retira dos pontos discrepantes (outlines).