

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Área de concentração: Zoologia

Dissertação de Mestrado

**Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de
Megachile dentipes Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-
armadilha**

Adauto Alex dos Santos

João Pessoa
2011

Adauto Alex dos Santos

**Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de
Megachile dentipes Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-
armadilha**

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas, área de concentração
Zoologia, da Universidade Federal da
Paraíba como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas**

Orientador: Prof. Dr. Celso Feitosa Martins
Co-orientador: Prof. Dr. Clemens Schlindwein

João Pessoa
2011

S237n Santos, Aauto Alex dos.
Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de *Megachile dentipes* Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha / Aauto Alex dos Santos.- João Pessoa, 2011.
95f. : il.
Orientador: Celso Feitosa Martins
Co-orientador: Clemens Schlindwein
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN

1.Ciências Biológicas. 2.Agroecossistemas. 3.Nidificação.
4.Megachilidae. 5. Plantas herbáceas.

UFPB/BC

CDU: 57(043)

Adauto Alex dos Santos

Nidificação de abelhas e vespas solitárias e biologia reprodutiva de *Megachile dentipes* Vachal (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha

Membros da Banca Examinadora

Prof. Dr. Celso Feitosa Martins (Orientador)
Departamento de Sistemática e Ecologia – UFPB

Prof. Dr. Fernando César Vieira Zanella (Titular)
Departamento de Engenharia Florestal - UFCG

Dra. Reislá Silva de Oliveira (Titular)
Departamento de Biodiversidade - UFOP

Prof. Dr. Antonio José Creão-Duarte (Suplente)
Departamento de Sistemática e Ecologia – UFPB

*"Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo.
Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta."*

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar força interior e me ajudar a superar as dificuldades, mostrando os caminhos nas horas incertas.

Agradeço profundamente a meus exemplos de vida, Severina Maria dos Santos e Maurício Francisco dos Santos, que sempre me estimularam a dar este grande passo.

Aos meus orientadores e amigos, Drs. Celso Martins e Clemens Schlindwein, por acreditarem em mim, mostrando o caminho da ciência e me ajudando nos momentos difíceis que enfrentei, além de serem exemplos profissionais e de homens.

Ao meu tio, Professor José Luiz da Silva Filho, por sempre me acolher e me guiar aos melhores caminhos da vida. Zé, obrigado por fazer parte da minha vida, por ser um homem íntegro, um profissional exemplar e um tio nota 10.

A Anthony Santos, por ser meu amigo, companheiro, incentivador, patrocinador, acolhedor e tricolor...enfim, principalmente por ser meu irmão.

Ao Mestre Airton Torres Carvalho, por sua ajuda e paciência na construção deste volume, colaborando para o meu crescimento profissional e por ser também um exemplo de profissional a ser seguido.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa do “Laboratório Plebeia – ecologia de abelhas e da polinização” (Airton, Reislá, Artur, Milson, Juliana, Davi, Lígia, Poliana, Paulo), pois sem eles grande parte deste trabalho não seria executado.

Aos membros do Laboratório de Entomologia da UFPB, pelo suporte técnico e ajuda com o material coletado.

A todos os meus amigos e amigas de Olinda/PE, que sempre estiveram presentes me aconselhando e incentivando com carinho e dedicação.

Aos meus amigos do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), que apesar da minha freqüente ausência na Paraíba sempre me deram força e apoio em minhas pesquisas.

As abelhas e vespas solitárias nidificantes em cavidades preexistentes, especialmente à *Megachile dentipes*, pois sem elas a realização deste trabalho seria literalmente inviável.

A toda minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo.

A Usina São José, pelo apoio logístico e permissão de trabalho.

A CAPES pela bolsa e financiamento deste estudo.

SUMÁRIO

Lista de figuras	9
Lista de tabelas	11
Prefácio	12
Resumo	13
Abstract	15
CAPÍTULO 1. Nidificação de abelhas e vespas solitárias em sistemas de monocultura de cana-de-açúcar e policultura no nordeste do Brasil	17
Resumo	18
Abstract	19
1.1 Introdução	20
1.2 Material e Métodos	22
1.2.1 Descrição das áreas de estudo	22
1.2.2 Amostragem com ninhos-armadilha	24
1.2.3 Análise dos dados	26
1.3 Resultados	27
1.3.1 Composição, riqueza de espécies e abundância de ninhos	27
1.3.2 Comparação entre as áreas: Monocultura <i>versus</i> Policultura	29
1.3.3 Inimigos naturais	30
1.4 Discussão	31
1.4.1 Policultura suporta maior diversidade de abelhas e vespas solitárias em relação à monocultura	31
1.4.2 Agroecossistemas apresentam diversificada composição de espécies de abelhas solitárias	35
1.5 Referências bibliográficas	37
CAPÍTULO 2. História natural e biologia da nidificação de <i>Megachile (Sayapis) dentipes</i> Vachal, 1909 (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha	45
Resumo	46
Abstract	47
2.1 Introdução	48
2.2 Material e Métodos	49
2.2.1 Áreas de estudo	49
2.2.2 Ninhos-armadilha	51
2.2.2.1 Tubos de cartolina	51
2.2.2.2 Ninhos de observação	52
2.2.3 Parâmetros avaliados	53
2.2.3.1 História natural	53
2.2.3.2 Biologia de nidificação	55
2.3 Resultados	58
2.3.1 História natural	58
2.3.1.1 Número de ninhos, células de cria e indivíduos emergidos	58
2.3.1.2 Sazonalidade	59
2.3.1.3 Diâmetro dos ninhos e razão sexual	61
2.3.1.4 Parasitismo e mortalidade	61
2.3.1.5 Desenvolvimento dos imaturos	62
2.3.2 Biologia de nidificação	64
2.3.2.1 Arquitetura do ninho	64

2.3.2.2 Comportamento de nidificação	66
2.3.2.3 Análise polínica e recursos florais utilizados	72
2.4 Discussão	76
2.4.1 Polilectia em <i>Megachile dentipes</i>	76
2.4.2 Período de nidificação, preferência por diâmetros e razão sexual	78
2.4.3 Reconhecimento de cavidades pelo campo visual	79
2.4.4 Estrutura do ninho	79
2.4.5 Diferença no tempo de emergência entre hospedeiro e parasita	81
2.4.6 Comportamento de construção do ninho	82
2.4.7 Luta por cavidades	84
2.4.8 Parasitismo e mortalidade	84
2.4.9 Implicações para o manejo	85
2.5 Referências bibliográficas	86

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1- Nidificação de abelhas e vespas solitárias em áreas de monocultura e policultura no nordeste do Brasil

Figura 1. (a) Imagem de satélite mostrando a localização das duas áreas estudadas: (b) Monocultura de cana-de-açúcar e (c) agroecossistema, ambas no estado de Pernambuco, Brasil.

Figura 2. Tipos de ninhos armadilha utilizados neste estudo: (a-b) cartolinas com 4, 6, 8 e 10 mm de diâmetros inseridos em blocos de madeira, e (c-d) ninhos de observação. Imagem de satélite mostrando os pontos de coletas na matriz de cana-de-açúcar (e) e em sistema agroflorestal (f). Os pontos correspondem aos locais onde foram instalados os blocos de madeira com cartolina (vermelho) e os ninhos de observação (amarelo).

Figura 3. Riqueza de espécies (A), abundância de ninhos (B) e diversidade (C) de abelhas e vespas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em área de monocultura e policultura. Os valores das tabelas são dados em média.

CAPÍTULO 2. História natural e biologia da nidificação de *Megachile (Sayapis) dentipes* Vachal, 1909 (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha

Figura 1. Desenho esquemático do ninho-armadilha que foi utilizado neste estudo. a) Detalhe das dimensões do bloco, diâmetro e profundidade dos orifícios; b) Ninho-armadilha a ser instalado em campo.

Figura 2. Modelo do segundo tipo de ninho-armadilha (ninho de observação) utilizado neste estudo. a) Quatro pranchas de madeira sobrepostas perfuradas longitudinalmente e suspensa por uma trave. b) Ninho-armadilha instalado na matriz canavieira.

Figura 3. (a) Localização das áreas onde o estudo foi conduzido. (b) As coletas foram realizadas no estado de Pernambuco (b), em duas paisagens com agroecossistema: (c) monocultura de cana-de-açúcar e (d) culturas frutíferas com pastagem.

Figura 4. Distribuição do número de células por ninhos de *M. dentipes* coletados com ninhos-armadilha em duas localidades do estado de Pernambuco, Brasil.

Figura 5. Número de ninhos, células de cria e indivíduos emergidos de *Megachile dentipes*, mensalmente, em ninhos-armadilha em área de monocultura de cana-de-açúcar (a-b) e policultura (c-d), em relação à precipitação pluviométrica.

Figura 6. Estádios de desenvolvimento de imaturos da espécie *Megachile dentipes*(♂). (a) ovo, (b) larva jovem, (c) larva madura (pré-pupa), (d) pré-pupa com casulo, (e) pupa não pigmentada e (f) pupa em processo de pigmentação.

Figura 7. (A) Arquitetura interna do ninho de *Megachile dentipes* evidenciando as células de cria (C1 e C2) com a larva (L) sobre o alimento larval (P+N) e uma célula vestibular (CV) separando a ultima célula de cria do opérculo final (OF). Em detalhe na parte superior da madeira o néctar extravasado da C1. (B) Opérculo final em vistas externa e interna, e (C) o casulo juntamente com as fezes (FE) depositadas na porção basal.

Figura 8. Atividade de *Megachile dentipes* durante o processo de construção e aprovisionamento de uma célula de cria.

Figura 9. Seqüência comportamental seguida por fêmeas de *Megachile dentipes* na construção de um ninho: (a) inspeção de cavidades, (b) guarda da cavidade, (c) revestimento da célula de cria, (d) 1ª carga de pólen depositada na célula, (e) regurgitando néctar, (f), deposição de pólen

sobre o alimento larval, (g) oviposição, (h-i) construção do fechamento da célula de cria, (j-k) construção do fechamento do ninho. (l) Detalhe da abelha parasita *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. em frente a entrada de um ninho de *M. dentipes*.

Figura 10. Tipos polínicos presentes em células de cria aprovisionadas por *Megachile dentipes* no canavial: (a) *Centraterum punctatum*, (b) Rubiaceae sp., (c) *Richardia grandiflora*, (d) *Borreria verticillata*, (e) *Mimosa* sp., e (f) *Hyptis* sp.

Figura 11. Tipos polínicos presentes em células de cria aprovisionadas por *Megachile dentipes* em Pombos: (a) *Croton* sp., (b) *Stemodia pratensis*., (c) Asteraceae sp.1, (d) Asteraceae sp.2, (e) Asteraceae sp.3, (f) *Mimosa* sp.1, (g) *Mimosa* sp. 2, e (h) *Borreria verticillata*.

Figura 12. Flores visitadas por *Megachile* (*Sayapis*) *dentipes* para obtenção de pólen e néctar: (a) *Centraterum punctatum*, (b) *Borreria verticillata*, (c) *Conyza sumatrensis*, (d) *Stemodia pratensis*.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1- Nidificação de abelhas e vespas solitárias em áreas de monocultura e policultura no nordeste do Brasil

Tabela 1. Número de ninhos (N) e células de cria (C) construídas por abelhas e vespas solitárias, coletados no período de Junho de 2009 a Maio 2010, em dois tipos de agroecossistema no nordeste do Brasil.

Tabela 2. Riqueza de espécies (S), Abundância de ninhos (N), Diversidade (H') e Equitabilidade (J') de espécies de abelhas e vespas solitárias, coletadas em ninhos-armadilha em dois tipos de agroecossistemas.

Tabela 3. Inimigos naturais capturados em ninhos de abelhas e vespas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em áreas de agroecossistema no estado de Pernambuco.

CAPÍTULO 2. História natural e biologia da nidificação de *Megachile (Sayapis) dentipes* Vachal, 1909 (Hymenoptera, Megachilidae) em ninhos-armadilha

Tabela 1. Variáveis mensuradas relativas à nidificação de *M. dentipes* em ninhos-armadilha do tipo Tubo de Cartolina (TC) e Ninhos de Observação (NO), oferecidos em duas áreas no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

Tabela 2. Porcentagem (ou proporção de ninhos) construídos em cada classe de diâmetro oferecidos em ninhos-armadilha, no período de junho de 2009 a maio de 2010.

Tabela 3. Duração (em dias) dos estádios de desenvolvimento de *Megachile dentipes* e *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp. (Parasita) em condições de laboratório.

Tabela 4. Medidas (em cm) das principais estruturas dos ninhos de *Megachile dentipes*, coletados em ninhos-armadilha no período de jun/2009 a mai/2010, em agroecossistema no nordeste do Brasil.

Tabela 5. Frequência relativa de grãos de pólen em 10 células de cria de diferentes indivíduos de *Megachile dentipes* na monocultura canavieira.

Tabela 6. Frequência relativa de grãos de pólen em 10 células de cria de diferentes indivíduos de *Megachile dentipes* no sistema com policultura.

Tabela 7. Número de grãos de pólen estocados em células de cria de *M. dentipes* em ninhos-armadilha instalados em agroecossistemas.

PREFÁCIO

As abelhas e vespas solitárias são grupos de insetos da ordem Hymenoptera muito importantes nos ecossistemas terrestres. Os ninhos desses Aculeata têm sido amostrados no Brasil e no mundo, basicamente, através da técnica de ninhos-armadilha. No entanto, há poucos estudos que contemplem esses insetos em agroecossistemas tropicais. Diante disso, o objetivo central desta dissertação é estudar a fauna de abelhas e vespas solitárias, nidificantes em cavidades preexistentes, em áreas de agroecossistemas tropicais, analisando a estrutura da comunidade desses insetos em paisagens agrícolas no nordeste do Brasil, além de investigar a biologia reprodutiva de uma das espécies de abelha coletada nos ninhos-armadilha.

No capítulo 1, são apresentados dados de um estudo desenvolvido em dois agroecossistemas distintos, monocultura e policultura, avaliando-se a composição, abundância de ninhos, riqueza e diversidade de espécies de abelhas e vespas solitárias coletadas por meio de ninhos-armadilha. O segundo capítulo desta dissertação trata de um estudo, conduzido nos mesmos agroecossistemas avaliados no primeiro capítulo, sobre a história natural e biologia de nidificação de uma espécie de abelha, *Megachile dentipes* (Megachilidae). Os ninhos desta espécie foram coletados em ninhos-armadilha, e foram avaliados diversos parâmetros, tais como padrões sazonais de nidificação, tempo de desenvolvimento, razão sexual, dieta larval, arquitetura do ninho e comportamento de nidificação.

RESUMO

Nos ecossistemas terrestres, abelhas e vespas solitárias desempenham essenciais papéis como polinizadores, predadores e parasitas. Grande parte da vida das fêmeas desses himenopteros é destinada à nidificação, como busca pelo local do ninho, construção do ninho e coleta do alimento larval. Contudo, os ninhos desses insetos em ambientes naturais são difíceis de serem encontrados. Uma solução para este problema, pelo menos para algumas espécies, é a utilização de cavidades artificiais no campo (ninhos-armadilha), uma vez que amostragens dos ninhos podem ser realizadas de forma padronizada em diferentes ambientes, além de fornecerem dados acerca da biologia das espécies capturadas. Diante disso, a comunidade de abelhas e vespas solitárias nidificantes em ninhos armadilha foi avaliada a partir de parâmetros como riqueza, diversidade e abundância de ninhos em dois agroecossistemas em Pernambuco: monocultura canavieira e sistema de policultura. Além disso, foi estudada a história natural e biologia de nidificação da espécie de abelha (*Megachile dentipes*) mais abundante nos ninhos-armadilha. Neste estudo foram avaliados os principais aspectos relacionados à história de vida (sazonalidade, razão sexual, parasitismo, tempo de desenvolvimento) e biologia de nidificação (arquitetura do ninho, comportamento de nidificação, dieta larval) de *M. dentipes*. Os insetos foram amostrados através da técnica de ninhos-armadilha, que consistiu de 1) tubos de cartolina inseridos em blocos de madeira de diferentes diâmetros (4, 6, 8 e 10 mm), e 2) pranchas de madeira, perfuradas longitudinalmente (5, 6, 8, 10 e 12 mm de diâmetro), cobertas com uma lâmina plástica transparente (ninhos-observação). Em cada agroecossistema estudado, foram disponibilizados para nidificação 3.360 tubos de cartolina ao longo de um ano (junho/2009 a maio/2010), e 1.000 cavidades de ninhos-observação durante cinco meses (outubro/2009 a fevereiro/2010). Um total de 259 ninhos, sendo 86 (33,2%) de abelhas e 173 (66,8%) de vespas foi coletado nas armadilhas instaladas na monocultura. Foram amostradas 5 espécies de abelhas, dentre elas, *Megachile dentipes*, a espécie de abelha mais abundante no canavial (n=76; 85%). Na área com policultura, foram coletados 411 ninhos, sendo 254 (61,8%) de abelhas e 157 (38,2%) de vespas. Neste ambiente, foram registradas 14 spp. de abelhas nidificantes ninhos armadilha. Mais uma vez, a espécie de abelha corta folha *Megachile dentipes* foi a mais abundante em número de ninhos (n=117; 46%). A abundância de ninhos de abelhas e a riqueza e diversidade de espécies de abelhas e vespas nidificantes em ninhos-armadilha foi significativamente maior em

área de policultura quando comparada à monocultura canavieira. É sugerido que a riqueza florística de cada área seja um fator determinante na ocorrência das espécies. Contudo, fatores como a distância de fragmentos de mata e a utilização de herbicidas e queimadas, podem ter colaborado para uma baixa riqueza e diversidade de abelhas e vespas na área com monocultura canavieira. Quanto à espécie *Megachile dentipes*, observou-se que trata-se de uma espécie polilética, que coleta pólen de um amplo espectro polínico envolvendo, principalmente, cinco famílias botânicas: Asteraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae e Scrophulariaceae. Esta espécie mostrou uma clara preferência em fundar ninhos nos períodos mais secos do ano, em ambas as áreas estudadas, com picos de nidificação em outubro e dezembro. Além disso, apresentou várias gerações ao longo do ano (multivoltina). Foi demonstrado experimentalmente que o reconhecimento das cavidades pelas fêmeas baseia-se na posição em que o orifício se encontra no bloco de ninhos-armadilha. Provavelmente, não estão envolvidos sinais químicos (marcação da cavidade) ao menos no reconhecimento inicial dos ninhos. A estrutura do ninho de *M. dentipes* difere da maioria das espécies descritas até o momento, pois o revestimento da célula de cria é feito com folhas trituradas (manipuladas), diferentemente das demais espécies que envolvem as células de cria com folhas inteiras não trituradas. Características biológicas e ecológicas de *M. dentipes*, como e.g. abundância e polilectia, tornam esta espécie uma boa candidata a programas de manejo visando a polinização, embora sejam necessários mais estudos direcionados a essa finalidade.

Palavras-chave: Agroecossistemas, Nidificação, Megachilidae, Plantas herbáceas, Cana-de-açúcar.

ABSTRACT

Terrestrial ecosystems, solitary bees and wasps play important roles as pollinators, predators and parasites. Most part of the life of these Hymenoptera is designed to aspects related to nesting, including the search of the nest site, nest construction and food collection to rear the larvae. However, in natural environments the nests of these insects are difficult to find. A solution to this problem, at least for some species, is the use of artificial burrows in the field (trap nests). Using trap nests it is possible to collect standardized samples and to study the biology of some species. Thus, the community of solitary bees and wasps, nesting in trap nests was evaluated using parameters such as richness, diversity and nest abundance in two different agroecosystems of the state of Pernambuco, northeastern Brazil: sugarcane monoculture and polyculture. Moreover, the natural history and nesting biology of a bee species (*Megachile dentipes*) collected in the trap nests was studied. In this study, the main aspects of life history (seasonality, diameter of the nests, sex ratio, parasitism, development time) and nesting biology (nest architecture, nesting behavior, larval diet) was studied. Insects were sampled using the technique of trap nests, which consisted of 1) cardboard tubes inserted into blocks of wood of different diameters (4, 6, 8 and 10 mm), and 2) wooden planks, drilled lengthwise (5, 6, 8, 10 and 12 mm in diameter) and covered with a transparent plastic sheet (observation-nests). In each agroecosystem 3.360 cardboard tubes were available for nesting during one year (June/2009 to May/2010) and 1000 holes of observation-nests during five months (October/2009 to February/2010). In the monoculture a total of 259 nests, 86 (33.2%) build by bees and 173 (66.8%) by wasps were sampled. Five species of bees were sampled, and *Megachile dentipes* was the most abundant bee species in the sugarcane (n = 76; 85%). In the polyculture area, 411 nests were collected, being 254 (61.8%) of bees and 157 (38.2%) of wasps. In this environment, 14 spp. nesting bee species were recorded. The leaf-cutter bee *Megachile dentipes* was also the most abundant (n = 117 nests, 46%). The abundance of bee nests, species richness and diversity of bees and wasps was significantly higher in the polyculture area compared to monoculture area. It is suggested that plant richness is a determining factor in the occurrence of the species. However, other factors such as distance from forest fragments and the use of herbicides and burning, might have influence in the low richness and diversity of bees and wasps in the area with sugarcane monoculture. Regarding *Megachile dentipes* it was shown that it is an polilectic species, collecting pollen from a wide spectrum pollen from mainly five botanical families: Asteraceae,

Rubiaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae and Scrophulariaceae. This species showed a clear preference for nesting in the dry periods of the year in both studied areas, with peaks in October and December. Furthermore, this species had several generations throughout the year (multivoltine). It was demonstrated experimentally that recognition of the cavities by females is determined by the nest position in the blocks. Probably, chemical signals (marking the cavity) are not used, at least in the initial recognition of the nests. Nest structure of *M. dentipes* differs from most species because the lining of the brood cell is made from chewed leaves unlike the other species that involve the brood cells with whole leaves not chewed.. Biological and ecological characteristics of *M. dentipes*, as e.g. abundance and poliletia, makes this species a good candidate for management programs aimed at pollination, but further studies are necessary for that purpose.

Keywords: Agroecosystems, nesting, Megachilidae, herbaceous plants, sugarcane.

Capítulo 1

Nidificação de abelhas e vespas solitárias em áreas de monocultura de cana-de-açúcar e policultura no nordeste do Brasil

NIDIFICAÇÃO DE ABELHAS E VESPAS SOLITÁRIAS EM ÁREAS DE MONOCULTURA DE CANA DE AÇÚCAR E POLICULTURA NO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Agroecossistemas são importantes na manutenção da biodiversidade de polinizadores. Neste estudo, avaliamos a abundância de ninhos, composição, riqueza e diversidade de espécies de abelhas e vespas e seus inimigos naturais em dois agroecossistemas no nordeste do Brasil, comparando-se: (a) Monocultura canavieira e, (b) Sistema com Policultura. Em cada agroecossistema, as abelhas e vespas foram coletadas por meio de ninhos-armadilhas, que consistiram de (1) Tubos de cartolina inseridos em blocos de madeira e (2) ninhos de observação. Do primeiro tipo, foram disponibilizados 3.360 orifícios ao longo de um ano (junho/2009 a maio/2010) e 1.000 cavidades de ninhos-observação durante cinco meses (outubro/2009 a fevereiro/2010). Ao todo, foram coletadas 1.148 células distribuídas em 670 ninhos, fundadas por 15 espécies de abelhas e 10 espécies de vespas. Nesses ninhos também foram registradas a presença de 10 espécies de inimigos naturais, dentre elas, as espécies de abelhas cleptoparasitas *Mesocheira bicolor* (Hymenoptera: Apidae); *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. 1 e *Coelioxys* sp. 2 (Hymenoptera: Megachilidae). A espécie de abelha mais abundante em ambos os agroecossistemas analisados foi *Megachile* (*Sayapis*) *dentipes*, a qual contabilizou aproximadamente 85% (n=76) e 46% (n = 117) do total de ninhos de abelhas coletados, em área de monocultura e policultura, respectivamente. A abundância de ninhos de abelhas e a riqueza e diversidade de espécies de abelhas e vespas nidificantes em ninhos-armadilha, foram significativamente maiores em área com sistemas de policultura em relação à monocultura de cana-de-açúcar. Atribuímos essa diferença à riqueza florística de cada área, além da vegetação do entorno e intensidade do manejo nos agroecossistemas estudados.

PALAVRAS CHAVE: Megachilidae, agricultura, diversidade, ninhos-armadilha.

NESTING OF SOLITARY BEES AND WASPS IN SUGARCANE MONOCULTURE AND POLYCULTURE SYSTEMS IN THE NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

Agroecosystems are important in maintaining the biodiversity of pollinators. In this study nest abundance, species composition, richness and diversity of bees and wasps and their natural enemies in two distinct agroecosystems in northeastern Brazil (sugarcane monoculture and polyculture system) were evaluated. In each agroecosystem, bees and wasps were collected by trap nests, which consisted of (1) cardboard tubes inserted into wood blocks and (2) observation-nests. 3.360 cardboard tubes were available for nesting during one year (June/2009 to May/2010) and 1000 holes of observation-nests during five months (October/2009 to February/2010). In total 1.148 cells distributed in 670 nests, founded by 15 bee species and 10 wasps species were sampled. In these nests were also recorded the presence of 10 species of natural enemies, as the cleptoparasites bee species *Mesocheira bicolor* (Hymenoptera: Apidae), *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp.1 and *Coelioxys* sp. 2 (Hymenoptera: Megachilidae). The most abundant bee species in both agroecosystems was *Megachile (Sayapis) dentipes*, which accounted for approximately 85% (n = 76) and 46% (n = 117) of the total number of bees collected in the area of monoculture and polyculture, respectively. The abundance of bees and the species richness and diversity of bees and wasps nesting in trap nests were significantly higher in areas with polyculture systems in relation to the sugarcane plantation. It is suggested that floristic richness is a determining factor for this difference, as well as the surrounding vegetation and the intensity of management in agroecosystems studied.

KEYWORDS: Megachilidae, agriculture, diversity, trap nests.

1. INTRODUÇÃO

Animais, particularmente abelhas, são importantes polinizadores de culturas agrícolas (Roubik, 1989). Até o momento, foram descritas cerca de 18.000 espécies de abelhas no mundo (Michener, 2007; Moure *et al*, 2009) e cerca de 3.000 espécies no Brasil (Pedro & Camargo, 1999; Silveira *et al*, 2002). As vespas, com aproximadamente 26.000 espécies descritas no mundo (Martins & Pimenta, 1993), são importantes controladores de populações de invertebrados terrestres (Evans & Eberhard, 1970; Morato, 2004).

A comunidade de abelhas tem sido estudada em diversos ecossistemas brasileiros, principalmente através da coleta de adultos em flores, onde um número relativamente grande de espécies solitárias tem sido amostrado (Pinheiro-Machado *et al*, 2002; Aguiar, 2003; Zanella & Martins, 2003, Aguiar & Zanella, 2005; Milet-Pinheiro & Schlindwein, 2008). Porém, em ambientes de florestas tropicais, este método é limitado pela dificuldade de acesso ao dossel e estrutura complexa da vegetação (Ramalho, 1995; Morato & Campos 2000; Silveira *et al*, 2002). Da mesma forma, os ninhos naturais da maioria dos Aculeata tropicais são crípticos e distribuídos de tal forma que muito pouco se conhece sobre eles (Roubik 1989).

Para algumas espécies, uma solução para esse problema é o emprego de ninhos-armadilha (Krombein 1967), através dos quais amostragens dos ninhos desses insetos podem ser feitas de forma padronizada em diferentes ambientes (Aguiar & Martins, 2002; Aguiar *et al*, 2005; Buschini, 2006; Gazola & Garófalo, 2009). Essa metodologia ainda é pouco utilizada em levantamentos realizados no Brasil, porém na América do Norte e Europa faz parte das técnicas tradicionais de amostragem em trabalhos faunísticos de Hymenoptera (Krombein, 1967; Gathmann *et al*, 1994; Steffan-Dewenter, 2002; Klein *et al*, 2006).

Levantamentos com esta metodologia têm sido realizados em várias regiões do país, especialmente no sul, sudeste e nordeste (Zanella, 2000; Aguiar & Martins, 2002; Garófalo *et al*, 2004; Aguiar *et al*, 2005; Buschini, 2006; Garófalo, 2008; Mouga & Krug, 2010; Alex-dos-Santos & Schlindwein não publicado). Essa técnica tem promovido, entre outros aspectos, um considerável aumento no conhecimento da biologia das espécies nidificantes (Krombein, 1967; Camillo *et al*, 1997; Camillo & Brescovi, 1999, Morato, 2003; Paini, 2004; Camillo, 2005; Aguiar *et al*, 2005).

Krug e Alves-dos-Santos (2000), testando a eficiência de diferentes metodologias para a coleta de abelhas, constataram que, dentre as 164 espécies coletadas com diversas metodologias, apenas nove espécies foram amostradas com a técnica de ninhos-armadilha. Contudo, sete das nove espécies foram coletadas exclusivamente com esta metodologia, reforçando, assim, a importância da utilização desse método em estudos de comunidade de abelhas.

Paisagens tropicais são dominadas por grandes áreas com sistemas agroflorestais, os quais são, muitas vezes, circundados por pequenos remanescentes de vegetação nativa (Laurance & Bierregaard, 1997). Em alguns países da América do Norte e Europa, por exemplo, este tipo de ambiente têm sido intensamente estudado (Krombein, 1967; Perfecto *et al*, 1997; Tscharntke *et al*, 1998; Klein *et al*, 2002), especialmente no que diz respeito aos efeitos que os agroecossistemas exercem sobre a comunidade de abelhas e vespas solitárias nidificantes em cavidades preexistentes (Gathmann *et al*, 1994; Steffan-Dewenter, 2002; Kruess & Tscharntke, 2002; Steffan-Dewenter & Leschke, 2003; Klein *et al*, 2004; Klein *et al*, 2006).

Em décadas recentes, a floresta atlântica foi quase que inteiramente devastada para implantação de diversas culturas, dentre elas monocultura de cana-de-açúcar (Myers, 1996). A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma das principais culturas estabelecidas no Brasil, especialmente na região nordeste. Nessa região, a monocultura canavieira é caracterizada por vastas plantações, circundadas por fragmentos de floresta atlântica, além de uma baixa diversidade de plantas que vivem associadas à matriz canavieira, especialmente plantas ruderais típicas de ambientes abertos e ensolarados.

O agreste é uma microrregião do Nordeste Brasileiro que teve sua vegetação primária quase totalmente devastada (estima-se que mais de 90% da área natural já foi alterada), com o solo intensamente ocupado por diversas culturas agrícolas, pastagens e sistemas agroflorestais, dominantes atualmente (Velloso *et al*. 2002).

Porém, apesar da importância dos sistemas agroflorestais para manutenção de populações de insetos por exemplo, poucos estudos têm sido feitos nesses ambientes. Levantamentos da fauna de abelhas em agroecossistemas são escassos (Locatelli & Machado, 2001; Milet-Pinheiro & Schlindwein 2008). Até o momento, não existem inventários que contemplem abelhas e vespas que nidificam em orifícios preexistentes nesses tipos de habitats.

Neste estudo, são apresentados dados de um levantamento de abelhas e vespas solitárias coletadas por meio de ninhos-armadilha em dois agroecossistemas distintos no estado de Pernambuco: a) Monocultura canavieira e, b) Sistema com Policultura. Objetivou-se conhecer a composição de espécies que cada área abriga, além de comparar a abundância de ninhos, riqueza e diversidade de espécies entre as áreas estudadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição das áreas estudadas

Esta pesquisa foi realizada em duas localidades em Pernambuco. A primeira é uma área de propriedade da Usina São José (USJ), indústria sucroalcooleira, situada no município de Igarassu (7°50'20"S e 35°00'10"W), região metropolitana do Recife. (Figura 1a). As terras da Usina São José possuem uma vegetação caracterizada como “Floresta ombrófila densa de terras baixas” (Veloso *et al.*, 1991), a qual atualmente restringe-se a um conjunto de remanescentes florestais em diversos estádios de conservação, sendo bastante representativo da Zona da Mata Norte do estado. Na área dessa usina ocorrem 106 fragmentos de mata com aproximadamente 6.660ha em uma única propriedade privada, cercados por 17.136 hectares de monocultura de cana-de-açúcar, correspondendo a 71,4% da área total da Usina (Trindade *et al.*, 2008).

O clima local, de acordo com o sistema de Köppen, é do tipo As’ quente e úmido com uma estação chuvosa de janeiro a agosto e uma estação seca de setembro a dezembro, com precipitação mensal abaixo de 100 milímetros (Schessl *et al.*, 2008). Praticamente não há diferenças nas temperaturas mensais, com as médias mensais oscilando entre 23.6 °C e 25.7 °C (Schessl *et al.*, 2008). A temperatura média anual gira em torno dos 25°C, com precipitação média anual de 1.687mm (Dados coletados na estação meteorológica da Usina São José, de 1998 a 2006).

As armadilhas para a coleta dos insetos foram instaladas na matriz canavieira (Área 1), entre “lotes” de cana-de-açúcar, onde há a presença de algumas plantas herbáceas, principalmente plantas anuais ruderais.

A segunda área estudada situa-se na zona rural do município de Pombos, agreste Pernambucano, entre as coordenadas 58°28’58”W – 09°21’52”S (Figura 1a). Na vegetação aberta ocorrem espécies de Caatinga, espécies ruderais de ampla distribuição e resquícios de vegetação nativa em forma de pequenos fragmentos (<1ha) e árvores isoladas. A temperatura média anual é de 24°C, com médias de precipitação

pluviométrica anuais oscilando entre 600 e 900 mm (Itep, 2010). O regime hídrico da área é caracterizado por uma estação chuvosa (março a julho) e uma estação seca prolongada (agosto a fevereiro) (Cptec, 2010).

De acordo com o Programa de Apoio e Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata de Pernambuco (PROMATA), na microrregião estudada são cultivadas diversas culturas permanentes (Banana, coco-da-bahia, laranja, limão, mamão, manga e maracujá) e temporárias (abacaxi, batata doce, cana-de-açúcar e mandioca,) (IBGE, Produção Agrícola Municipal, 2001). A área é caracterizada por vales profundos (Cprm, 2005), com uma vegetação atual degradada, sobretudo visando à implantação de pastagens e cultivares (Velloso *et al*, 2002).

A amostragem dos insetos em sistema de policultura (Área 2) foi realizada na Fazenda “Chã dos patinhos”, uma área de 3 ha utilizada para pastagem e cultivo de diversas culturas, tais como Limão Tahiti (*Citrus latifolia*), Feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), Manga (*Mangifera indica* L.), Milho (*Zea mays*), Caju (*Anacardium occidentale* L.), dentre outras (Figura 1c).



Figura 1. (a) Imagem de satélite mostrando a localização das duas áreas estudadas: (b) Monocultura de cana-de-açúcar e (c) agroecossistema, ambas no estado de Pernambuco, Brasil.

2.2 Amostragem com ninhos-armadilha

Para amostragem das abelhas foram utilizados dois tipos de ninhos-armadilha: 1) ninhos de cartolina em blocos de madeira e, 2) ninhos-observação. O primeiro tipo de armadilha foi confeccionado com tubos de cartolina da cor bege (cor da madeira), onde a abertura no fundo foi fechada com fita adesiva (Figura 2a). Após isso, os tubos contendo diferentes diâmetros (4, 6, 8 e 10 mm) foram inseridos em orifícios feitos em bloco de madeira compacto (15 x 7,5 x 10 cm) de ipê (*Tabebuia alba*). Em cada bloco foram feitos 7 furos de cada diâmetro, totalizando 28 orifícios/bloco. Todos os furos foram feitos na mesma face e mediram 7 cm de profundidade. Na parte superior do

bloco foi instalada uma placa de alumínio a fim de protegê-lo da chuva. Um suporte de madeira foi anexado na parte de trás do bloco para sustentá-lo em uma trave de madeira (Figura 2b) (Alex-dos-Santos, 2008).

Semelhante ao método utilizado por Oliveira & Schlindwein (2009), o segundo tipo de ninho-armadilha (observação) consistiu de pranchas de madeira, com 10 orifícios (canaletas para nidificação), apresentando diâmetros de 5, 6, 7, 8 e 12 mm com comprimento de 10 cm. Todos os orifícios de uma prancha tiveram o mesmo diâmetro. A superfície das pranchas foi coberta com uma lâmina plástica (transparência) de mesma dimensão, fixa com fita adesiva permitindo, dessa forma, uma fácil visualização e manuseio do conteúdo (Figura 2c).

Os tubos ocupados com ninhos eram retirados e substituídos por novos tubos de cartolina ou, no caso dos ninhos de observação, por novas pranchas de madeira, de modo que o número de orifícios disponíveis para a nidificação não variasse ao longo do estudo. Os tubos ocupados com ninhos eram individualizados em garrafas plásticas e devidamente acondicionados em local arejado. No caso de orifícios em pranchas de madeira ocupadas com ninhos, as mesmas eram colocadas em caixas plásticas transparentes perfuradas (Tupperware) até a emergência dos imagos.

Cada bloco de madeira (28 orifícios) foi denominado como uma unidade amostral. Foram definidos dez pontos de amostragem em cada uma das áreas estudadas: área 1 (Monocultura de Cana-de-açúcar) e área 2 (Policultura) e instalada uma unidade amostral em cada ponto (Figura 2e-f). Dessa forma, foram oferecidos em cada hábitat 280 tubos de cartolina para a nidificação, totalizando 560 tubos/mês. Os tubos de cartolina foram disponibilizados durante doze meses (junho/2009 a maio/2010) e inspecionados uma vez por mês com o auxílio de um otoscópio.

O delineamento amostral para os ninhos de observação foi feito da seguinte forma: uma unidade amostral consiste de um conjunto de cinco pranchas de diferentes diâmetros, sobrepostas e suspensas por uma base rígida, totalizando 50 cavidades/unidade amostral (Figura 2d). Foi instalada uma unidade em cada um dos quatro pontos definidos nas áreas 1 e 2, sendo disponibilizadas, assim, 200 cavidades/a.m. em cada área analisada. Os ninhos de observação foram oferecidos por cinco meses (outubro/2009 a fevereiro/2010), e inspecionados uma vez ao mês.

Os ninhos-armadilha, independente do tipo, foram instalados a 25m de distância entre si, além de serem suspensos a 1.5m acima do solo e com a face contendo os orifícios voltados sempre para o Nordeste. Os dados de precipitação pluviométrica de

ambas as áreas foram cedidos pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco – LAMEPE, lotado no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP).

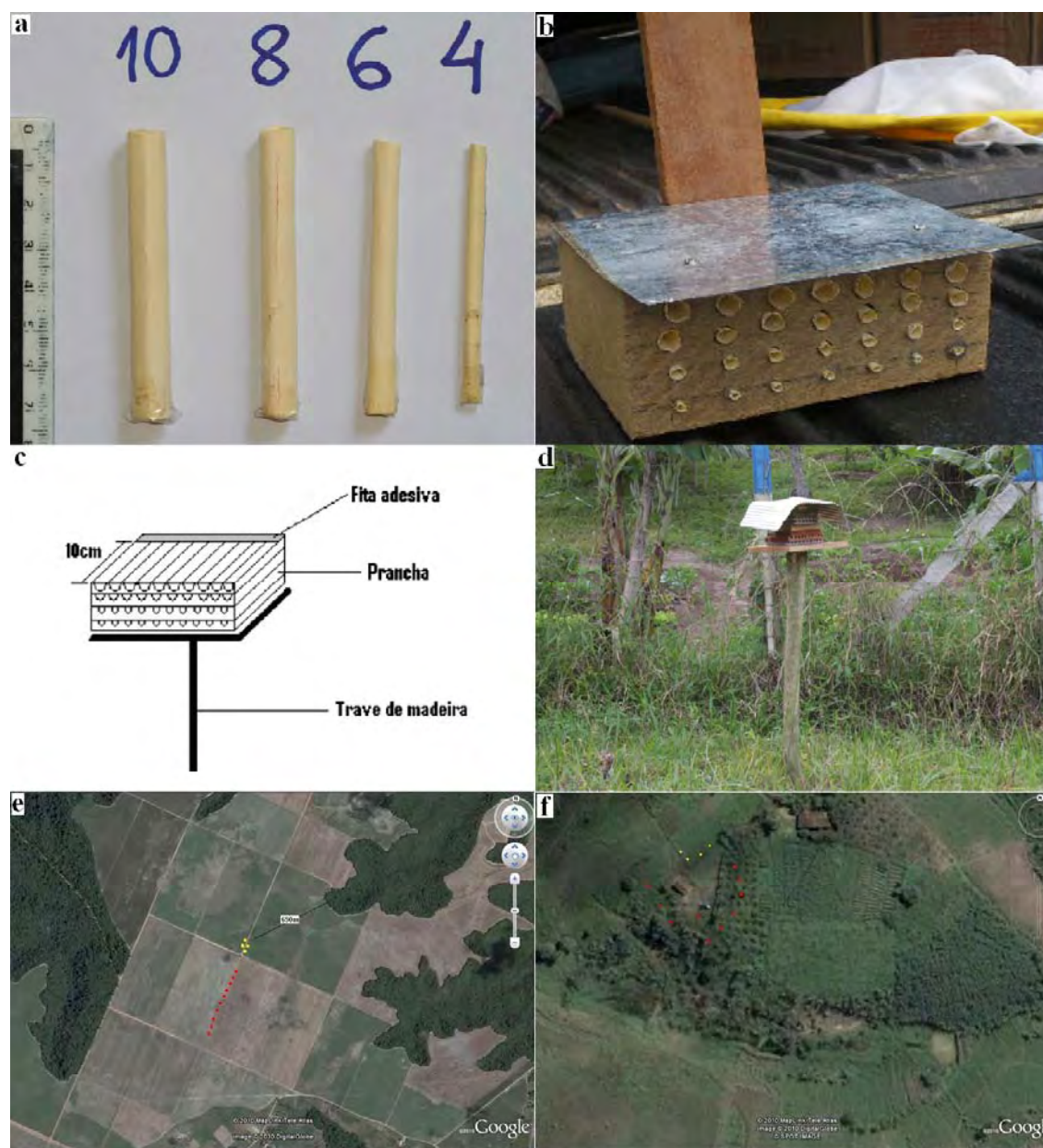


Figura 2. Tipos de ninhos armadilha utilizados neste estudo: (a-b) cartolinas com 4, 6, 8 e 10 mm de diâmetros inseridos em blocos de madeira, e (c-d) ninhos de observação. Imagem de satélite mostrando os pontos de coletas na matriz de cana-de-açúcar (e) e em sistema agroflorestal (f). Os pontos correspondem aos locais onde foram instalados os blocos de madeira com cartolina (vermelho) e os ninhos de observação (amarelo).

2.3 Análise dos dados

A diversidade de espécies em cada área foi calculada utilizando o índice de diversidade (H') de Shannon-Winner. Valores de equitabilidade das espécies de abelhas e vespas foram estimados, para cada ambiente estudado, pelo índice de Pielou (J'). Quanto mais próximo de 1 for o índice maior a equitabilidade da população e,

conseqüentemente, mais diversificada. Para testar a significância destas diferenças na riqueza de espécies, diversidade e abundância de ninhos entre os ambientes estudados, foi utilizada uma análise de variância - ANOVA (Magurran, 1988). A homogeneidade das variâncias foi verificada através do teste de Cochran (Zar, 1996). Quando os pré-requisitos das análises paramétricas não foram aceitos, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Os testes foram realizados com os programas estatísticos “Bioestat” 5.0, “Primer” 6 e “Statistica” 7.

3. RESULTADOS

3.1 Composição, riqueza de espécies e abundância de ninhos

Área 1 – Monocultura de cana-de-açúcar

Um total de 259 ninhos, sendo 86 (33,2%) de abelhas e 173 (66,8%) de vespas foi coletado nas armadilhas instaladas no canavial. Foram amostradas 5 espécies de abelhas, distribuídas em duas famílias: Apidae (3 spp.) e Megachilidae (2 spp.). A espécie de abelha mais abundante foi *Megachile (Sayapis) dentipes*, a qual contabilizou mais de 85% (n=76) dos ninhos de abelhas coletados. Três das cinco espécies de abelhas coletadas foram raras (< 3 ninhos) nos ninhos-armadilha (*C. analis*, *E. cordata* e *M. (pseudocentron)* sp. 1), fundando apenas um ou dois ninhos (Tabela 1).

Em relação às vespas, foram amostradas 3 espécies nidificantes, sendo *Trypoxylon aurifrons* a espécie mais abundante (n=151), contabilizando aproximadamente 87% dos ninhos de vespas coletados. Das 675 células de cria coletadas dos ninhos de abelhas e vespas, emergiram 389 indivíduos, resultando em uma taxa de mortalidade de aproximadamente 42%.

Área 2 – Policultura

Foram coletados 411 ninhos, sendo 254 (61,8%) de abelhas e 157 (38,2%) de vespas. Foram identificados representantes de 3 famílias de abelhas (Apidae, Megachilidae e Colletidae), nove gêneros (*Centris*, *Tetrapedia*, *Euglossa*, *Anthodiocetes*, *Dicranthidium*, *Epanthidium*, *Hypanthidium*, *Megachile* e *Colletes*) e 14 espécies nidificantes (Tabela 1).

A espécie de abelha mais abundante foi *Megachile dentipes* (117 ninhos, 46%), seguida por *Centris analis* (63 ninhos, 24,8%) e *Tetrapedia diversipes* (23 ninhos, 9%). Seis (42%) das 14 espécies de abelhas nidificantes fundaram apenas um ou dois ninhos,

sendo consideradas espécies raras na área estudada. Além das espécies nidificantes, foram encontradas três espécies de abelhas parasitas: *Mesocheira bicolor*, *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. 1 e *Coelioxys* sp. 2.

Foram registrados indivíduos de 9 espécies de vespas, pertencentes a três gêneros (*Trypoxylon*, *Pachodynerus* e *Podium*) de três famílias (Crabronidae, Eumenidae e Sphecidae). *Trypoxylon* sp. 1 e *Trypoxylon nitidum* foram as espécies mais abundantes, fundando 67 e 39 ninhos, respectivamente. Em contrapartida, quatro espécies foram consideradas raras, fundando menos que três ninhos durante todo o estudo: *Trypoxylon* sp. 2, *Trypoxylon* sp. 3, *Pachodynerus nasidens* e *Podium* cf. *denticulatum*.

Tabela 1. Número de ninhos (N) e células de cria (C) construídas por abelhas e vespas solitárias, coletados no período de junho de 2009 a maio 2010, em dois tipos de agroecossistema no nordeste do Brasil.

	Espécies	Monocultura		Policultura	
		N	C	N	C
Abelhas	Apidae				
	<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i>	6	17	9	20
	<i>Centris (Heterocentris) analis</i>	2	5	63	193
	<i>Tetrapedia diversipes</i>	-	-	23	93
	<i>Euglossa (Euglossa) cordata</i>	1	3	1	7
	<i>Euglossa</i> sp. 1	-	-	2	4
	Megachilidae				
	<i>Anthodioctes lunatus</i>	-	-	5	17
	<i>Dicranthidium arenarium</i>	-	-	6	25
	<i>Epanthidium tigrinum</i>	-	-	8	32
	<i>Hypanthidium maranhense</i>	-	-	1	2
	<i>Megachile (Sayapis) dentipes</i>	76	188	117	278
	<i>Megachile (Dactylomegachile)</i> sp.	-	-	15	48
	<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp. 1	1	2	-	-
	<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp. 2	-	-	1	4
	<i>Megachile (Pseudocentron)</i> sp. 3	-	-	1	3
	Colletidae				
	<i>Colletes</i> sp.	-	-	2	14
	Subtotal	86	215	254	740
Vespas	Crabronidae				
	<i>Trypoxylon (Trypargilum) aurifrons</i>	151	381	17	38
	<i>Trypoxylon (Trypargilum) nitidum</i>	-	-	39	92
	<i>Trypoxylon</i> sp. 1	-	-	67	172
	<i>Trypoxylon</i> sp. 2	-	-	1	3
	<i>Trypoxylon</i> sp. 3	-	-	2	5
	<i>Trypoxylon</i> sp. 4	-	-	10	28

Eumenidae				
<i>Pachodynerus gadulpensis</i>	12	38	16	50
<i>Pachodynerus nasidens</i>	-	-	3	10
Sphecidae				
<i>Podium cf. denticulatum</i>	-	-	2	10
Vespa não identificada	10	41	-	-
Subtotal	173	460	157	408
TOTAL	259	675	411	1.148

3.2 Comparação entre as áreas: Monocultura versus Policultura

Foram encontrados ninhos de quinze espécies de abelhas e dez vespas. A maioria das espécies foi registrada em área de policultura (27 spp.), quando comparada à monocultura (8 spp.), sendo esta diferença significativa (Kruskal-Wallis: $H(1;28) = 17.1739$, $p < 0.0001$), mesmo para abelhas (ANOVA: $F(1;26) = 59.7027$; $p < 0.0001$) e vespas (Kruskal-Wallis: $H(1;28) = 5.8225$, $p = 0.0158$) separadamente (Figura 3a).

Dos 670 ninhos coletados neste estudo, 259 (38,6%) foram fundados em armadilhas instaladas na monocultura, enquanto que 411 (61,4%) foram construídos em área com policultura (Tabela 2). A abundância de ninhos coletados de abelhas e vespas foi significativamente diferente entre as áreas (ANOVA: $F(1;26) = 7.6383$; $p = 0.0104$). Contudo, quando tratados separadamente, somente o número de ninhos de abelhas diferiu significativamente entre as áreas (ANOVA: $F(1;26) = 33.5386$; $p < 0.0001$), diferentemente das vespas (ANOVA: $F(1;26) = 0.1074$; $p = 0.74588$) (Figura 3b).

O índice de diversidade de espécies de abelhas e vespas solitárias, calculado em área de monocultura, foi baixo ($H' = 1,11$) quando comparado à policultura ($H' = 2,28$), especialmente quando abelhas e vespas são tratadas separadamente: monocultura ($H' < 0,5$) e policultura ($H' > 1,5$) (Tabela 2).

Tabela 2. Riqueza de espécies (S), Abundância de ninhos (N), Diversidade (H') e Equitabilidade (J') de espécies de abelhas e vespas solitárias, coletadas em ninhos-armadilha em dois tipos de agroecossistemas.

Parâmetros	Abelhas		Vespas		Total	
	Monocultura	Policultura	Monocultura	Policultura	Monocultura	Policultura
S	5	17*	3	9	8	26*
N	86	254	173	157	259	411
H'	0,486	1,644	0,468	1,577	1,11	2,283
J'	0,302	0,622	0,426	0,717	0,533	0,728

*Abelhas nidificantes e parasitas

Houve diferença significativa na diversidade de espécies de abelhas e vespas entre monocultura e policultura (ANOVA: $F(1;26) = 58.3265$; $p < 0.0001$). Além disso, quando analisadas separadamente, a diversidade de espécies de abelhas (ANOVA: $F(1;26) = 69.4047$; $p < 0.0001$) e vespas (Kruskal-Wallis: $H(1;28) = 6.4492$; $p = 0.0111$), também diferiu significativamente entre as áreas (Figura 3c).

A equitabilidade, que neste caso mede como o número de ninhos coletados está distribuído pelos vários táxons da comunidade de abelhas e vespas, apresentou valores mais baixos na área de monocultura ($E = 0,53$), em relação à policultura ($E = 0,73$) (Tabela 2).

Apesar das nidificações terem ocorrido durante todo o período amostral, a grande maioria das cavidades oferecidas nunca foram ocupadas com ninhos de abelhas e vespas, as quais utilizaram apenas 7,7% das cavidades oferecidas em um ano de estudo.

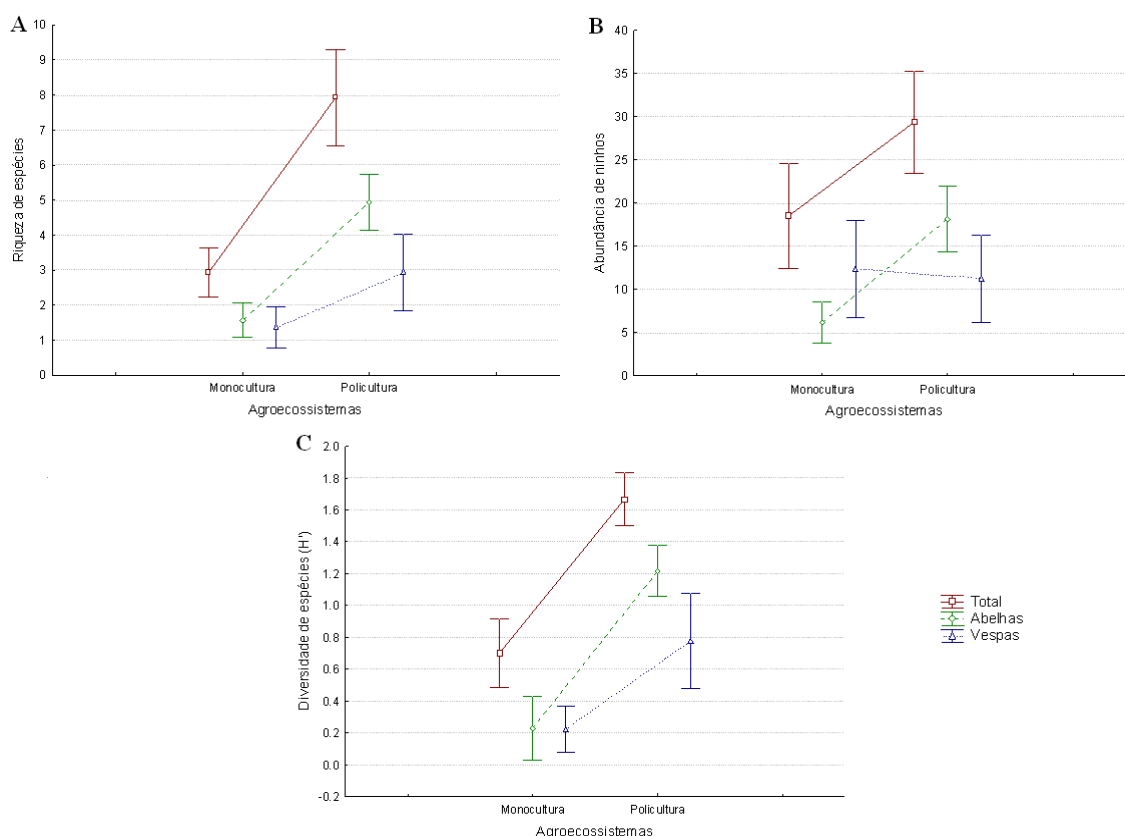


Figura 3. Riqueza de espécies (A), abundância de ninhos (B) e diversidade (C) de abelhas e vespas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em área de monocultura e policultura. Os valores dados na tabela são médias.

3.3 Inimigos naturais

Dos 670 ninhos coletados nas duas áreas estudadas, 81 foram parasitados, resultando em uma taxa de parasitismo de 12% do total de ninhos fundados. O número de indivíduos emergidos de espécies parasitas representou 11,8% ($n=113$) do total. Ao

todo, dez espécies parasitas foram registradas nos ninhos-armadilha: *Mesocheira bicolor* (Hymenoptera: Apidae); *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp.1 e *Coelioxys* sp. 2 (Hymenoptera: Megachilidae), *Anthrax* sp. (Diptera: Bombyliidae); duas espécies de Diptera; um Meloidea (Coleoptera); um Chrysididae e um Ichneumonidae (Hymenoptera); e um Pyralidae (Lepidoptera) (Tabela 3).

Tabela 3. Inimigos naturais capturados em ninhos de abelhas e vespas solitárias nidificantes em ninhos-armadilha em áreas de agroecossistema no estado de Pernambuco.

Espécies nidificantes	Espécies parasitas	Ninhos parasitados	Ind. emergidos
Apoidea			
<i>Megachile dentipes</i>	<i>Coelioxys (Glyptocoelioxys)</i> sp.1	31 (26,5%)	40
<i>Centris tarsata</i>	<i>Mesocheira bicolor</i>	3 (33,3%)	3
<i>Centris analis</i>	<i>Anthrax</i> sp.	5 (8%)	7
<i>Megachile (Dactylomegachile)</i> sp.	<i>Coelioxys (Glyptocoelioxys)</i> sp.1	1 (6,6%)	3
	<i>Anthrax</i> sp.	2 (13,3%)	1
<i>Dicranthidium arenarium</i>	<i>Anthrax</i> sp.	1 (16,6%)	2
<i>Tetrapedia diversipes</i>	<i>Coelioxys</i> sp. 2	2 (8,7%)	4
	<i>Anthrax</i> sp.	1 (4,3%)	1
Vespoidea			
<i>Trypoxylon aurifrons</i> *	Diptera sp. 1	8 (5,3%)	18
	Diptera sp. 2	1 (0,6%)	1
	<i>Anthrax</i> sp.	9 (5,9%)	10
	Meloidea sp.	1 (0,6%)	1
<i>Trypoxylon nitidum</i>	Chrysididae sp.	1 (2,5%)	1
<i>Trypoxylon</i> sp. 1	<i>Anthrax</i> sp.	1 (1,5%)	1
	Chrysididae sp.	10 (15%)	16
<i>Trypoxylon</i> sp. 2	Pyralidae sp.	1 (100%)	1
<i>Pachodynerus guadulpensis</i>	Chrysididae sp.	2 (12,5%)	2
	Ichneumonidae sp.	1 (6,2%)	1

*Dados referentes ao estudo conduzido no canavial

4. DISCUSSÃO

4.1 Policultura suporta maior diversidade de abelhas e vespas solitárias em relação à monocultura

A exposição padronizada de armadilhas, em uma abordagem experimental com uma pequena comunidade que interage e se reproduz, pode ser caracterizada por parâmetros simples. Sendo, portanto, a comunidade de abelhas e vespas solitárias e seus inimigos naturais em ninhos-armadilhas ideais para estudos de riqueza de espécies e parâmetros relacionados (Tscharntke *et al*, 1998).

Os resultados do nosso estudo mostram que a abundância de ninhos, riqueza e diversidade de espécies de abelhas e vespas nidificantes em ninhos-armadilha, foram

significativamente maiores em área com sistemas de policultura em relação à monocultura de cana-de-açúcar. Essa diferença pode ser atribuída a alguns fatores, tais como a riqueza florística das áreas, vegetação ao entorno (proximidade de fragmentos) e intensidade de manejo dos agroecossistemas estudados (queimadas, uso de herbicidas).

A diferença na riqueza de espécies de plantas entre as áreas estudadas é muito diferente. Na área com sistemas de policultura, a riqueza de espécies de plantas é bem maior em relação à área com monocultura de cana-de-açúcar. A matriz canavieira é composta somente por plantas herbáceas perenes, diferentemente da policultura, onde podem ser encontradas diversas plantas nativas, ornamentais e cultivadas de hábitos variados (ervas, arbustos, árvores e lianas).

Milet-Pinheiro & Schlindwein (2008), em um estudo de comunidade de abelhas e plantas em uma área próxima (12 km de distância) à policultura estudada, registraram 87 espécies vegetais. Em outro estudo realizado na matriz de cana-de-açúcar, na mesma área avaliada neste estudo, contabilizou-se apenas 23 espécies vegetais visitadas por abelhas (Araújo, 2009).

Além da cana de açúcar, a vegetação encontrada no canavial é bem escassa, com poucos recursos alimentares oferecidos para insetos, sendo uma área bastante característica devido à presença de plantas predominantemente de pequeno porte, denominada como vegetação ruderal. Nesse ambiente, as plantas ruderais são as únicas fontes disponíveis de néctar e pólen para abelhas polinizadoras, não havendo árvores, arbustos e plantas trepadeiras como em agroecossistemas mais complexos (e.g. Policulturas).

Estudos desenvolvidos na Europa central demonstram que pomares agrícolas pouco manejados possuem uma alta riqueza de espécies vegetais quando comparado à pomares intensivamente manejados (Kornprobst, 1994; Bunger & Kolbach, 1995). Já era esperado encontrar um maior número de ninhos e espécies de abelhas na área de policultura, uma vez que em comunidades com alta diversidade de plantas herbáceas, fornecendo uma maior diversidade e quantidade de grãos de pólen como alimento larval, é esperado que exista uma comunidade de abelhas solitárias mais diversificada (Siemann *et al*, 1999;. Steffan-Dewenter & Tschardtke 2001). Portanto, ervas são importantes fornecedoras de recursos de pólen e néctar para as abelhas em sistemas agroflorestais.

Uma vegetação variada, obviamente, fornece uma maior diversidade de pólen e néctar como recursos para adultos e suas crias, suportando um maior número de

espécies de abelhas (Gathmann, *et al*, 1994; Tscharnkte *et al*, 1998) e borboletas (Feber *et al*, 1996, Steffan-Dewenter & Tscharnkte, 1997).

Uma das hipóteses para justificar a maior abundância de ninhos de abelhas encontrados em áreas de policultura é que as abelhas necessitam de um tempo muito menor para aprovisionar seus ninhos em ambiente com vegetação diversificada e abundante (e.g policulturas), quando comparado à áreas mais uniformes, tal como uma monocultura pouco diversificada. Em um estudo conduzido na Indonésia, foi constatado que o tempo de forrageamento da espécie de abelha *Heriades fulvescens* (Megachilidae) foi correlacionado negativamente com a disponibilidade de alimento (plantas com flores) em sistemas agroflorestais (Klein *et al*, 2006).

Diversos estudos ressaltam a importância que a riqueza florística exerce como preditora da riqueza de espécies de abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha e seus inimigos naturais em comunidades florestais (Heithaus, 1974; Morato, 2004), áreas urbanas (Antonini & Martins, 2003) e paisagens agrícolas (Gathmann *et al*. 1994; Klein *et al*, 2003; Tscharnkte *et al*. 1998; Steffan-Dewente & Leschke, 2003).

Embora as abelhas sejam consideradas fortemente associadas às plantas floríferas para a obtenção de recursos florais (Simpson & Neff 1981; Roubik 1989; Buchmann & Nabhan 1996), a maioria dos adultos das vespas alimentam-se de néctar floral (Evans 1966; Evans & Eberhard 1970; Heithaus 1979; Kevan 1999).

A relação entre vespas e plantas floríferas, embora não muito óbvia como acontece com as abelhas, pode ser mais forte do que normalmente se acredita. A vespa *Larra americana* (Crabronidae), por exemplo, utiliza o ortóptero *Scapteriscus vicinus*, considerado inseto-praga na agricultura, no aprovisionamento de seus ninhos. O sucesso da introdução deste inimigo natural para o controle do inseto praga só foi possível por causa da presença de duas plantas ruderais que fornecem néctar para os adultos: *Borreria verticillata* (Rubiaceae) e *Hyptis atrorubens* (Lamiaceae) (Wolcott, 1941; Arévalo & Frank, 2005)

Contudo, outras variáveis podem influenciar a maior riqueza de vespas que não a disponibilidade de fontes florais nos agroecossistemas, tais como a oferta de presas para dieta larval (Klein *et al*. 2002, 2004). Para as vespas predadoras registradas neste estudo, a abundância e presença no ambiente de determinados insetos utilizados como alimento larval, tais como aranhas (*Trypoxylon* spp.), larvas de lepidópteros (*Pachodynerus* spp.) e baratas (*Podium denticulatum*), podem ser um melhor preditor da

riqueza e abundância de vespas de um local do que a riqueza florística (Field 1992; Landes *et al*, 1987; Endo & Endo 1994).

Estudos conduzidos em agroecossistemas demonstraram que a distância da floresta afeta a diversidade de polinizadores (Klein *et al* 2002, 2003; Horner-Devine, 2003), mariposas (Ricketts *et al*. 2001) e abelhas e vespas solitárias e seus inimigos naturais (Steffan-Dewenter, 2002; Tscharntke, *et al*, 1998; Steffan-Dewenter & Tscharntke 1997a).

Na área de monocultura de cana-de-açúcar, as armadilhas foram instaladas na matriz canavieira a, pelo menos, 700m distante do fragmento mais próximo. Os fragmentos de mata atlântica, nesse habitat, são caracterizados por fragmentos de densas florestas de diversos tamanhos e estádios de conservação ou regeneração (Trindade *et al*, 2008). Sabe-se que a maioria das espécies que sobrevivem em remanescentes florestais interage com agroecossistemas (Pimentel *et al*, 1992; Perfecto *et al*, 1996, 1997; Power 1996).

Algumas espécies de abelhas podem ter saído da mata fechada e ter fundado ninhos nas armadilhas oferecidas na matriz canavieira. De acordo com Milet-Pinheiro & Schlindwein (2005), a maioria das espécies de abelha da tribo Euglossini, residentes na Mata Atlântica de Pernambuco, são dependentes da mata fechada. Contudo, algumas espécies podem sair da mata, podendo ser encontradas na matriz canavieira, como é o caso da espécie *Euglossa cordata*, uma das poucas espécies de abelhas registradas em ninhos-armadilha na monocultura canavieira e que, possivelmente, saiu da floresta para nidificar no canavial.

No agroecossistema com policultura, os insetos foram capturados em uma área de pastagem com um pomar diversificado. O entorno dessa área é caracterizado por remanescentes de vegetação nativa, em forma de pequenos fragmentos (< 1 ha), em estádios iniciais de regeneração (5 a 7 anos), além de diversas árvores isoladas e plantas frutíferas e ornamentais cultivadas. Diante disso os ninhos-armadilha estavam localizados em uma matriz mais complexa e a diferentes distâncias da vegetação do entorno.

A intensidade de manejo dos agroecossistemas estudados certamente também afeta a comunidade de abelhas e vespas solitárias e seus parasitas. Na monocultura de cana-de-açúcar, há uma perturbação antrópica intensa e periódica, com freqüentes queimadas pré-colheitas e uso de herbicidas em plantas ruderais. Na área com sistemas

de policultura, as perturbações antrópicas são moderadas, havendo pouca ou nenhuma queimada e menor uso de inseticidas e herbicidas.

Sabe-se que na monocultura de cana-de-açúcar utiliza-se grandes quantidades de herbicidas e inseticidas. Essa prática, além de reduzir possíveis locais de nidificação, diminui drasticamente a disponibilidade de néctar e pólen, fornecidos por plantas consideradas daninhas (plantas ruderais perenes), atuando também de modo direto nos insetos, através de efeitos letais e sub-letais após as aplicações (Pinheiro & Freitas, 2010).

4.2 Agroecossistemas apresentam diversificada composição de espécies de abelhas solitárias

Apesar de pouca padronização nos protocolos de amostragem em estudos com ninhos-armadilha, a fauna de abelhas e vespas solitárias e seus inimigos naturais registrada neste estudo mostrou um elevado número de espécies abelhas (18 spp.), e em menor magnitude de vespas (11 spp.), em relação à outras localidades do Brasil (Viana *et al*, 2001, Aguiar & Martins, 2002; Alves-dos-santos, 2003), e em sistemas agrofloretais na Alemanha (Klein *et al*, 2002; Kruess & Tscharntke, 2002; Steffan-Dewenter, 2002) e Indonésia (Klein *et al*, 2006).

Em um estudo realizado próximo a área de policultura aqui avaliada, Milet-Pinheiro & Schlindwein (2008) registraram uma riqueza de 79 espécies de abelhas capturadas em flores com rede entomológica. No presente estudo, das 17 espécies de abelhas coletadas em armadilhas instaladas na policultura, apenas 7 spp. foram coletadas também no estudo de Milet-Pinheiro & Schlindwein (2008). As 10 spp. restantes foram registradas exclusivamente nesse estudo, demonstrando a importância de amostragens apifaunísticas por meio de ninhos-armadilhas, mesmo considerando que apenas aproximadamente 5% das espécies de abelhas nidificam em cavidades preexistentes (Krombein, 1974).

Segundo Milet-Pinheiro & Schlindwein (2008), a flora apícola da área de estudo caracteriza-se pela riqueza de espécies de plantas da família Asteraceae, comuns em áreas abertas com vegetação herbácea, o que em parte explicaria um número relativamente grande de espécies do gênero *Megachile* encontrada neste estudo, já que grande parte das espécies de abelhas desse gênero são conhecidas como visitantes florais de espécies de Asteraceae.

A abelha corta-folha *Megachile (Sayapis) dentipes* nidificou com alta frequência em ambas as áreas estudadas, sendo responsável por mais da metade dos ninhos de abelhas fundados na monocultura canavieira (88%) e quase a metade na policultura (46%). A abundância dessa espécie nos agroecossistemas estudados está associada, sobretudo, a dois fatores: 1) a ocorrência desta abelha em habitats abertos e ensolarados (Schlindwein, 1998; Aguiar & Zanella, 2005; Alex-dos-Santos & Schlindwein não publicado) e, 2) presença de plantas herbáceas (ruderais), fornecedoras de pólen e néctar, principalmente espécies das famílias Asteraceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae e Mimosaceae (ver segundo capítulo).

Além de plantas nativas, algumas espécies de abelhas nidificantes em ninhos-armadilha são polinizadores efetivos de plantas frutíferas, como é o caso já documentado entre a abelha *Centris analis* e a acerola *Malpighia emarginata* (Oliveira & Schlindwein, 2009), ambas registradas com elevada abundância na área de policultura.

Algumas espécies registradas neste estudo dependem, grandemente, da disponibilidade de resina para construção de seus ninhos (Krombein 1967; Michener, 2000; Silveira *et al*, 2002; Alves-dos-Santos, 2004), fato que pode limitar a ocorrência/abundância das espécies de abelha da tribo Anthidiini e da vespa *Podium denticulatum*, ambas registradas somente em área com policultura e não em monocultura canavieira. Possíveis fontes desse material são árvores de espécies cujos troncos produzem resina vegetal. Diante disso, a presença de espécies de abelhas da tribo Anthidiini e da vespa *Podium denticulatum* na área de policultura parece estar associada, além de uma maior disponibilidade de alimento (pólen para abelhas e baratas para *Podium denticulatum*), à presença destas espécies de plantas produtoras de resina.

Durante um ano de estudo, aproximadamente 8% das cavidades oferecidas foram ocupadas com ninhos de abelhas e vespas, resultando em uma baixíssima taxa de ocupação de cavidades com ninhos desses Hymenopteros. Possivelmente, as populações locais de abelhas e vespas solitárias nidificantes em cavidades preexistentes não eram grandes o suficiente para ocupar um grande número de orifícios disponibilizados artificialmente neste estudo, fato também detectado por outros autores em estudos com ninhos-armadilha em remanescentes florestais (Alex-dos-Santos & Schlindwein, não publicado).

Em conclusão, agroecossistemas mais diversificados florísticamente (e.g sistema de policultura) devem suportar um maior número de espécies de abelhas e vespas

solitárias nidificantes em cavidades preexistentes, quando comparado à monocultivos agrícolas intensamente manejados e com baixa riqueza de espécies vegetais. Além disso, a vegetação herbácea nativa desses agroecossistemas são recursos chave para a manutenção das populações desses insetos em áreas de agroecossistemas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C.M.L. 2003. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20: 457- 467.
- Aguiar, A. J. C & Martins, C. F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, v.19 (Supl.1): 101-116.
- Aguiar, C.M.L & Zanella F.C.V. 2005. Estrutura da Comunidade de Abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma Área na Margem do Domínio da Caatinga (Itatim, BA). *Neotropical Entomology*, Londrina, 34 (1): 15-24.
- Aguiar, C. M. L.; 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.* [online]. vol.22, n.4, pp. 1030-1038.
- Alex-Dos-Santos, A. 2008. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha no cenário da mata atlântica de Pernambuco, Brasil. *Monografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 57p.
- Altieri, M.A. & Masera, O. 1998. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. Pp. 72-105. In: A. Almeida & Z. Navarro (eds.). *Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável*. Segunda Edição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 253p.
- Alves-dos-santos; I. 2003. Adaptations of bee proboscides for collecting pollen from Pontenderiaceae flowers, p. 257-263. In: G.A.R. Melo & I. Alves-Dos-Santos (Eds.) *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora UNESC, 320p.
- Alves-dos-santos, I. 2004. Biologia de nidificação de *Anthodiocetes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). *Rev. Bras. Zool.* [online]. Vol.21, n.4, pp. 739-744.
- Antonini, Y. & R.P. Martins. 2003. The flowering-visiting bees at the Ecological Station of the Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil. *Neotropical Entomology* 32(4): 565-575.
- Araujo, K. C. 2009. Abelhas e borboletas em bordas de fragmentos florestais e matrizes de cana-de-açúcar, Usina São José, Igarassu- PE. *Monografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 71p.

- Arévalo H. A. and J. H. Frank. Nectar sources for *Larra bicolor* (hymenoptera: sphecidae), a parasitoid of *scapteriscus mole* crickets (orthoptera: gryllotalpidae), in northern florida. *Florida Entomologist* 2005 88 (2), 146-151.
- 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. *An. Soc. Entomol. Bras.* [online]., vol.26, n.2, pp. 335-347.
- Batra, S.W. 1984. Solitary bees. *Sci. America*. 250: 86-93.
- Buchmann, S.L. & G.P. Nabhan 1996. *The Forgotten Pollinators*. Washington, D.C., Island Press, 292p.
- Bunger L. and Kolbach D. 1995. Streuobst – Bindeglied zwischen Naturschutz und Landschaft. Dokumentation Natur und Landschaft. Sonderheft 23, Bibliographie No. 69. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, Germany.
- Buschini, M. L. T. 2006. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. *Apidologie* 37: 58–66.
- Camillo, E. 2005. Nesting biology of four *Tetrapedia* species in trap-nests (Hymenoptera: Apidae: Tetrapedini). *Revista de Biologia Tropical* v. 53 (1-2): 175-186.
- Camillo, E., C. A. Garófalo; J. C. Serrano, & G. Mucillo. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). *Rev. Bras. Entomol.* 39: 459-470.
- Camillo, E.; C.A. Garófalo & J.C. Serrano 1997. Biologia de *Monobia angulosa* Saussure em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26(1): 169- 175.
- Camillo, E. & A. D. Brescovit. 1999. Aspectos biológicos de *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *lactitarse* Saussure e *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae) em ninhos-armadilhas, com especial referência a suas presas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28: 251-262.
- Cprm. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado de Pernambuco. Diagnóstico do Município de Pombos - PE. [online] Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios>. Acessado em 10/11/2010.
- Cptec, Centro de previsão de tempos e estudos climáticos. Disponível on-line em <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 10/08/2010.
- Duque, G. 1980. O Nordeste e as lavouras xerófilas. 3 ed. Mossoró-RN: Fundação Guimarães Duque, 316p. (Coleção Mossoroense, 143). Duque, J. G. 1953. *Solo e água no polígono das secas*. Fortaleza: DNOCS, 220P.

- Endo, T. & A. Endo 1994. Prey selection by a spider wasp, *Batozenellus lacerticida* (Hymenoptera: Pompilidae): effects of seasonal variation in prey species, size and density. *Ecological Research* 9: 225-235.
- Evans, H. E. & Eberhard, M. J. W. 1970. *The wasps*. Ann. Arbor., The University of Michigan Press, Michigan. 265p.
- Feber, R.E., Smith, H. & Macdonald, D.W. 1996. The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of Applied Ecology*, 33, 1191-1205.
- Field, J. 1992. Guild structure in solitary spider-hunting wasps (Hymenoptera: Pompilidae) compared with null model predictions. *Ecological Entomology* 17: 198-208.
- Fletcher, M. & Barnett, L. 2003. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. *Bulletin of Insectology*, 56: 141-145.
- Freitas, B.M.; Alves, J.E.; Brandão, G.F. & Araújo, Z.B. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 133: 303-311.
- Garófalo, C. A. 2008. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) Nidificando em Ninhos Armadilha na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Anais do VIII Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto - SP, Brasil*. pp. 208-217.
- Garófalo, C. A.; Martins, C. F. & Alves-Dos-Santos, I. 2004. The brazilian solitary bee species caught in trap nests. In: Freitas, B. M. & Pereira, J. O. P. *Solitary Bees: Conservation, Rearing and Management for Pollination*. Imprensa Universitária, Universidade Federal do Ceará: 77-84.
- Gathmann, A., Greiler, H.-J. & Tschamtker, T. 1994. Trap-nesting bees and wasps colonizing set-aside fields: succession and body size, management by cutting and sowing. *Oecologia*, 98, 8–14.
- 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: 607-622.
- Heithaus, E.R. 1974. The role of plant-pollinator interactions in determining community structure. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 61: 675-691.
- Heithaus, E.R. 1979. Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. *Ecology* 60(1): 190-202.
- Horner-Devine, M.C., Daily, G.C., Ehrlich, P.R. & Boggs, C.L. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology*, 17, 168–177.
- Itep. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Disponível em <http://www.itep.br>. Acessado em 19/11/2010.

- Kevan, P.G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 373-393.
- Kevan, P. G. & Baker, H. G. 1983. Insect as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28, 407-453.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. & Tscharntke, T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16, 1003–1014.
- Klein A.M, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proc. R. Soc. B.* 270, 955–961.
- Klein, A.-M. Steffan-Dewenter, I. and T. Tscharntke, 2004. Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. *Journal of Animal Ecology*, vol. 73, no. 3, pp. 517–525.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I & Tscharntke, T. 2006. Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology* 75, 315–323.
- Kornprobst M. 1994. Lebensraum Streuobst.-Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.5. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, München, Germany.
- Krombein, K. V. 1967. *Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates*. Washington, Smithsonian Press, 569p.
- Krues, A. & Tscharntke, T. 2002. Grazing Intensity and the Diversity of Grasshoppers, Butterflies, and Trap-nesting Bees and Wasps. *Conservation Biology*, v. 16 (6), pp. 1570-1580.
- Krug, C. & Alves-Dos-Santos, I. 2008. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um estudo em floresta ombrófila mista em Santa Catarina. *Neotrop. entomol.* [online], vol.37, n.3, pp. 265-278.
- Laurance, W. F., and R. O. Bierregaard. 1997. Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press, Chicago.
- Landes, D.A.; M.S. Obin; A.B. Cady & J.H. Hunt, 1987. Seasonal and latitudinal variation in spider prey of the mud dauber *Chalybion californicum* (Hymenoptera, Sphecidae). *Journal of Arachnology* 15: 249-256.
- Locatelli, E. & I. C. S. Machado. 2001. Bee diversity and their floral resources in a fragment of a tropical altitudinal wet Forest (“Brejos de Altitude”) in Northeastern Brazil. *Acta Horticulturae* 561:317–325.
- Magurran, A. E., 1988, *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London.

- Martins, R.P. & H.R. Pimenta. 1993. Ecologia e comportamento de vespas solitárias predadoras. *Ciência Hoje* 15:14-19.
- Michener, C. D. 1979. *Biogeography of the bees*. Annals of the Missouri Botanical Garden 66: 277-347.
- Michener, C. D. 2000. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London, 913p.
- Michener, C. D. 2007. *The bees of the world*. 2nd ed. London: The Johns Hopkins University Press.
- Milet-Pinheiro, P. & Schlindwein, C. 2005. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 22, n° 4, pp. 853-858.
- Milet-Pinheiro, P. & Schlindwein, C. 2008. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas em uma área do Agreste pernambucano, Brasil. *Rev. Bras. entomol.* [online], vol.52, n.4, pp. 625-636.
- Morato, E. F. 2003. Biologia de *Megachile (Austromegachile) orbiculata* Mitchell (Hymenoptera, Megachilidae) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia central. In: G. A. R. Melo & I. Alves-dos Santos, *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Editora UNESC, Criciúma, 2003.
- Morato, E. F. 2004. Efeitos da sucessão florestal sobre a nidificação de vespas e abelhas solitárias. *Tese de doutorado*. Universidade Federal do Acre. 266p.
- 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), pp.429-444.
- Mouga, D. M. D. S. & Krug, C. 2010. Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em Floresta Ombrófila Densa Montana em Santa Catarina. *Revista brasileira de Zoologia* [online]. 2010, vol.27, n.1, pp. 70-80.
- Moure, J. S.; D. Urban & G.A.R. Melo. 2009. *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region*. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba. 1072p.
- Myers, N. 1986. Tropical deforestation and a mega-extinction spasm. *Conservation biology: The science of scarcity and diversity* (E. by M.E.Soulé), PP. 394-409. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Oliveira, R. & Schlindwein, C. 2009. Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Annals of the Entomological Society of America*, 102: 20-273.
- Paini, D. R. 2004. Nesting biology of an Australian resin bee *Megachile* sp. (Hymenoptera: Megachilidae): a study using trap nests. *Australian Journal of Entomology* (43), 10–15.

- Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg, and M. E. Van der Voort. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. Shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. *Bio-Science* 46:598–608.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, P. Hanson, and V. Cartin. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935–945.
- Pedro, S. R. M. & J. M. F. Camargo. 1999. Apoidea, Apiformes. In: Brandão, C. R. & E. M. Cancellato (eds.). *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX*. Vol. 5, Invertebrados Terrestres. São Paulo, FAPESP. 279 p.
- Pinheiro, J. N. & Freitas, B. M. 2010. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas para manejo para os ecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, 14, 266-281.
- Pinheiro-Machado, C. A.; Santos, I. A.; Imperatriz-Fonseca, V. L.; Kleinert, A. M. P.; Silveira, F. A. 2002. Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. In: Kevan, P. G.; Imperatriz-Fonseca, V. L.. (Org.). *Pollinating bees the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministry of Environment, p. 115-129.
- Ramalho, M. 1995. A diversidade de abelhas (Apoidea, Hymenoptera) em um remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo. *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, São Paulo
- Ricketts, T. H., Daily G. C., Ehrlich, P. R., Fay. J. P. 2001. Countryside Biogeography of Moths in a Fragmented Landscape: Biodiversity in Native and Agricultural Habitats. Volume 15, Issue 2, pages 378–388.
- Roubik, D. W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, 514p.
- Schessler, M., S. & Gottsberger, G. 2008. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. *Flora* (203), 215-228.
- Schlindwein, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of Subtropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 33: 46-59.
- Siemann, E., Haarstad, J. & Tilman, D. 1999. Dynamics of plant and arthropod diversity during old field succession. *Ecography* 22, 406–414.
- Silveira, F. A.; G. A. R. Melo & E. D. A. Almeida. 2002. Abelhas brasileiras. Sistemática e identificação. Belo Horizonte, 253p.
- Simpson, B.B. & J.L. Neff 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68: 301-322.

- Steffan-Dewenter, I. 1997. Wildbienen in der Agrarlandschaft: Sukzession, Habitatwahl, Bestäubungsleistung und Konkurrenz mit Honigbienen. *Doctoral thesis*, University of Gottingen, Gottingen, Germany.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 1997a. Bee diversity and seed set in fragmented habitats. *Acta Horticulturae*, 437, 231-234.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 1997b. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia*, 109, 294-302.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2001 Succession of bee communities on fallows. *Ecography* 24, 83-93.
- Steffan-Dewenter, I. 2002. Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecological Entomology* 27, pp. 631-637.
- Steffan-Dewenter, I., U. Münzenberg, C. Bürger, C. Thies, and T. Tschardtke. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83:1421-1432.
- Steffan-Dewenter, I. & K. Leschke 2003. Effects of habitat management on vegetation and above-ground nesting bees and wasps on orchard meadows in Central Europe. *Biodiversity and Conservation* 12: 1953-1968.
- Trindade, M. B., Lins-e-Silva, A. C. B.; Silva, H. P.; Figueira, S. B.; Schessl, M. 2008. Fragmentation of the Atlantic rainforest in the northern coastal region of Pernambuco, Brazil: recent changes and implications for conservation. In: Rodal MJN, Lins-e-Silva ACL, Gottsberger G [eds]. The Fragments Project. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* 2: 5-13.
- Tschardtke, T., Gathmann A. & Steffan-Dewenter, I. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology* 35: 708-719.
- Veloso, H. P., Rangel-filho, A. L. R. & Lima, J. C. A., 1991, *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Velloso, A. L.; E. V. S. Sampaio & F. G. L. Pareyn. 2002. *Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga*. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental e The Nature Conservancy do Brasil, Recife. 76 p.
- Viana, B. F.; F. O. Silva & A. M. P. Kleinert. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no Nordeste do Brasil. *Neotropical Entomology*, Londrina, 30: 245-251.
- Wolcott, G. N. 1941. The dispersion of *Larra Americana* Saussure in Puerto Rico. *Rev. Agric. Ind. Com. Puerto Rico* 33: 607-609.
- Zanella, F. C. V. 2000. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): A species list and comparative notes regarding their distribution. *Apidologie* 31: 579-592.

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3rd ed. Prentice-Hall, International, Inc., London. 662p.

Capítulo 2

História natural e biologia da nidificação de *Megachile*
(*Sayapis*) *dentipes* Vachal, 1909 (Hymenoptera,
Megachilidae) em ninhos-armadilha

HISTÓRIA NATURAL E BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Megachile (Sayapis) dentipes* VACHAL, 1909 (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) EM NINHOS-ARMADILHA

RESUMO

Megachile dentipes é uma espécie de abelha solitária amplamente distribuída no Brasil, nidificante em cavidades preexistentes. Foi estudada a nidificação desta espécie utilizando ninhos-armadilha, em áreas de monocultura de cana-de-açúcar e policultura, ambas localizadas no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Ninhos-armadilha foram disponibilizados de junho de 2009 a maio de 2010. Dados de 193 ninhos mostraram que a estrutura do ninho consiste em uma série linear de células de cria, revestidas com uma mistura de folhas mastigadas e areia, freqüentemente seguida por uma longa célula vestibular e um opérculo final. O número médio de células por ninho foi de 2,4 ($\pm 1,31$). Padrões de emergência indicaram que essa espécie possui um ciclo de vida multivoltino sem diapausa, com várias gerações ao longo do ano e picos de nidificação nos meses mais secos (outubro e dezembro) nas áreas de monocultura e policultura, respectivamente. A razão sexual fêmea: macho foi de 1:0,43, diferindo significativamente da esperada. Fêmeas de *M. dentipes* fundaram seus ninhos em cavidades com diâmetros entre 5 - 10 mm, com uma acentuada preferência por orifícios com 6 mm (68%). Na monocultura, indivíduos de *M. dentipes* utilizaram como fonte de néctar flores de *Borreria cf. verticillata* (Rubiaceae) e *Centratherum punctatum* (Asteraceae), enquanto que na área de policultura, flores de *Stemodia pratensis* (Scrophulariaceae) e outra espécie de Asteraceae foram visitadas para obtenção de néctar. Análise qualitativa da dieta larval mostrou que, em ambos os agroecossistemas, esta espécie é polilética, coletando pólen de várias espécies de plantas, especialmente das famílias Asteraceae (*Centratherum punctatum*), Rubiaceae (*Borreria verticillata*), Scrophulariaceae (*Stemodia pratensis*) e Mimosaceae (*Mimosa* spp.). A vegetação herbácea nativa, encontrada nos agroecossistemas foi importante fonte de pólen e néctar para *Megachile dentipes*. Além disso, *Megachile dentipes* mostrou ser uma boa candidata à futuros programas de manejo para polinização.

PALAVRAS CHAVE: Bionomia, agroecossistema, nidificação, Asteraceae, abelha solitária.

NATURAL HISTORY AND NESTING BIOLOGY OF *Megachile (Sayapis) dentipes*
VACHAL, 1909 (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE) IN TRAP NESTS

ABSTRACT

Megachile dentipes is a solitary bee species widely distributed in Brazil, nesting in preexisting cavities. Using trap nests in areas of sugarcane monoculture and polyculture, both located in Pernambuco state, northeastern Brazil, nidification of this species was studied. Trap nests were available from June/2009 to May/2010 observation-nests from October/2009 to February/2010. Data from 193 nests showed that nest structure consists of a linear series of brood cells, coated with a mixture of chewed leaves and sand, often followed by a long vestibular cell and an end operculum. The average number of cells per nest was $2.4 (\pm 1,31)$. Emergence patterns indicated that this species has a life cycle multivoltine without diapause, with several generations throughout the year and a peaks in drier months of October and December in monoculture and polyculture areas, respectively. The sex ratio female: male was 1:0.43, differing from expected values. Females of *M. dentipes* founded their nests in holes with diameters of 5-10 mm, with a marked preference for holes with 6 mm (68%). In monoculture, individuals of *M. dentipes* used as source of nectar flowers of *Borreria verticillata* (Rubiaceae) and *Centratherum punctatum* (Asteraceae), while in the area of polyculture, flowers of *Stemodia pratensis* (Scropulariaceae) and other species of Asteraceae were visited for nectar foraging. Qualitative analysis showed that the larval diet in both agroecosystems is polilectic. Bees foraged for pollen of many plant species, especially Asteraceae (*Centratherum punctatum*), Rubiaceae (*Borreria verticillata*), Scropulariaceae (*Stemodia pratensis*) and Mimosaceae (*Mimosa* spp.). The native vegetation, found in agroecosystems reviewed here, were important nectar and pollen sources to *Megachile dentipes*. Moreover, *Megachile dentipes* seems to be a good candidate for future management programs aimed for pollination.

KEYWORDS: Bionomics, agroecosystem, nesting, Asteraceae, solitary bee.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Megachile* Latreille (Hymenoptera, Megachilidae) é composto por abelhas solitárias com larga distribuição mundial, sendo encontrados indivíduos deste grupo em todos os continentes, exceto Antártica (Mitchell, 1934). É um grupo extremamente rico em espécies, com indivíduos morfologicamente e comportamentalmente diversos (Michener, 2000; Silveira *et al.*, 2002). Foram descritas 1.093 espécies desse gênero, compreendendo aproximadamente 15% de todas as espécies de abelhas (Michener, 2000).

As espécies de abelhas do gênero *Megachile* são notadamente reconhecidas como abelhas corta folha por fêmeas coletarem ativamente folhas para construção dos seus ninhos (Michener, 1953). Algumas espécies de abelhas desse gênero utilizam cavidades preexistentes para nidificação (Krombein, 1967; Eickwort, 1975; Eickwort *et al.*, 1981; Camillo *et al.*, 1983, 1994; Frohlich, 1983; Parker, 1987; Torchio, 1989; Bosch *et al.*, 1993). Poucas informações existem sobre vários aspectos biológicos das espécies brasileiras de *Megachile* (Blochtein & Wittmann, 1988; Martins & Almeida, 1994; Almeida *et al.*, 1997; Morato, 2003).

Indivíduos pertencentes a dez subgêneros de *Megachile* têm sido coletados em ninhos-armadilha no Brasil, dentre eles *Sayapis*, um subgênero que inclui abelhas comuns por todo o continente, ocorrendo desde a Argentina até o Canadá. Como os demais subgêneros neotropicais, *Sayapis* é praticamente desconhecido do ponto de vista bionômico, apesar da importância das espécies do gênero como potenciais polinizadores em agroecossistemas, de várias culturas de interesse econômico a nível mundial.

Um exemplo clássico é a espécie *Megachile rotundata*, utilizada na polinização de extensas plantações de alfafa e outras leguminosas nos Estados Unidos, elevando consideravelmente a taxa de frutificação das culturas em questão (Richards 1984, 1993). Dentre as oito espécies do subgênero *Sayapis* que foram registradas no Brasil, apenas *Megachile (Sayapis) dentipes* têm sido coletada em ninhos-armadilha.

Megachile dentipes é uma espécie de abelha solitária nidificante em cavidades preexistentes. Indivíduos desta espécie têm sido frequentemente coletados em flores em várias localidades do Brasil, sendo capturados com alta frequência em áreas abertas e ensolaradas (Schlindwein, 1998; Aguiar & Zanella, 2005; Batalha-Filho *et al.*, 2007; Moura & Schlindwein, 2008; Rodarte *et al.*, 2008). A ocorrência dessa espécie está associada, também, a ambientes antropizados, como em plantações de cana-de-açúcar,

não havendo registros dessa espécie no interior dos fragmentos de mata próximo à monocultura (Alex-dos-Santos, 2008). Contudo, em estudos com ninhos-armadilha no Brasil, essa espécie foi coletada apenas em duas localidades: Pernambuco (Alex-dos-Santos, 2008) e Paraíba (Aguilar & Martins, 2002; Gonçalves & Zanella, 2003). Dessa forma, são bastante escassos os dados relacionados a quaisquer aspectos da biologia de nidificação e história de vida da espécie.

São raros os estudos que contemplem o comportamento de nidificação para espécies do gênero *Megachile*, incluindo observações dentro dos ninhos, coleta de materiais utilizados para construção e aprovisionamento das células de cria (Morato, 2003; Paine, 2004; Zillikens & Steiner, 2004). Outro aspecto que torna necessário o estudo da biologia de *M. dentipes* é o rápido desaparecimento de muitas espécies desse grupo nas zonas urbanas e, muito possivelmente, em amplas áreas de monoculturas (Laroca *et al.*, 1987). Poucas informações estão disponíveis também acerca das fontes de alimento das espécies capturadas com ninhos-armadilha (Laroca & Rosado-Neto, 1975).

O objetivo deste estudo é apresentar dados sobre a história natural e biologia de nidificação de *Megachile (Sayapis) dentipes* obtidos com ninhos-armadilha em áreas de monocultura canavieira e policultura, ambos localizados no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Mais especificamente, pretende-se: 1) Investigar a existência de padrões sazonais de nidificação de *Megachile dentipes* nas áreas estudadas, 2) Descrever a arquitetura interna do ninho e o comportamento de nidificação das fêmeas da espécie em ninhos-armadilha, 3) Listar os tipos de materiais utilizados pelas fêmeas para construção dos ninhos, 4) Identificar as espécies de plantas, através da análise polínica e coleta em flores, utilizadas como fontes de alimento, para as larvas (pólen) e para os adultos (néctar).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido simultaneamente em duas áreas no estado de Pernambuco: 1) Usina São José (71°50'54"S - 35°10'35"W; altitude 113 m), município de Igarassu, litoral norte do estado, e 2) Fazenda "Chã dos Patinhos" (09°21'52"S - 58° 28'58"W, altitude 350 m), município de Pombos, agreste pernambucano.

O primeiro estudo foi conduzido em uma área pertencente à Usina São José (USJ), indústria sucroalcooleira, localizada a 50 km da capital. Esta propriedade particular possui uma área total de 24.000 ha, onde 17.136 hectares (71,4 % da área total) são ocupados por plantações de cana-de-açúcar, e o restante da área (28,6%) são fragmentos de Mata atlântica em diversos estágios de conservação (Trindade *et al.*, 2008). Esses remanescentes são freqüentemente denominados de florestas úmidas densas de planície, ou Florestas ombrófilas densa de terras baixas (Veloso *et al.*, 1991).

De acordo com o sistema de classificação de Köppen o clima local é do tipo As'quente e úmido, com temperatura média anual de 24.9°C (Schessl *et al.*, 2008). Dados meteorológicos coletados de 1998 a 2006 na estação meteorológica da Usina São José indicam uma precipitação média anual de 1.687mm, com uma estação chuvosa de janeiro a agosto (>100 mm/mês) e uma estação seca (<100 mm/mês) de setembro a dezembro (Schessl *et al.*, 2008).

A coleta dos ninhos e os experimentos foram conduzidos em trilhas localizadas entre lotes de monocultura canavieira, distantes 700m do fragmento mais próximo (Figura 3d). A escolha da área estudada foi baseada em um levantamento realizado na mesma localidade, o qual detectou a presença da espécie de abelha estudada nidificando em ninhos-armadilha instalados apenas em áreas abertas circundadas por plantações de monocultura. Além disso, optamos também pela área devido à proximidade de plantas ruderais e menor interferência antrópica.

Amostragens foram também conduzidas em uma área com policultura no município de Pombos, Pernambuco. A área de trabalho localiza-se no entorno da Fazenda “Chã dos Patinhos”, a 350m de altitude e 65 km de Recife.

O clima da região é tropical estacional, onde a estação seca estende-se durante os meses de agosto à fevereiro, sendo caracterizada pela quase total inexistência de chuvas (39 mm/mês), enquanto que a estação chuvosa é concentrada entre março e julho, com média de precipitação mensal de 131.4 mm (ITEP, 2010). De acordo com as médias históricas do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), a precipitação anual no município gira em torno dos 930 mm, com temperatura média anual de 23.8°C.

A vegetação densa que originalmente cobria a região era predominantemente do tipo Floresta Subperenifólia, com partes de Floresta Hipoxerófila (CPRM, 2005). Porém, a cobertura vegetal atual da região é caracterizada por um mosaico vegetacional, compreendendo desde vegetação aberta com pastagens e espécies ruderais e de

Caatinga, até restos de vegetação nativa degradada em forma capoeiras, árvores isoladas e plantas frutíferas cultivadas.

Observa-se, então, uma vegetação de médio a baixo porte em um relevo íngreme, correspondendo aos primeiros degraus do Planalto da Borborema na porção noroeste do município. Esta topografia acidentada é marcada por uma ampla malha de drenos, córregos e rios, os quais colaboram diretamente no cultivo de diversas culturas, tais como Banana (*Musa* spp.), Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril), Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), Limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), Acerola (*Malpighia emarginata* DC.), Milho (*Zea mays* L.) e Feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.).

2.2 NINHOS-ARMADILHA

Os ninhos de *Megachile dentipes* foram obtidos por meio de dois tipos de ninhos-armadilha: 1) Tubos de cartolina inseridos blocos de madeira compacto, e 2) Ninhos de observação.

2.2.1 TUBOS DE CARTOLINA

Os ninhos-armadilha consistiram de tubos de cartolina fechados em uma das extremidades com fita adesiva e inseridos em orifícios feitos em blocos de madeira maciça (15 x 7,5 x 10 cm) de ipê (*Tabebuia alba*). Cada bloco conteve sete furos de diferentes diâmetros (4, 6, 8 e 10 mm), totalizando 28 orifícios por bloco (Figura 1). Todos os furos foram feitos na mesma face e tiveram 7 cm de profundidade. Na parte superior de cada bloco foi instalada uma chapa de alumínio para proteção contra a chuva (Alex-dos-Santos, 2008).

Em cada área estudada foram instalados 10 blocos de madeira, suspensos por uma trave a 1,5m acima do solo e a uma distância de 25m entre si. O local onde foi instalado cada bloco de madeira denomina-se como um ponto amostral (Figura 2). Todos os blocos foram instalados com a face das perfurações orientadas a Nordeste em relação aos pontos cardeais, e estavam, pelo menos, 700m de distância do fragmento mais próximo.

As coletas dos tubos de cartolina contendo os ninhos foram realizadas mensalmente durante doze meses (Junho/2009 a Maio/2010), totalizando 3.360 furos inspecionados ao longo de um ano. Os tubos de cartolina contendo ninhos de *Megachile dentipes* foram substituídos por outro vazio do mesmo diâmetro, de modo que sempre tubos vazios disponíveis para nidificação. Os ninhos coletados foram retirados e

mantidos em garrafas tipo PET, com perfurações para permitir a aeração até a emergência dos imagos. Após a emergência, alguns indivíduos foram sacrificados com acetato de etila, enquanto outros foram armazenados em álcool 95% e seus ninhos abertos para exame das estruturas internas. Os indivíduos mortos em acetato foram depositados na Coleção Entomológica da Universidade Federal da Paraíba e Pernambuco.

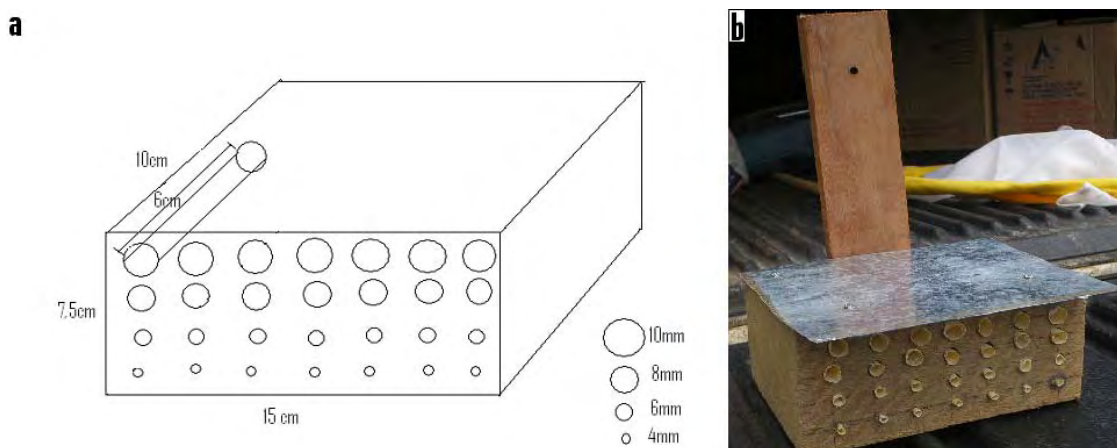


Figura 1. Desenho esquemático do ninho-armadilha que foi utilizado neste estudo. **a)** Detalhe das dimensões do bloco, diâmetro e profundidade dos orifícios; **b)** Ninho-armadilha a ser instalado em campo.

2.2.2 NINHOS DE OBSERVAÇÃO

Como proposto por Cane (2004) e Oliveira & Schlindwein (2009), os ninhos de observação consistiram de pranchas (placas) de madeira cada uma delas medindo 14x20x20cm. Nessas placas foram feitos 10 orifícios lineares com diâmetros de 5, 6, 7, 8 e 12 mm e comprimento de 10 cm. Todos os orifícios de uma prancha tiveram o mesmo diâmetro. A superfície das pranchas foi coberta com uma lâmina plástica de mesma dimensão, fixa com fita adesiva, permitindo, assim, a visualização do conteúdo das células de cria bem como o monitoramento das fêmeas nidificantes. Este tipo de ninho-armadilha permite uma fácil visualização do conteúdo interno e manipulação do mesmo, sendo ideal para estudos de comportamento.

Em cada área estudada foram definidos quatro pontos amostrais, onde em cada um deles foi sobreposto um conjunto de cinco pranchas, cada uma com um tipo de diâmetro, sendo a última coberta com uma placa de alumínio, totalizando 5 pranchas (50 orifícios) disponíveis para nidificação em cada ponto. Cada conjunto de pranchas foi suspenso (1.5m acima do solo) por uma base rígida fixada à uma trave. Ao todo, com este tipo de ninho-armadilha, foram disponibilizadas 200 cavidades para nidificação em cada área/mês (Figura 2).

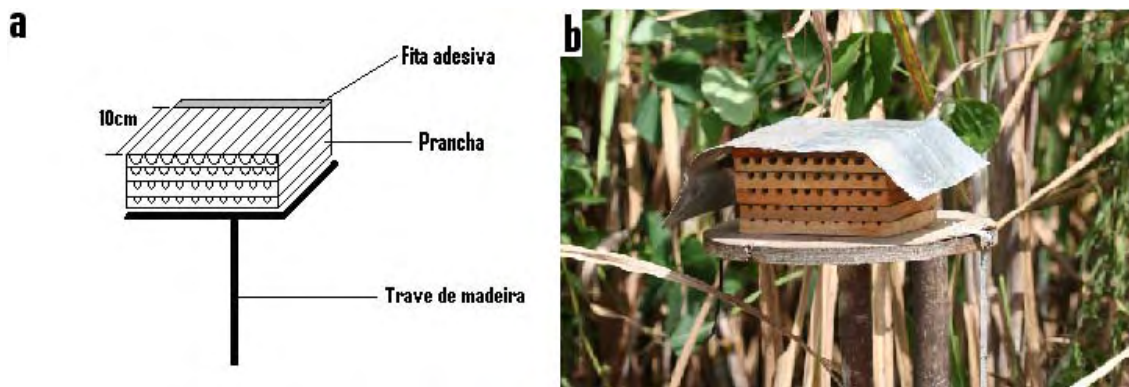


Figura 2. Modelo do segundo tipo de ninho-armadilha (ninho de observação) utilizado neste estudo. **a)** Quatro pranchas de madeira sobrepostas perfuradas longitudinalmente e suspensa por uma trave. **b)** Ninho-armadilha instalado na matriz canavieira.

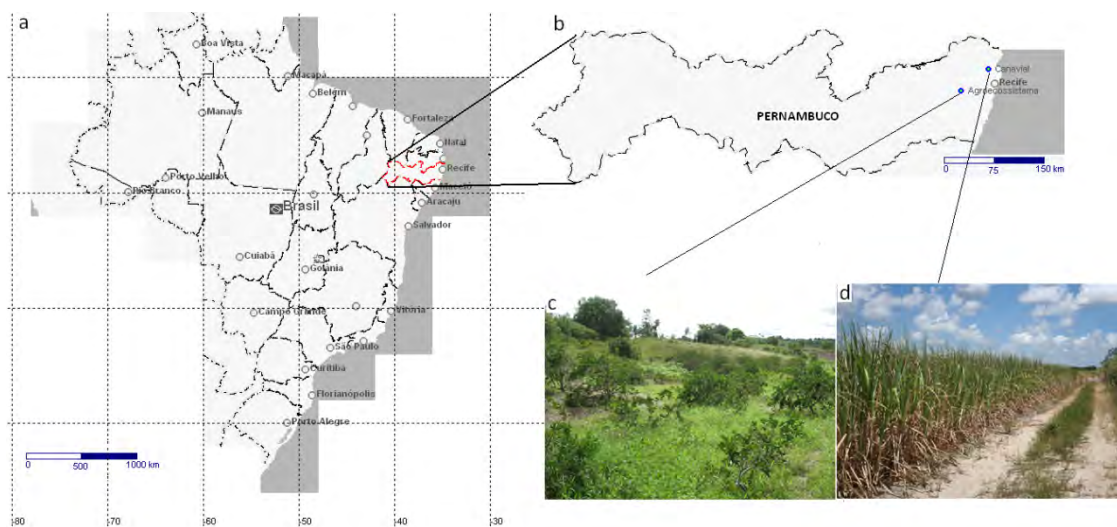


Figura 3. (a) Localização das áreas onde o estudo foi conduzido. As coletas foram realizadas no estado de Pernambuco (b), em duas paisagens com agroecossistema: (c) policultura e (d) monocultura de cana-de-açúcar.

2.3 PARÂMETROS AVALIADOS E ANÁLISE DOS DADOS

2.3.1 HISTÓRIA NATURAL

Para o estudo de história natural, foram utilizados os ninhos de *Megachile dentipes* construídos nos dois tipos de ninhos-armadilha (Figura 1 e 2), com o objetivo de avaliar: (a) Sazonalidade, (b) Diâmetro das cavidades utilizadas para construção dos ninhos e razão sexual, (c) Indivíduos emergidos e mortalidade e (d) Desenvolvimento dos imaturos e inimigos naturais.

SAZONALIDADE

Para avaliar se há relação entre a abundância de ninhos e de células de cria de *Megachile dentipes* e os períodos secos e chuvosos, um levantamento foi realizado ao longo de um ano a fim de se obter dados acerca do ciclo de nidificação dessa espécie

nas duas áreas estudadas (monocultura canavieira e policultura). Com isso, objetivou-se também determinar o número de gerações que esta espécie possui ao longo do ano (uni, bi, ou multivoltina).

DIÂMETRO DOS NINHOS E RAZÃO SEXUAL

Foi contabilizado o número de ninhos fundados em cada classe de diâmetro oferecido pelos dois tipos de ninhos, a fim de avaliar uma possível preferência das fêmeas de *M. dentipes* por determinado tipo de diâmetro. A razão sexual foi determinada calculando-se a proporção do número de fêmeas e machos emergidos (Razão sexual esperada: 1:1).

INDIVÍDUOS EMERGIDOS E MORTALIDADE

A fim de testar se o número de indivíduos emergidos é significativamente maior em alguma época do ano (mês), bem como avaliar a taxa de mortalidade desta espécie em ninhos-armadilha, foi contabilizado, mensalmente, o número total de indivíduos emergidos e não emergidos ao longo de um ano. Também foi verificada a ocorrência de protandria (machos emergem antes das fêmeas) nessa espécie.

DESENVOLVIMENTO DOS IMATUROS E INIMIGOS NATURAIS

Com o objetivo de determinar a duração do período da oviposição à emergência, como também a duração dos estádios de desenvolvimento dos imaturos de *Megachile dentipes*, ninhos contendo células de cria recém construídas foram transferidas para o laboratório após as fêmeas terem finalizado suas construções. Em laboratório, os ninhos foram abertos e mantidos, individualmente, em pequenos tubos plásticos transparentes a temperatura ambiente, de modo que todo o conteúdo do ninho, incluindo os imaturos, fosse visualizado com facilidade. O desenvolvimento dos indivíduos foi acompanhado por observações diárias até a emergência (ou morte) dos imagos.

Além disso, registros fotográficos foram realizados nos ninhos de *Megachile dentipes* para evidenciar cada ínstar (ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto pré-emergente), bem como a existência de algum período de desenvolvimento interrompido (diapausa), além da descrição do casulo que a larva tece. Foi registrada e contabilizada, também, a ocorrência de possíveis cleptoparasitas nos ninhos de *M. (S.) dentipes*.

2.3.2 BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO

Para o estudo da biologia de nidificação foram utilizados dados referentes aos dois modelos de ninhos-armadilha utilizados neste estudo (Figura 1 e 2). Esta sessão foi dividida em três partes: Comportamento de nidificação, arquitetura do ninho e análise polínica e recursos florais utilizados.

COMPORTAMENTO DE NIDIFICAÇÃO

Fêmeas nidificantes foram acompanhadas a partir do início de suas atividades de forrageamento e construção de células. Foram registradas as seqüências e durações de cada atividade envolvida na construção e no aprovisionamento das células de cria, bem como do material utilizado pelas fêmeas na construção de seus ninhos.

Para melhor acompanhar e individualizá-las, as fêmeas de *M. (S.) dentipes* que iniciaram a construção de seus ninhos foram, inicialmente, coletadas com rede entomológica, colocadas em frascos e em seguida adormecidas em gelo. Posteriormente, foram realizadas marcações no dorso das mesmas com tinta *Revell Color*. A atividade das fêmeas nidificantes marcadas foi acompanhada durante dias consecutivos até o término da construção das células de cria e partições.

Todo o comportamento de nidificação de *Megachile (S.) dentipes* foi monitorado desde o início de suas atividades, incluindo a avaliação do comportamento agonístico entre as fêmeas para o controle de cavidades. Nesta sessão, pretendemos responder às seguintes perguntas em relação ao comportamento de nidificação da fêmea:

Início de suas atividades. Como se inicia a atividade de nidificação? Há uma seleção por cavidades? Qual material coletado para revestir o ninho? Quantas viagens são necessárias para a coleta de areia e/ou folhas? Qual a duração delas? A fêmea acrescenta substâncias ao material vegetal? Como se dá o revestimento da cavidade (utilizam as pernas, mandíbulas)? A fêmea exibe algum comportamento de defesa do ninho?

Aprovisionamento. Quantos vôos são necessários para aprovisionar uma célula? Qual a duração dos vôos? De que forma se dá a deposição do pólen na célula (movimento das pernas, abdômen)?

Oviposição e fechamento. Qual o material e como é construído o opérculo de fechamento? Quanto tempo dura a oviposição e fechamento do ninho?

Parasitismo. Há ataque dos ninhos por cleptoparasitas ou outras fêmeas co-específicas (roubo de pólen)?

Aspectos temporais da nidificação. A que horas do dia as fêmeas iniciam e encerram suas atividades? Qual o tempo total gasto para construir uma célula? As fêmeas permanecem no ninho durante a noite, usando-os como dormitório? Os machos usam as cavidades para descansar ou desempenhar outras atividades?

Um otoscópio foi utilizado para melhor visualizar as atividades das fêmeas nos ninhos de observação. A duração das viagens para coleta de material e provisionamento das células foram medidas com cronômetro digital.

Além das observações citadas acima, foram realizados dois experimentos a fim de responder algumas questões.

EXPERIMENTO 1

1) As fêmeas reconhecem as cavidades para construção de seus ninhos?

Este experimento foi realizado em ninhos-armadilha do tipo tubos de cartolina. Foi selecionado um bloco de madeira contendo 21 orifícios, como mostrado na figura 1, porém sem os últimos 7 furos de 4 mm de diâmetro. Em cada orifício foi inserido um tubo de cartolina com medidas semelhantes, tais como coloração (Bege), comprimento (7 cm) e diâmetro (6 mm). Quando uma fêmea iniciava a construção do ninho em um determinado tubo de cartolina, nós o trocávamos de posição por um tubo vazio do mesmo bloco quando a mesma saía para a coleta de materiais para a construção do ninho (Areia, folha, pólen, néctar). Quando a fêmea retornava ao ninho, registrávamos em qual cavidade ela entrava. Este experimento foi realizado com três diferentes fêmeas de *M. dentipes* em diferentes fases da construção de um ninho (Revestimento da cavidade, provisionamento larval e construção de partição). Foram realizadas dez trocas de posições dos tubos para cada fêmea, totalizando trinta repetições. Com isso, pretendemos responder a seguinte questão: As fêmeas reconhecem a cavidade pela posição (espacial) em que o orifício se encontra no bloco ou existem outros fatores, tais como odores, envolvidos no reconhecimento de cavidades por parte das fêmeas?

EXPERIMENTO 2

2) A fêmea avalia a quantidade de pólen dentro da célula que está provisionando?

Para responder a esta questão, cinco fêmeas de *M. dentipes* foram marcadas e acompanhadas durante o processo de provisionamento da célula de cria. Inicialmente contabilizávamos o número de vôos que cada fêmea marcada necessitaria para

aprovisionar uma célula. Posteriormente, já com esse conhecimento prévio, em outra célula sendo provisionada pela mesma fêmea, retirávamos de pólen.

O experimento foi executado da seguinte forma: Ao final do provisionamento de uma célula de cria, antes da oviposição, quando a fêmea havia saído para uma das últimas coletas de pólen e néctar, retirávamos aproximadamente dois terços da provisão (pólen + néctar) que a fêmea havia coletado e estocado na célula. A provisão era retirada com uma pinça de ponta larga de modo que nenhuma estrutura do ninho era afetada com este procedimento. Quando a fêmea retornava ao ninho, registramos seu comportamento diante de tal situação. Diante disto, pretendemos verificar se uma fêmea possui um número programado de vôos para provisionar uma célula de cria ou se ela tem a capacidade de avaliar seu conteúdo (quantidade) à medida que retorna ao ninho.

ARQUITETURA DO NINHO

Todas as medições realizadas no interior dos ninhos foram feitas com o auxílio de um paquímetro digital. Os seguintes parâmetros foram avaliados: número de células por ninho, presença ou não de células vestibulares (célula vazia encontrada entre a última célula de cria e a parede de fechamento do ninho) e/ou intercalares, comprimento total dos ninhos e de cada célula (cria ou vestibular), espessura das partições e da parede de fechamento do ninho, tipo de material utilizado na construção do ninho. Além das medidas, foi realizada uma descrição de toda estrutura do ninho, como: forma das células, partições e opérculos, textura externa e interna do ninho, revestimento e casulo.

ANÁLISE POLÍNICA E RECURSOS FLORAIS UTILIZADOS

Para avaliar quais espécies de plantas são utilizadas pelas fêmeas como recursos polínicos para alimentação das crias de *Megachile dentipes*, a massa polínica de 20 células de cria de 10 ninhos obtidos do canavial (cinco em outubro, três em dezembro e dois em janeiro) e 10 ninhos na policultura (um em setembro, dois em outubro, um em novembro, dois em dezembro, um em janeiro, um em fevereiro e dois em abril), foram removidas dos ninhos armadilha para uma análise qualitativa dos grãos. Em cada uma dessas células foi registrada a frequência relativa dos tipos polínicos encontrados em cada uma delas. Nesse contexto, pretendemos avaliar se esta espécie é oligolética ou polilética.

O conteúdo de pólen de uma célula de cria foi transferido para um tubo de *ependorf*, contendo álcool 70% e homogeneizado em um agitador “Vortex” por, pelo

menos, 5 minutos. Após homogeneização da mistura e evaporação do álcool, parte da massa polínica foi aderida a pequenas porções de gelatina glicerizada corada com fucsina básica, e transferida para uma lâmina. Este material foi aquecido em lamparina com álcool, coberto com uma lamínula e selado com parafina (Louveaux *et al.*, 1978; Wittmann & Schlindwein, 1995).

Foram confeccionadas três lâminas de pólen por célula. 300 grãos de pólen foram contabilizados por amostra, totalizando 3.000 grãos de pólen identificados em cada área. Os grãos de pólen foram identificados utilizando microscopia de luz, com o auxílio de lâminas de referência de pólen de espécies encontradas próximas ao local onde os ninhos armadilha foram instalados, além de comparações com a coleção de referência da palinoteca do “Laboratório Plebeia – Ecologia de Abelhas e da Polinização”, lotado no Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco.

Em 20 células de cria, 10 no canavial (um em novembro, oito em dezembro e um em janeiro) e 10 na policultura (quatro em outubro, três em novembro, dois em dezembro e um em janeiro), com massas completas de pólen onde as larvas ainda não iniciaram o seu consumo, foi contabilizado o número total e o volume dos grãos de pólen por célula. A massa de pólen de uma célula foi cuidadosamente transferida para um tubo de *ependorf* com volume de 1,5ml de ácido láctico glicerizado. As amostras foram homogeneizadas em um agitador por, pelo menos, 5 minutos. Duas subamostras foram transferidas para uma lâmina microscópica (câmara de *neubauer*) para contagem do número total de grãos de pólen em cada subamostra. O número total de grãos de pólen por célula e por tipo polínico foi contabilizado.

Foram realizadas coletas complementares com rede entomológica de indivíduos adultos de *M. dentipes* em flores de plantas ruderais (oferecidas na própria matriz canavieira), e no entorno da policultura. Com isso, pretendeu-se verificar as espécies de plantas utilizadas por *M. dentipes* como fontes de alimentação (néctar) dos adultos nos dois locais estudados.

3. RESULTADOS

3.1 HISTÓRIA NATURAL

3.1.1 NÚMERO DE NINHOS, CÉLULAS DE CRIA E INDIVÍDUOS EMERGIDOS

Um total de 193 ninhos de *Megachile (Sayapis) dentipes* foi coletado em ninhos-armadilha. Dos ninhos obtidos, 76 (39,4%) foram fundados em ninhos-armadilha oferecidos na matriz de cana-de-açúcar e 117 (60,6%) em área de policultura. A maioria dos ninhos coletados (n= 166; 86%) foram fundados em tubos de cartolina (Tabela 1).

Foram coletadas 188 células de cria de *M. dentipes* no canavial e 278 na policultura, totalizando 466 células de cria. O número de células por ninho variou de 1-6 ($X = 2,41$ células, $\pm 1,316$), com a maioria dos ninhos contendo uma (30,5%), duas (28,5%) e três (19,6%) células (Figura 4). Das células coletadas, emergiram 216 indivíduos, sendo 111 no canavial e 105 na policultura.

Tabela 1. Variáveis mensuradas relativas à nidificação de *M. dentipes* em ninhos-armadilha do tipo Tubo de Cartolina (TC) e Ninhos de Observação (NO), oferecidos em duas áreas no estado de Pernambuco, nordeste do Brasil.

Parâmetros avaliados	Monocultura		Policultura		Total
	TC	NO	TC	NO	
Número de ninhos	58	18	108	9	193
Número de células	142	46	241	37	466
Número de ninhos parasitados	0	0	31	0	31
Número de células parasitadas	0	0	43	0	43
Número de ind. emergidos	88	23	101*	4	216
Taxa de mortalidade	38%	50%	58,1%	89,1%	53,6%

*sem parasitas

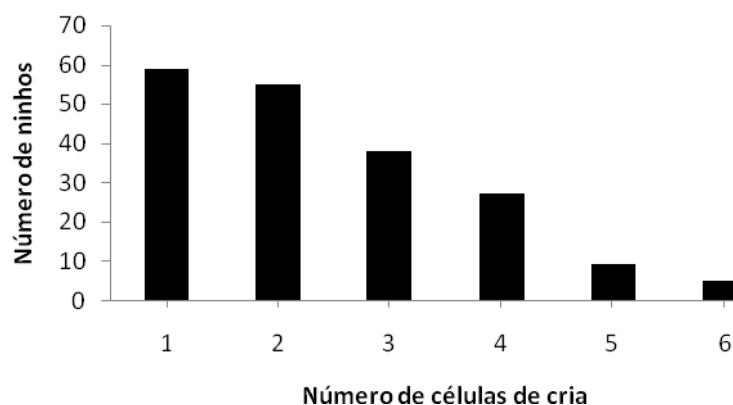


Figura 4. Distribuição do número de células por ninhos de *M. dentipes* coletados com ninhos-armadilha em duas localidades do estado de Pernambuco, Brasil.

3.1.2 SAZONALIDADE

Entre junho de 2009 e maio de 2010 a precipitação anual foi de 1.513 mm em área de monocultura canavieira e 578 mm na área com policultura e a temperatura média anual de 25,2°C e 23,8°C, respectivamente.

No canavial, fêmeas de *M. dentipes* nidificaram, principalmente, na estação seca (setembro-fevereiro, < 50 mm/mês), onde fundaram 92,1% dos seus ninhos e 95,2% de suas células, com a maioria dos ninhos construídos no mês de menor precipitação (outubro). Contudo, não houve correlação significativa entre a precipitação mensal e o número de ninhos ($r = -0,485$; $p = 0,109$) e células de cria ($r = -0,435$; $p = 0,157$) construídas por *M. dentipes*. A emergência dos indivíduos ocorreu basicamente em apenas dois meses, novembro (23,6%) e dezembro (64,5%), não havendo correlação entre precipitação mensal e número de indivíduos emergidos ($r = -0,328$; $p = 0,297$).

Apesar da nidificação de *M. dentipes* na área de policultura ter sido mais uniforme ao longo dos meses, foi encontrado um padrão semelhante ao do canavial, onde 63,2% dos ninhos e 61,8% das células de cria coletadas foram fundados nos meses que iniciaram a estação seca (outubro – dezembro). A exceção de julho e agosto, indivíduos de *M. dentipes* emergiram no agroecossistema durante todos os meses estudados, com um maior número de indivíduos emergidos no período de novembro a fevereiro (71,7 %). Não houve correlação entre o número de ninhos fundados ($r = -0,517$; $p = 0,084$), células de cria construídas ($r = 0,549$; $p = 0,064$), indivíduos emergidos ($r = -0,385$; $p = 0,215$) e a precipitação ao longo dos meses.

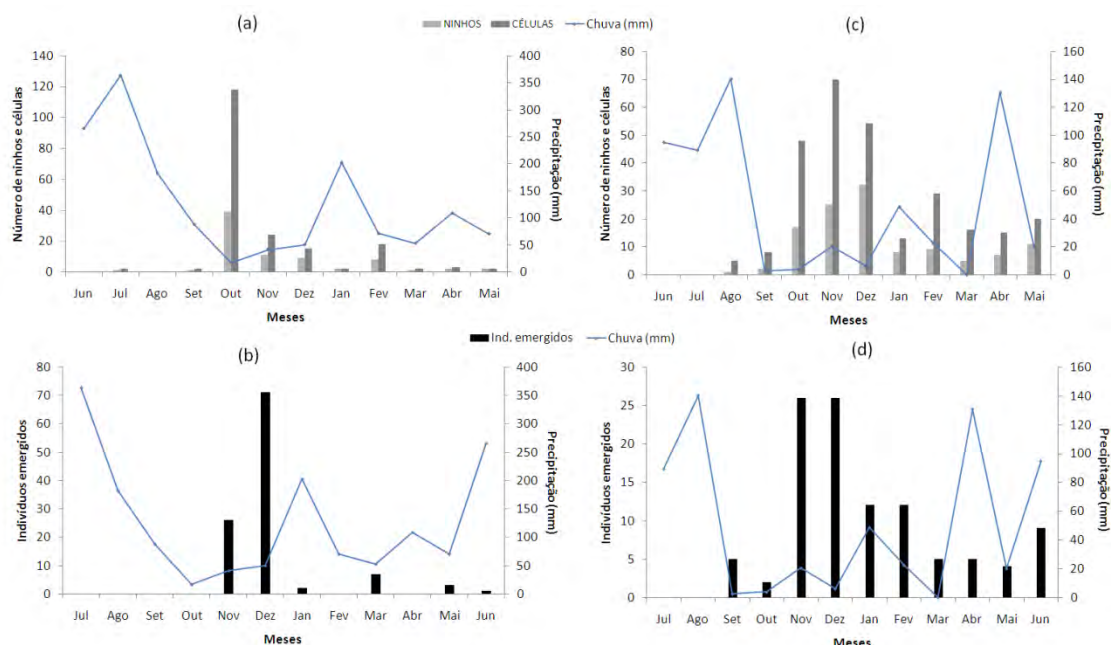


Figura 5. Número de ninhos, células de cria e indivíduos emergidos de *Megachile dentipes*, mensalmente, em ninhos-armadilha em área de monocultura de cana-de-açúcar (a-b) e policultura (c-d), em relação à precipitação pluviométrica.

3.1.3 DIÂMETRO DOS NINHOS E RAZÃO SEXUAL

Megachile dentipes utilizou os dois tipos de ninhos-armadilha oferecidos neste estudo (Tabela 1). Fêmeas construíram ninhos em quase todos os diâmetros oferecidos, com uma preferência por cavidades com diâmetros de 6 mm (68%) e 8 mm (26%) em tubos de cartolina e 6 mm (48,1%) e 5 mm (26%) em ninhos de observação. Não foram registradas nidificações em cavidades com 4 e 12 mm de diâmetro. Contudo, independente do tipo de ninho-armadilha utilizado, fica clara a preferência das fêmeas de *M. dentipes* em utilizar cavidades com 6 mm de diâmetro (65,3%) para a nidificação (Tabela 2).

A razão sexual dos 111 indivíduos emergidos dos ninhos de *M. dentipes* coletados no canavial foi de 83 fêmeas e 28 machos (1:0,33), sendo esta proporção significativamente diferente ($\chi^2 = 27.252$, $p < 0.0001$). Um padrão semelhante foi encontrado para a proporção de fêmeas e machos produzidos em ninhos de *M. dentipes* na área de policultura, onde dos 105 indivíduos emergidos, 68 foram fêmeas e 37 machos (1:0,54), resultando, também, em uma razão sexual significativamente diferente da esperada ($\chi^2 = 9.125$, $p = 0.025$). Considerando os dados de ambas as localidades, a razão sexual total foi de (1♀:0,43♂), sendo essa diferença considerada significativamente diferente da esperada ($\chi^2 = 34.241$, $p < 0.0001$).

Tabela 2. Proporção de ninhos construídos em cada classe de diâmetro oferecidos em ninhos-armadilha, no período de junho de 2009 a maio de 2010.

Tipo de ninho-armadilha	Diâmetro (mm)						
	4	5	6	7	8	10	12
Tubos de cartolina	0	-	68%	-	26%	6%	-
Ninhos de observação	-	26%	48,1%	11,10%	14,8%	0	0
Total	0	3,6%	65,3%	1,50%	24,4%	5,2%	0

3.1.4 PARASITISMO E MORTALIDADE

De uma maneira geral em mais da metade das células coletadas de *M. dentipes* não houve emergência de imagos, seja por ataques de parasitas ou por má formação dos imaturos, resultando em uma taxa de mortalidade de 53,6%, independente do tipo de ninho-armadilha. Tanto no estudo desenvolvido no canavial quanto no sistema com policultura, a taxa de mortalidade foi mais alta em ninhos de observação, onde foram contabilizados 50% e 89,1% de mortalidade, respectivamente.

Não houve ataques de parasitas em ninhos de *M. dentipes* no canavial, enquanto que 26,5% dos ninhos e 15,4% das células de cria construídas na policultura foram parasitadas por *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp. As fêmeas desta espécie parasitaram ninhos, principalmente, na estação menos chuvosa (outubro - janeiro), com um pico de atividade em novembro (45% do total de células parasitadas). O parasitismo desta espécie resultou na emergência de 40 indivíduos adultos de *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp.

3.1.5 DESENVOLVIMENTO DOS IMATUROS

O tempo de desenvolvimento dos imaturos foi analisado em ninhos obtidos nas duas áreas estudadas. Ao todo, setenta e nove células de cria distribuídas em trinta ninhos (oito na monocultura e vinte dois na policultura), construídas de setembro a outubro de 2010, foram analisadas. Um total de trinta e quatro indivíduos emergiu dos ninhos, sendo vinte machos, cinco fêmeas e nove parasitas (Tabela 3).

Tabela 3. Duração (em dias) dos estádios de desenvolvimento de *Megachile dentipes* e *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp. (Parasita) em condições de laboratório.

Estádios de desenvolvimento	Fêmeas (n=5)			Machos (n=20)			Parasita (n=9)		
	Mín.	Máx.	X ± DP	Mín.	Máx.	X ± DP	Mín.	Máx.	X ± DP
Ovo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Larva - Pré-pupa	6	8	7,4 ± 0,89	5	8	6,05 ± 0,82	6	9	7,3 ± 0,86
Pré-pupa - Pupa	8	12	10 ± 1,58	10	14	11,6 ± 1,39	9	12	10,3 ± 1,22
Pupa - Imago	20	24	22 ± 1,41	17	28	21,3 ± 2,22	14	20	17,7 ± 1,71
Ciclo completo	41	44	42,4 ± 1,34	36	49	41,9 ± 2,72	34	44	38,4 ± 2,74

O período de ovo a emergência (ciclo completo) de fêmeas de *M. dentipes* oscilou entre 41 e 44 dias ($x = 42,4 \pm 1,34$ dias; $n=5$), enquanto que nos machos essa variação foi de 36 a 49 dias ($x = 41,9 \pm 2,72$ dias; $n= 20$), não havendo diferença significativa no tempo de emergência entre machos e fêmeas (ANOVA, $t = - 0.3546$, $gl = 23$; $p = 0.3631$).

Para imaturos da abelha parasita *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp., a variação observada no tempo total de desenvolvimento foi de 34 a 44 dias ($x = 38,4 \pm 2,74$ dias; $n= 9$), diferindo significativamente do tempo de desenvolvimento total de machos (ANOVA, $t = 3.1996$, $gl = 27$, $p = 0.0017$) e fêmeas (ANOVA, $t = 2.9918$, $gl = 12$, $p = 0.0056$) de *M. dentipes*.

A transição entre ovo-larva, tanto entre machos e fêmeas de *M. dentipes*, quanto para as duas espécies foi similar (3 dias), não havendo variação. Pouca variação foi observada entre machos e fêmeas no período de transição de larva - pré-pupa (machos: $7,4 \pm 0,89$ dias; fêmeas: $6,05 \pm 0,82$ dias) e pré-pupa - pupa (machos: $10 \pm 1,58$ dias;

fêmeas: $11,6 \pm 1,39$ dias) e entre indivíduos de *M. dentipes* e *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp.

Em relação ao tempo que os imaturos permanecem entre pupa-imago, um período mais curto foi detectado em indivíduos de *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. ($x = 17,7 \pm 1,71$ dias) quando comparado a fêmeas ($x = 22 \pm 1,41$ dias) e machos ($x = 21,3 \pm 2,22$ dias) de *M. dentipes*, sendo esta diferença significativa (fêmeas: ANOVA, $t = 4.2019$, $gl = 27$, $p = 0.0001$; machos: ANOVA, $t = 2.6296$, $gl = 27$, $p = 0.0003$) (Figura 6).

Em *M. dentipes*, machos tecem o casulo entre o 12º e 16º dia após a oviposição ($x = 13,9 \pm 0,96$ dias; $n=20$), assim como as fêmeas o fazem entre o 13º e 15º dia ($x = 13,8 \pm 0,83$ dias; $n=5$) (Figura 6d). Um padrão semelhante foi observado para imaturos de *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp., os quais tecem o casulo entre o 13º e 16º dia após a postura ($x = 14,5 \pm 1,01$ dias; $n=9$).

A partir da postura, o início da pigmentação ocorreu entre o 28º e 33º dia ($x = 30,7 \pm 1,20$ dias; $n=20$) nos machos e entre o 30º e 33º dia ($x = 31 \pm 1,22$ dias; $n=5$) nas fêmeas de *M. dentipes* (Figura 6f). Em imaturos de *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. a pigmentação ocorreu entre o 27º e 33º dia após a oviposição ($x = 29,1 \pm 1,83$ dias; $n=9$).

Foi observado que machos e fêmeas de *M. dentipes*, após sofrerem a última muda, permanecem 1-6 dias ($x = 4,7 \pm 1,41$ dias; $n=20$) e 5-7 dias ($x = 5,6 \pm 0,89$ dias; $n=5$) nas células de cria, respectivamente. Em *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. essa permanência foi de 1-6 dias ($x = 3,4 \pm 1,94$ dias; $n=9$).

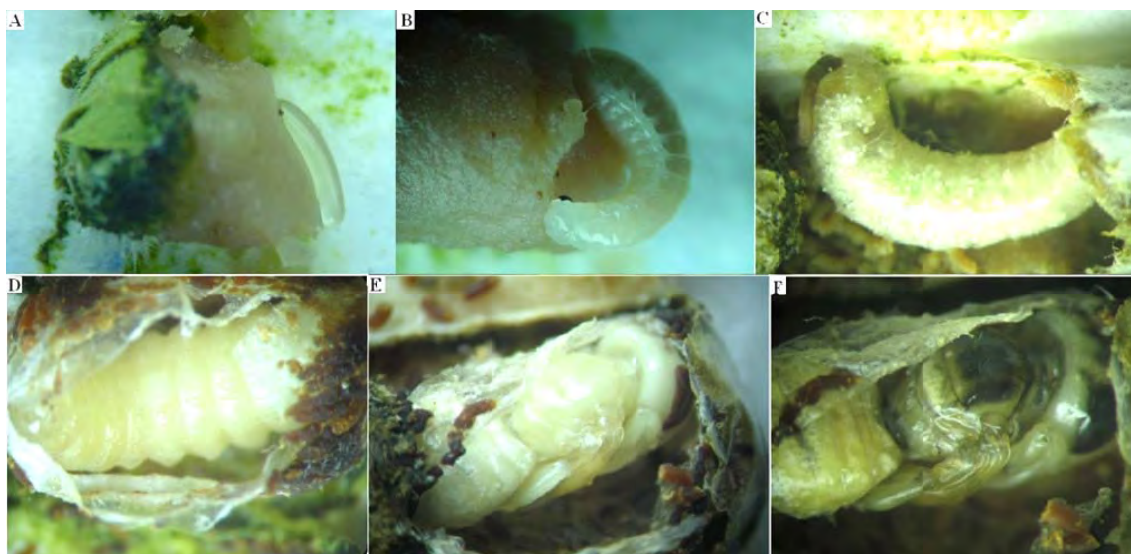


Figura 6. Estádios de desenvolvimento de imaturos da espécie *Megachile dentipes* (♂). (a) ovo, (b) larva jovem, (c) larva madura (pré-pupa), (d) pré-pupa com casulo, (e) pupa não pigmentada e (f) pupa em processo de pigmentação.

3.2 BIOLOGIA DE NIDIFICAÇÃO

3.2.1 ARQUITETURA DO NINHO

Um total de 157 ninhos foram analisados e suas principais estruturas internas foram medidas (Tabela 4).

Tabela 4. Medidas (em mm) das principais estruturas dos ninhos de *Megachile dentipes*, coletados em ninhos-armadilha no período de jun/2009 a mai/2010, em agroecossistema no nordeste do Brasil.

Estrutura do ninho	N	Variação	Média ± dp
Comprimento total da cavidade	157	96.6 - 44.1	66.02 ± 6.72
Comprimento total do ninho	157	78.2 - 11.7	48.8 ± 12.7
Comprimento das células de cria			
1ª Célula	157	14.2 - 5.01	9.28 ± 1.83
2ª Célula	117	16.5 - 4.97	8.4 ± 1.94
3ª Célula	67	12.1 - 4.25	7.57 ± 1.77
4ª Célula	39	10.1 - 3.33	7.17 ± 1.57
5ª Célula	11	8.06 - 4.7	6.12 ± 0.99
6ª Célula	3	6.84 - 5.47	5.95 ± 0.77
Espessuras das partições			
1ª Célula	157	3.19 - 0.66	1.69 ± 0.54
2ª Célula	115	3.88 - 0.56	1.69 ± 0.57
3ª Célula	66	4.21 - 0.49	1.8 ± 0.83
4ª Célula	36	3.72 - 0.67	1.97 ± 0.80
5ª Célula	11	7.32 - 1.18	2.83 ± 1.61
6ª Célula	3	4.54 - 1.71	3.4 ± 1.49
Comprimento da célula vestibular	170	38.1 - 1.75	13.8 ± 8.78
Espessura da célula vestibular	46	4.89 - 0.71	2.13 ± 1.02
Espessura do Opérculo final	130	7.18 - 0.44	2.45 ± 1.33

De uma maneira geral, o ninho de *Megachile dentipes* consiste em uma série linear de células, orientadas horizontalmente na cavidade e separadas por partições (paredes). O material utilizado para a construção dos ninhos consistiu, basicamente, de folhas e areia.

Todas as células de *M. dentipes* possuíam uma arquitetura similar, sendo alongadas, ligeiramente arredondada na parte inferior (fundo), com a superfície interna das células lisa, às vezes revestidas com folhas trabalhadas (mastigadas).

O comprimento dos tubos utilizados para nidificação variou de 96.6 a 44.1 mm ($x=66.02 \pm 6.72$; $n=64$), sendo que o espaço efetivamente ocupado pelo ninho oscilou entre 78.2 a 11.7 (48.8 ± 12.7 cm).

Nos ninhos analisados, o comprimento médio da 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª e 6ª célula de cria foi de 9.28 (± 1.83 mm), 8.4 (± 1.94 mm), 7.57 (± 1.77 mm), 7.17 (± 1.57 mm), 6.12 (± 0.99 mm), 5.95 (± 0.77 mm), respectivamente.

As partições (divisórias das células) possuíam espessura média na região da borda de 1.69 ± 0.54 mm (1ª e 2ª célula), 1.8 ± 0.83 mm (3ª célula), 1.97 ± 0.80 mm (4ª célula), 2.83 ± 1.61 mm (5ª célula) e 3.4 ± 1.49 mm (6ª célula), com a região central mais fina e frágil. Essa estrutura, construída a partir de folhas e areia, possuía uma superfície lisa e áspera na parte interna e rugosa e côncava na parte externa (voltado para fora do ninho), tornando-se firme e sólida após alguns dias.

A presença de células vestibulares (célula vazia entre a parede de fechamento e a última célula aprovisionada) foi registrada em 78,9% (n= 124) dos ninhos analisados, podendo estar presentes uma (66,1%), duas (31,4%), três (1,6%) e até quatro (0,8%) células vestibulares em um ninho. O comprimento de uma célula vestibular e suas partições oscilaram entre 38,1 - 1,75 ($13,8 \pm 8,78$ mm) e 4,89 - 0,71 ($2,13 \pm 1,02$ mm), respectivamente.

Quando a última célula é concluída, as fêmeas geralmente constroem uma parede na entrada do ninho, denominada de opérculo final (82,8%, n=130). Essa parede de fechamento era côncava na face externa, com o aspecto similar ao fundo de uma célula, sendo contruída com o mesmo material utilizado nas partições (divisórias), a qual também endurece dentro de alguns dias.

Em alguns casos a parede de fechamento do ninho possuía mais de uma camada de folhas (duas ou mais), sendo esta geralmente mais espessa em relação às demais, com a borda variando de 7.18 a 0.44 ($x=2.45 \pm 1.33$ cm; n=130). Tanto partições que separam células de cria, quanto o opérculo de fechamento do ninho são confeccionados com pedaços de folhas circulares de 1 x 0,7 cm, os quais são colocados em posição transversal de modo a formar uma divisória ou um opérculo que fecha a cavidade.

Em um ninho, a fêmea construiu uma célula vazia entre duas células de cria (célula intercalar), com comprimento e espessura de 10.95 e 2.37, respectivamente. Houve a reutilização de apenas um ninho de *Pachodynerus gadulpensis* (Eumenidae) por uma fêmea de *Megachile dentipes*.

O casulo possuía um formato cilíndrico, pouco brilhante e liso, sendo composto por um material frágil e translúcido semelhante à celofane. De espessura fina, encontrava-se levemente aderido à parede interna da célula (flexível), sendo sua porção

basal (extremidade posterior) mais escurecida (marrom) devido à presença de fezes (Figura 7c).

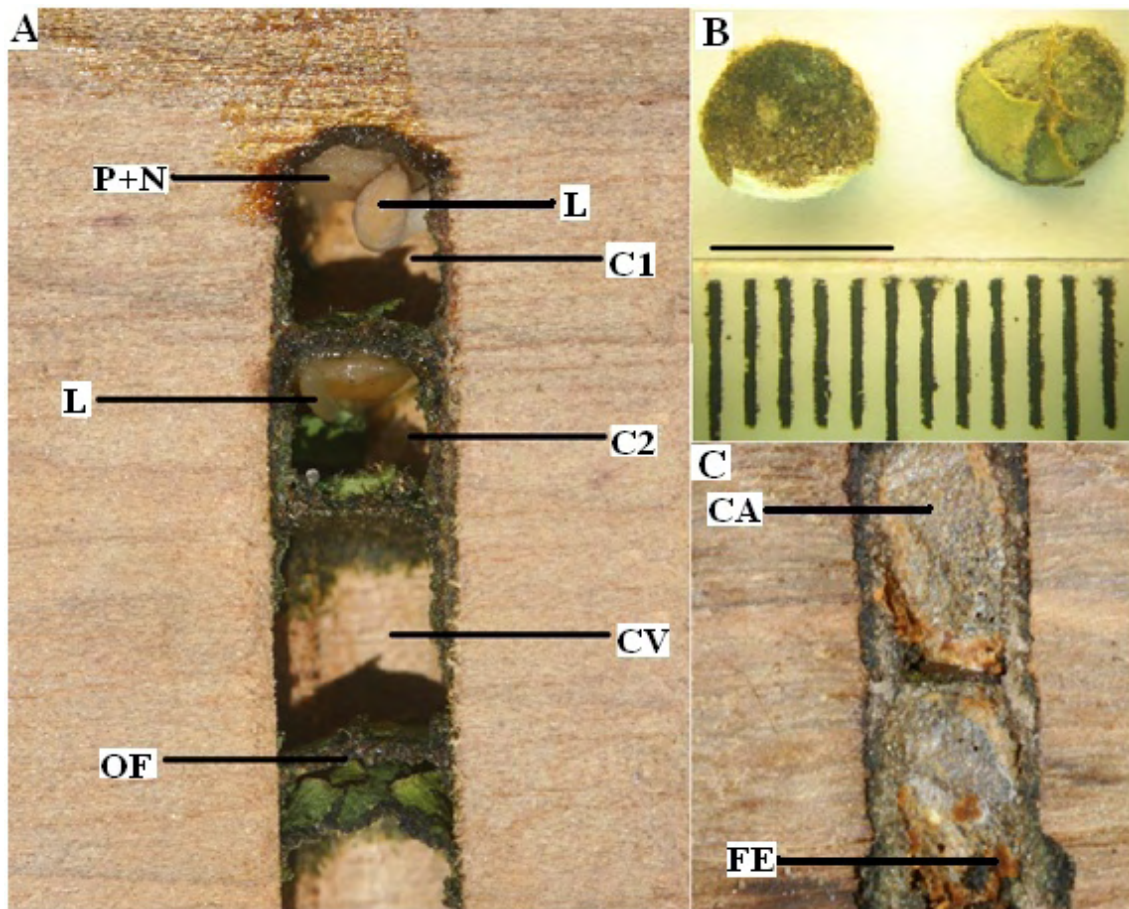


Figura 7. (A) Arquitetura interna do ninho de *Megachile dentipes* evidenciando as células de cria (C1 e C2) com a larva (L) sobre o alimento larval (P+N) e uma célula vestibular (CV) separando a ultima célula de cria do opérculo final (OF). Em detalhe na parte superior da madeira o néctar extravasado da C1. (B) Opérculo final em vistas externa e interna, e (C) o casulo juntamente com as fezes (FE) depositadas na porção apical.

3.2.2 COMPORTAMENTO DE NIDIFICAÇÃO

A construção de um ninho pode ser dividida em três etapas: 1) Seleção de uma cavidade, 2) Construção de uma célula de cria (revestimento, aprovisionamento/oviposição e fechamento) e, 3) Fechamento do ninho.

1) Seleção de uma cavidade

As fêmeas de *Megachile dentipes* iniciam as suas atividades de nidificação com a inspeção de várias cavidades, entrando e deixando-as rapidamente, aparentemente avaliando as condições de cada uma delas, tais como: comprimento e diâmetro da cavidade, materiais que impedem/dificultam sua passagem, presença de parasitas e

outras fêmeas co-específicas. A fêmea, portanto, faz dezenas de inspeções antes de escolher uma cavidade (Figura 9a).

Após a escolha da cavidade a abelha pode corrigir alguma desconformidade dentro da cavidade, como por exemplo, retirada de pedaços de madeira do interior da mesma. Após isso, a fêmea permanece na cavidade exibindo um comportamento de guarda, atacando e defendendo a cavidade escolhida de abelhas parasitas e, principalmente, de fêmeas co-específicas. O comportamento de guarda é caracterizado pela presença da fêmea dentro da cavidade, com a cabeça voltada para o orifício de entrada e as mandíbulas abertas (Figura 9b). O tempo que a fêmea despendeu, desde a seleção da cavidade até o início propriamente dito da construção do ninho, oscilou de uma a três horas e meia (n=2).

2) Construção da célula de cria

Para construir e aprovisionar uma célula de cria, uma fêmea gastou 6h 49min. Este período foi dividido em atividades realizadas fora (285 min.) e dentro (123 min.) do ninho (Figura 9). Para coleta de materiais para revestir uma célula de cria e aprovisioná-la, a fêmea fez 43 vôos, que duraram de 25 s (folha) a 15 min. 25 s (pólen+néctar). A construção de uma célula de cria pode ser dividida em três fases.

1ª Fase: Revestimento

A fêmea iniciou o revestimento da célula de cria com a coleta de pequenos pedaços de folhas, as quais são trabalhadas (trituradas) dentro do ninho e aderidas à porções das cavidades. Essa aderência foi feita com o auxílio das mandíbulas, pernas anteriores e posteriores. Eventualmente ocorreram vôos para coleta de areia, a qual foi misturada ao material vegetal já depositado na célula. Ao final deste período, a fêmea tem revestido o fundo e/ou parede da célula, gastando um total de 169 min (Figura 9c).

Para doze abelhas observadas, foi registrada uma média de 20 vôos para coleta de materiais de construção, com os vôos para coleta de folhas e areia possuindo uma duração média de 4min35s (variando, 19s a 27min 26s; n = 204) e 1min24s (variando, 18s a 5min 55s; n = 33), respectivamente.

2ª Fase: Provisionamento larval e oviposição

Com a cavidade previamente revestida, as fêmeas fizeram vôos para coletar o alimento larval, que neste caso é composto por pólen e néctar, os quais foram coletados

em flores e conduzidos simultaneamente para o ninho. Em cada vôo que a fêmea fez para coletar pólen, ela também traz consigo néctar, exceto no primeiro vôo que foi sempre destinado a coleta de pólen (Figura 9d). Então, a partir da segunda viagem até a oviposição, a fêmea exibiu o seguinte comportamento: Antes de depositar na célula o pólen que é trazido em cada vôo, ela entrou na cavidade e regurgitou néctar (Figura 9e). Esse néctar é regurgitado sob o alimento (pólen+néctar) trazido em vôos anteriores, formando assim uma massa polínica de coloração bege em estado aquoso, a qual se torna mais densa com o tempo. Só após esta seqüência de comportamento, a fêmea depositou com o auxílio das pernas posteriores e batidas do próprio abdômen no chão da cavidade, toda carga de pólen trazida na presente viagem (Figura 9f).

Coleta e manipulação de pólen e néctar perfizeram 249 min., totalizando 61% do tempo de construção de uma célula de cria. Nessa fase, a fêmea gastou muito mais tempo fora (198 min) do que dentro (51 min) do ninho. A fêmea fez 23 vôos para aprovisionar uma célula de cria. Em outras nove fêmeas observadas, foi contabilizada uma média de 25,5 (+- 4,6 vôos) vôos para aprovisionar uma célula de cria. Para obtenção de pólen e néctar, as fêmeas observadas realizaram viagens, em média, de 12min 11s (+- 6 min 31 s; n = 230). Dentro do ninho, as fêmeas gastaram em média 3min 17 s (+- 6 min. 45 s; n = 230) para remover o pólen e depositar néctar trazido em cada vôo. Após depositar a ultima carga de pólen e néctar na célula, a fêmea depositou seu ovo, que ficou verticalmente posicionado sob o alimento larval (Figura 9g). A oviposição durou, em média, 14,3 s (+- 3,5 s; n = 6).

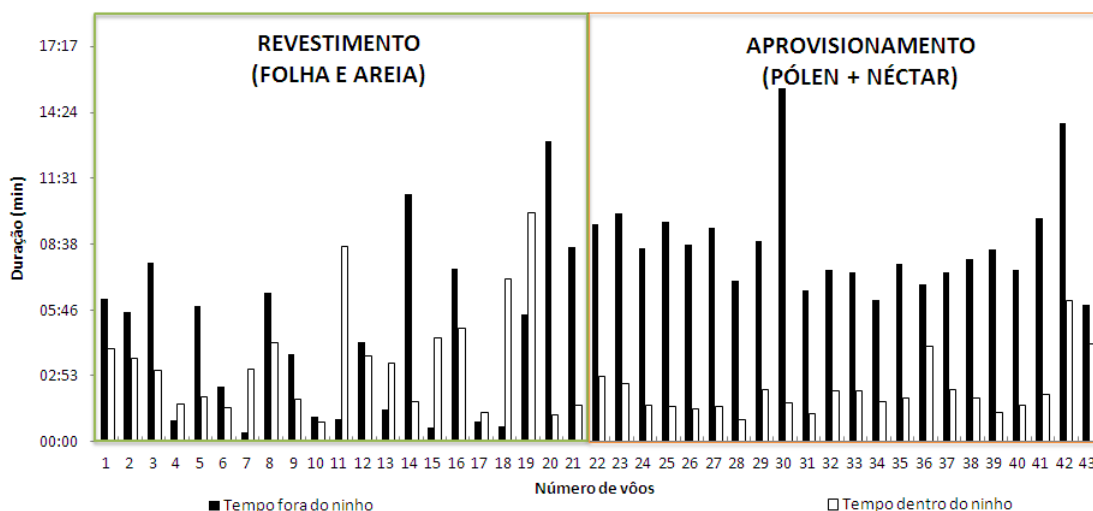


Figura 8. Atividade de *Megachile dentipes* durante o processo de construção e aprovisionamento de uma célula de cria.

3ª Fase: *Fechamento da célula*

Imediatamente após a oviposição, a fêmea iniciou a construção de uma estrutura que fechou a célula de cria (partição). A fêmea exibiu a seguinte seqüência comportamental para a construção dessa estrutura: inicialmente coletou pequenos pedaços de folhas que, trituradas no ninho, foram aderidas circularmente a porção da cavidade, delimitando dessa forma o espaço onde foi estabelecida a partição e, conseqüentemente, o espaço que sobrou para a célula de cria. Em seguida, pedaços de folhas maiores (2 a 4), com diâmetro semelhante ao da cavidade, foram sucessivamente sobrepostos, verticalmente, sob a marcação (delimitação) formando, assim, uma “parede de folhas” (Figura 9h). Essa estrutura foi ainda reforçada com a adição de folhas pequenas trituradas e areia, resultando em uma partição firme, espessa e oval, a qual se tornou endurecida com o tempo (figura 9i).

A fêmea fez 18 vôos para construir o fechamento da célula, sendo 13 para coleta de folhas e os demais para areia, gastando um total de 63 min, onde a maior parte desse tempo foi gasto dentro do ninho (41 min), manuseando o material coletado. Em dez fêmeas observadas, foram necessários 22 vôos (+- 7,69 vôos) para fechar uma célula de cria. Os vôos para coleta de folhas e areia duraram, em média, 3 min 11 s (variação, 17 s a 37 min 30 s; n = 180) e 1 min 2 s (variação, 20s a 5 min 10 s; n = 42), respectivamente.

3) *Fechamento do ninho*

Após finalizar a construção do fechamento da última célula de cria, a fêmea pode construir uma estrutura na entrada do ninho, denominado de parede de fechamento ou opérculo final. Para confecção dessa estrutura, tanto a seqüência de comportamento seguido pelas fêmeas quanto o material coletado é o mesmo daquele do fechamento da célula de cria (Figura 9j). Contudo, um maior número de vôos e tempo gasto para coleta de folhas e areia foi necessário para construir o fechamento do ninho, quando comparada as partições que separam as células de cria. Neste caso, o opérculo final é uma estrutura semelhante a algumas partições justapostas (2 a 5), as quais lhe conferem rigidez e espessura (Figura 9k).

Em oito fêmeas observadas, quase o dobro do número de vôos ($x = 39,5 \pm 9,68$ vôos) foram necessários para construir o fechamento do ninho, quando comparado ao fechamento de uma célula de cria. O tempo total gasto na construção do fechamento de um ninho é, em média, 193 min (variação, 133 min a 324 min; n = 8).

Disputa por cavidades e parasitismo

Foi comum, em qualquer uma das fases da construção de um ninho, diferentes fêmeas de *Megachile dentipes* entrar em confronto, dentro ou fora dos ninhos, seja pela disputa por cavidades ainda não ocupadas, ou na defesa de ninhos preestabelecidos. Diante disso, foram marcadas e acompanhadas 17 fêmeas de *M. dentipes* durante a construção de seus ninhos. Aproximadamente 30% das fêmeas ($n = 5$) entraram em confronto, pelo menos uma vez, com outra fêmea co-específica. Esses encontros eram caracterizados pela defesa da cavidade em construção pela fêmea hospedeira diante de uma fêmea co-específica.

A presença da abelha parasita *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp. foi registrada em algumas ocasiões neste estudo (Figura 9l). Fêmeas desta espécie vistoriaram cavidades oferecidas como substrato para nidificação, muitas delas ocupadas com ninhos de *M. dentipes*. Em uma fêmea de *M. dentipes* observada pôde-se registrar a atividade deste parasita: Logo após ovipositar em uma célula de cria, uma fêmea de *M. dentipes* encontrava-se dentro do ninho, em processo de construção do fechamento da célula. Nesse momento, uma fêmea da abelha parasita *Coelioxys (Glyptocoelioxys)* sp. sobrevoou em frente ao orifício de entrada onde encontrava-se a fêmea hospedeira observada. Em seguida, o parasita notou a presença da fêmea hospedeira dentro da cavidade e ficou em repouso próximo ao orifício.

Após a saída da fêmea hospedeira, o parasita entrou rapidamente na cavidade, e com as mandíbulas rompeu a partição ainda em fase inicial de construção (frágil). Então, a fêmea saiu da cavidade e entrou com o abdômen voltado para o alimento larval, onde ovipositou e saiu em seguida. Todo o processo, desde a entrada do parasita na cavidade até a saída após a oviposição, durou apenas 14 s. Quando a fêmea hospedeira retornou à cavidade ela inspecionou a mesma, saiu e fez uma viagem para coleta de néctar, regurgitando sob o alimento larval ainda com o ovo hospedeiro intacto. Após isso, ela sai e retoma a construção do fechamento da célula normalmente.

Aspectos temporais da nidificação

Em condições favoráveis (dias ensolarados), as fêmeas saem dos ninhos por volta das 09h 28min (+- 38 min; $n = 26$) e iniciam suas atividades externa às 09h 49min (+- 37 min; $n = 26$), cessando suas atividades às 16h 07min (+- 22min; $n = 31$), dormindo em seus respectivos ninhos. Em dias nublados e chuvosos, as fêmeas deixam os ninhos um pouco mais tarde, por volta das 10h 16min (+- 35min; $n = 9$), iniciando

suas atividades externas às 11h 04min (+- 56min; n = 9). Nesses dias, as fêmeas encerram suas atividades mais cedo do que aquelas que estiveram em atividade em dias ensolarados (x = 14h 14min, +- 28min; n = 3). Machos usavam cavidades para passar a noite e como abrigo nas horas mais quentes do dia.

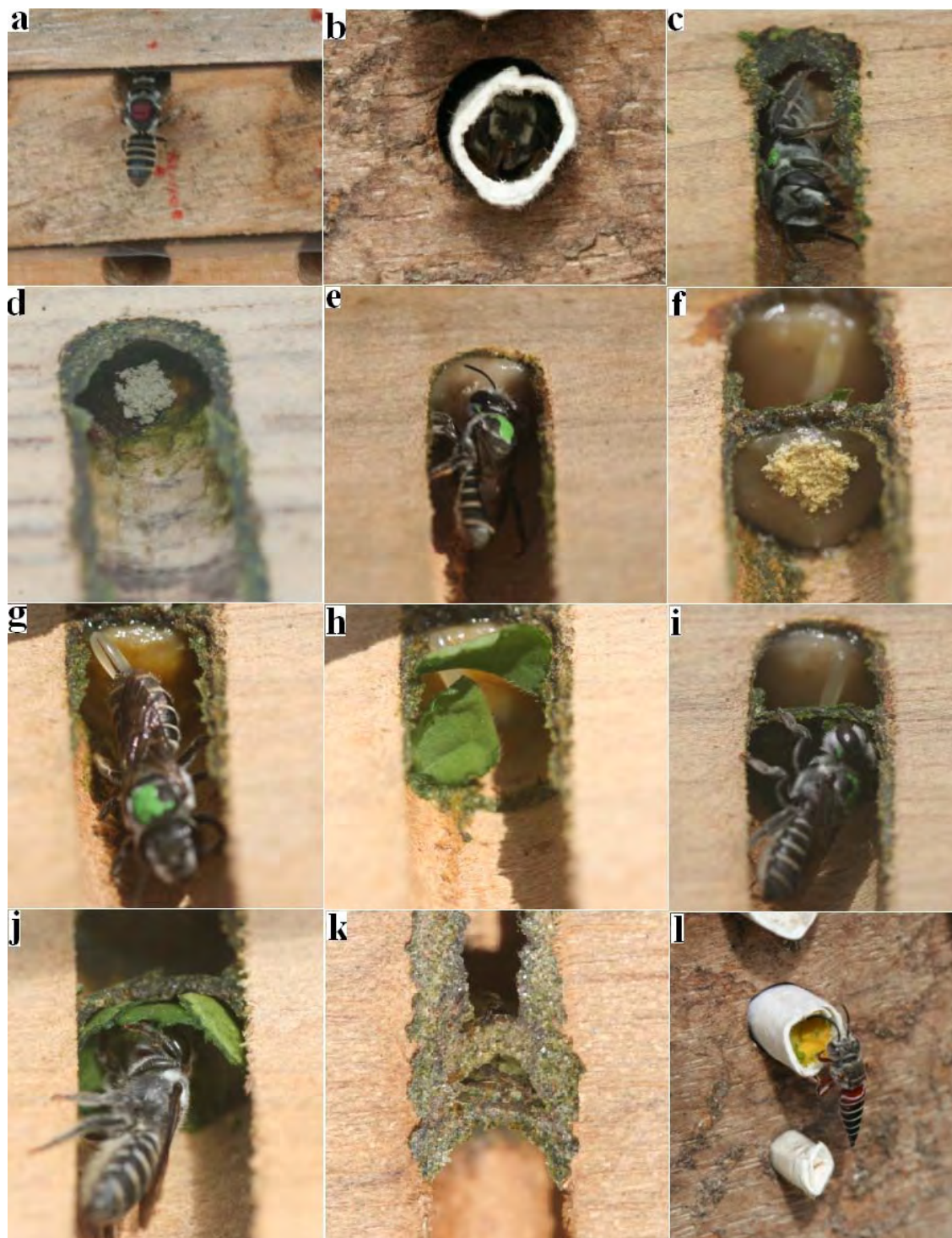


Figura 9. Sequência comportamental seguida por fêmeas de *Megachile dentipes* na construção de um ninho: (a) inspeção de cavidades, (b) guarda da cavidade, (c) revestimento da célula de cria, (d) 1ª carga de pólen depositada na célula, (e) regurgitando néctar, (f), deposição de pólen sobre o alimento larval, (g) oviposição, (h-i) construção do fechamento da célula de cria, (j-k) construção do fechamento do ninho. (l) Detalhe da abelha parasita *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. em frente a entrada de um ninho de *M. dentipes*.

Experimentos

1 - Fêmeas reconhecem os orifícios que estão construindo seus ninhos?

Foram realizadas 10 trocas de posição de cavidades para cada uma das três fêmeas nidificantes observadas, totalizando 30 repetições. Quando as cavidades com ninhos em construção foram trocadas de posição por uma vazia, todas as fêmeas retornaram do campo e entraram na nova cavidade (vazia), independente da fase de construção do ninho. Em nenhuma troca de cavidades, foi observado fêmeas que retornassem do campo e entrasse na cavidade antiga, ou seja, àquela onde o ninho estava sendo construído. Quando as fêmeas se deparavam com a nova cavidade vazia, posicionada no mesmo local da cavidade antiga (com ninho), as fêmeas saíam rapidamente e inspecionavam outras cavidades no mesmo bloco.

2 - A fêmea avalia a quantidade de pólen dentro da célula que está provisionando?

Quando retornaram aos ninhos, todas as cinco fêmeas observadas, neste experimento, perceberam a retirada de parte do alimento larval que havia sido estocado por elas na célula de cria. Contudo, diante de tal situação, o comportamento de quatro das cinco fêmeas observadas foi semelhante: Duas fêmeas, ao retornarem ao ninho e se depararem com “roubo de pólen”, construíram imediatamente o fechamento da célula de cria (partição), abandonando-o posteriormente; uma fêmea, após ovipositar na célula de cria, seguiu o mesmo comportamento das fêmeas anteriores, fechando a célula precocemente; Outra fêmea observada simplesmente abandonou o ninho. Por fim, uma das fêmeas observadas respondeu a situação com a reposição do pólen retirado no experimento (2/3), aumentando consideravelmente o número de vôos para coleta de pólen e néctar.

3.2.3 ANÁLISE POLÍNICA E RECURSOS FLORAIS UTILIZADOS

No canavial, a análise polínica de 10 células de cria provisionada por diferentes indivíduos, mostrou que *Megachile dentipes* é uma espécie polilética, coletando pólen de sete espécies vegetais pertencentes a quatro famílias botânicas: *Centraterum punctatum* e *Conyza sumatrensis* (Asteraceae), *Borreria verticillata*, *Richardia grandiflora* e Rubiaceae sp. (Rubiaceae), *Mimosa* sp. (Mimosaceae) e *Hyptis* sp. (Lamiaceae). Todas as células de cria analisadas continham, pelo menos, três tipos polínicos diferentes: *Borreria verticillata*, Rubiaceae sp. e *Centraterum punctatum*, contabilizando, em média, 95% do total de grãos encontrados nas amostras. Em nove

células de cria, grãos de pólen de *Centraterum punctatum* contabilizaram de 50 a 96% do total de grãos. (Tabela 5).

Tabela 5. Frequência relativa de grãos de pólen em 10 células de cria de diferentes indivíduos de *Megachile dentipes* na monocultura canavieira.

Nº de células de cria	<i>Centraterum punctatum</i>	Rubiaceae sp.	<i>Borreria verticillata</i>	<i>Richardia grandiflora</i>	<i>Mimosa</i> sp.	<i>Hyptis</i> sp.	<i>Conyza sumatrensis</i>
1	88,33	0,67	10,67	-	-	-	0,33
2	75,00	7,33	17,67	-	-	-	-
3	92,67	4,33	1,67	0,33	0,33	0,67	-
4	80,33	7,67	9,67	0,33	0,33	-	1,67
5	66,00	11,00	2,00	-	0,33	-	20,67
6	53,00	38,67	8,33	-	-	-	-
7	50,00	28,00	0,33	-	0,33	21,34	-
8	54,00	26,00	19,33	-	0,67	-	-
9	96,34	2,00	1,33	0,33	-	-	-
10	46,34	51,00	2,33	0,33	-	-	-
Média	70,21	17,66	7,33	0,13	0,19	2,21	2,27

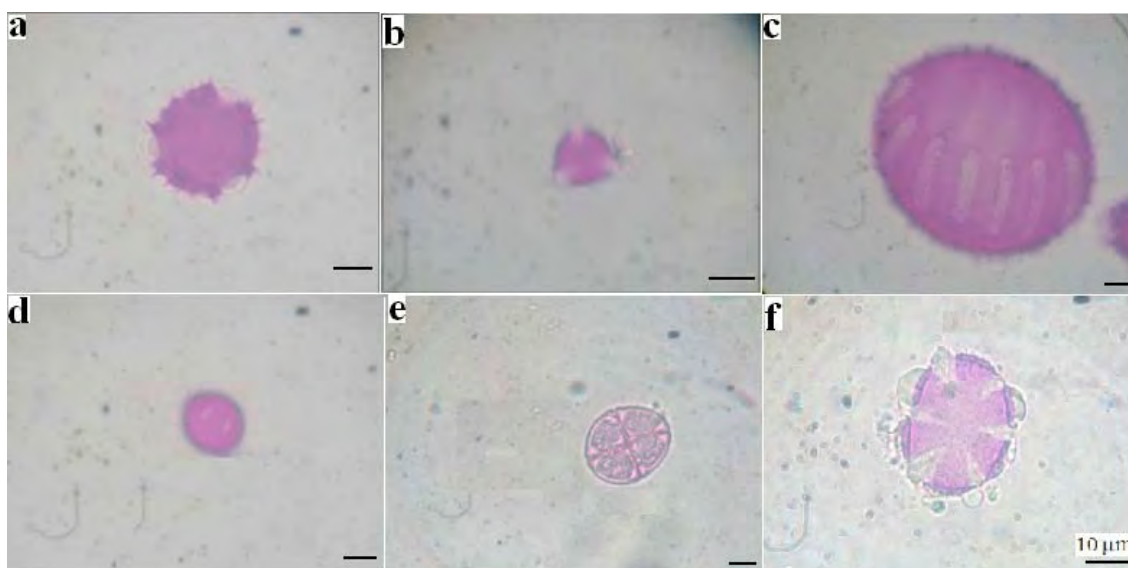


Figura 10. Tipos polínicos presentes em células de cria aprovisionadas por *Megachile dentipes* no canavial: (a) *Centraterum punctatum*, (b) Rubiaceae sp., (c) *Richardia grandiflora*, (d) *Borreria verticillata*, (e) *Mimosa* sp., e (f) *Hyptis* sp.

Em área com policultura, a análise polínica de 10 células de cria de *M. dentipes* revelou espectro composto 14 tipos polínicos, pertencentes a, pelo menos, seis famílias botânicas, com destaque para Scrophulariaceae (*Stemodia pratensis*), Euphorbiaceae (*Croton* sp.), Mimosaceae (*Mimosa* sp.1 e sp.2), Rubiaceae (*Borreria* sp.) e três espécies de Asteraceae não identificadas.

O número de tipos polínicos por amostra variou de três (célula 4) a onze (célula 1). Os grãos de pólen de *Stemodia pratensis* (24.5%) e Asteraceae sp.1 (23.1%) foram

os tipos mais representativos nas amostras (Tabela 6). Seis tipos polínicos foram raros, apresentando frequências menores que 2% do total de grãos nas amostras.

As células de cria de *Megachile dentipes* contabilizaram, em média, aproximadamente 25% de *Stemodia pratensis* (Scrophulariaceae), 30% de Mimosaceae (*Mimosa* sp.1 e sp.2) e 35% de pólen de Asteraceae (3 spp.), totalizando 90% dos grãos. Grãos de pólen de outras famílias contabilizaram, em média, aproximadamente 10%.

Tabela 6. Frequência relativa de grãos de pólen em 10 células de cria de diferentes indivíduos de *Megachile dentipes* no sistema com policultura.

Nº de células de cria	<i>Croton</i> sp.	<i>Stemodia pratensis</i>	Asteraceae sp.1	Asteraceae sp.2	Asteraceae sp.3	<i>Mimosa</i> sp.	<i>Mimosa</i> sp.2	<i>Borreria</i> sp.	Outros
1	4,33	32,00	9,34	8,00	4,00	16,34	-	17,67	8,32
2	0,33	3,67	29,67	-	-	4,00	62,33	-	-
3	-	2,33	1,00	9,00	3,00	0,33	83,34	1,00	-
4	0,67	-	51,00	-	-	-	48,33	-	-
5	1,00	17,34	1,33	70,67	-	9,33	-	-	0,33
6	5,67	41,00	0,67	23,33	13,33	0,67	0,67	1,66	13,00
7	26,34	32,00	9,33	28,00	-	1,00	-	1,33	2,00
8	-	6,00	0,66	88,67	-	-	-	1,67	3,00
9	7,67	56,33	0,33	2,00	-	33,67	-	-	-
10	6,67	55,00	-	1,33	-	32,67	-	-	4,33
Média	5,27	24,56	10,33	23,1	2,03	9,81	19,47	2,33	3,10

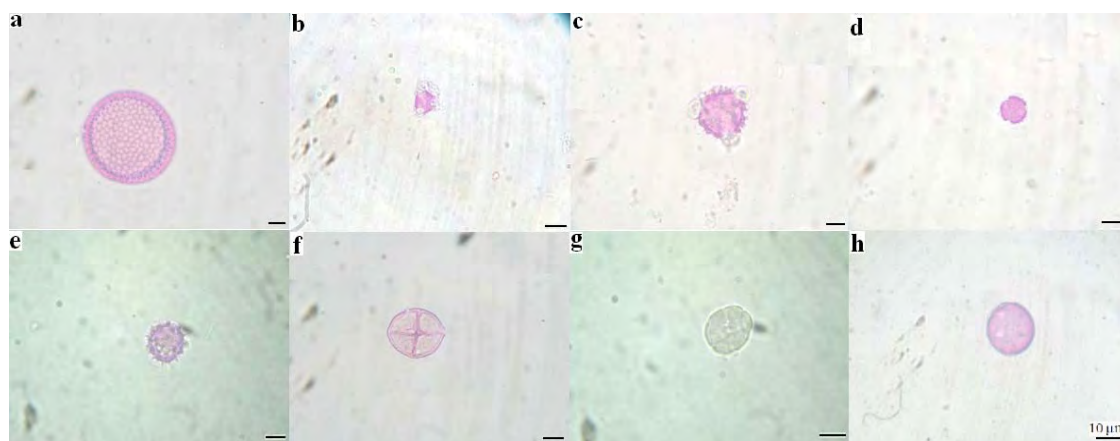


Figura 11. Tipos polínicos presentes em células de cria provisionadas por *Megachile dentipes* na área com policultura: (a) *Croton* sp., (b) *Stemodia pratensis*., (c) Asteraceae sp.1, (d) Asteraceae sp.2, (e) Asteraceae sp.3, (f) *Mimosa* sp.1, (g) *Mimosa* sp. 2, e (h) *Borreria verticillata*.

Vinte células de cria (10 em cada área) de *M. dentipes*, ainda com todos os grãos de pólen, foram analisadas para contagem dos grãos. A quantificação dos grãos revelou que no canavial, as células de cria continham, em média, aproximadamente 1,5 milhões de grãos de pólen, enquanto que na área de policultura esse valor foi de 3,1 milhões (Tabela 7).

Considerando a contribuição dos grãos de pólen de diferentes espécies à quantidade total de alimento provisionado nessas 20 células de cria, no canavial grãos de pólen de *C. punctatum* contabilizaram o maior volume (142 mm³; 92%), enquanto que *Mimosa* sp. 2 foi responsável pelo maior volume (84 mm³; 43%) em células de cria provisionadas por *M. dentipes* em área de policultura.

Tabela 7. Número de grãos de pólen estocados em células de cria de *M. dentipes* em ninhos-armadilha instalados em agroecossistemas.

Áreas estudadas	Nº de grãos de pólen	
	Média +- SD	Variação
Monocultura (n=10)	1.562.625 +- 167.192,3	1.845.000 – 1.342.500
Policultura (n=10)	3.103.875 +- 1.730.122	6.026.250 – 1.016.250

Na monocultura, fêmeas de *Megachile dentipes* foram registradas visitando com frequência as flores de três espécies, *Borreria cf. verticillata* (Rubiaceae), *Centratherum punctatum* (Asteraceae) e *Conyza sumatrensis* (Asteraceae), tanto para obtenção de pólen, como demonstrado anteriormente, quanto para coleta de néctar (Figura 10). Em área com policultura, indivíduos de *M. dentipes* utilizaram como fonte de néctar flores de *Stemodia pratensis* e uma espécie de Asteraceae não identificada. Através de comparações morfológicas do material, foram registradas fêmeas utilizando folhas de *Phaseolus vulgaris* (Leguminosae) e uma espécie de Pteridófita não identificada, para construção dos ninhos na policultura e monocultura, respectivamente.



Figura 12. Flores visitadas por *Megachile (Sayapis) dentipes* para obtenção de pólen e néctar: (a) *Centratherum punctatum*, (b) *Borreria verticillata*, (c) *Conyza sumatrensis*, (d) *Stemodia pratensis*.

4. DISCUSSÃO

4.1 Polilectia em abelha corta folha *Megachile dentipes*

A partir das análises qualitativas de pólen da dieta larval, nossos resultados indicam que *Megachile dentipes* é uma espécie polilética, coletando pólen de um amplo espectro polínico envolvendo, principalmente, cinco famílias botânicas: Asteraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae e Scrophulariaceae. Houve uma preferência por grãos de pólen de Asteraceae e Scrophulariaceae, com destaque para *Centratherum punctatum* e *Stemodia pratensis*, respectivamente.

Geralmente, as abelhas da família Megachilidae são oligoléticas (Villanueva-Gutiérrez e Roubik, 2004). Buschini e colaboradores (2009), estudando as espécies de plantas utilizadas por *Megachile (Moureapis)* sp. no aprovisionamento de seus ninhos, constataram que 99% da quantidade total de pólen aprovisionado nos ninhos pertenciam à duas espécies de *Ludwigia* (Onagraceae). Outros estudos relatam essa estreita relação entre abelhas corta folha do gênero *Megachile* e plantas da família Asteraceae (Graenicher, 1935), Fabaceae (Westerkamp, 1992; Nogueira & Vaz-de-Arruda, 2006) e Onagraceae (Buschini *et al*, 2009). No entanto, várias espécies de abelhas dos gêneros *Megachile* e *Osmia* podem apresentar polilectia (Tscharntke *et al*, 1998).

Nos agroecossistemas estudados, tanto a dieta larval quanto a alimentação dos adultos de *M. dentipes* foi suprida por plantas herbáceas (ruderais). Sabe-se que ervas são importantes recursos de pólen e néctar para as abelhas em sistemas agroflorestais (Klein *et al.*, 2004; Klein *et al*, 2006). Em um estudo conduzido na Caatinga, Moura (2008) registrou 31 espécies vegetais visitadas por *M. dentipes*, o que correspondeu a 24% da flora local. Um total de 15 famílias botânicas foram identificadas, sendo a maioria pertencentes a família Fabaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae e Mimosaceae.

Há registros também de *M. dentipes* como visitante floral de *Poeppigia procera* (Caesalpiniaceae), *Chaetocalyx scandens* (Fabaceae) e *Melochia tomentosa* (Sterculiaceae) na Caatinga (Aguiar, 2003), e coleta de pólen de *Krameria bahiana* (Krameriaceae) em área de restinga (Gimenes & Lobão, 2006).

Vários estudos já mostraram a importância de espécies de Asteraceae como fornecedoras de recursos florais para espécies do gênero *Megachile* (Camargo & Mazucato 1984; Cure *et al.* 1992; Martins 1994; Carvalho & Bego 1997; Schlindwein

1998; Alves-dos-Santos 1999; Locatelli & Machado 2001), incluindo coleta de pólen para alimentação larval (Schlindwein, 2004).

Um maior número de espécies de plantas e grãos de pólen foi utilizado, por fêmeas de *M. dentipes*, para aprovisionar seus ninhos na área de policultura quando comparado ao monocultivo. Atribuímos essa diferença à maior diversidade e abundância da vegetação herbácea nativa encontrada no sistema de policultivo aqui analisado, quando comparado à área de monocultivo de cana-de-açúcar.

Em extensas plantações de cana-de-açúcar, poucas espécies vegetais estão disponíveis na matriz canavieira. Nesse ambiente, os recursos pólen e néctar foram supridos, basicamente, por quatro a cinco espécies de plantas, dentre elas *Borreria verticillata*, *Centratherum punctatum* e *Conyza sumatrensis*. Essas espécies foram basicamente a única fonte de pólen utilizada por *M. dentipes* no aprovisionamento dos seus ninhos. Essas ervas estiveram disponíveis durante boa parte do ano, entretanto, devido às queimadas pré-colheitas e à aplicação de herbicidas, essa vegetação (considerada como ervas daninhas) era frequentemente removida. Por se tratar de um ambiente com vegetação diversificada e perene, a policultura provê muito mais recursos do que um agroecossistema com vegetação temporária e pouco diversificada como o canavial. Portanto, a ocorrência de *M. dentipes* em área de monocultura canavieira está associada, não à presença de uma única espécie vegetal (Laroca, 1972; Buschini *et al*, 2009), e sim ao aparecimento e floração das espécies de ervas ruderais que ocorrem na matriz.

Houve uma grande variação no número de grãos de pólen estocados nas células de cria de *M. dentipes* entre as áreas analisadas. O número de grãos de pólen encontrados na policultura foi mais que o dobro do encontrado na área de monocultura. Provavelmente, isto está associado ao tamanho dos grãos coletados por estas abelhas em cada área. Por exemplo, *Stemodia pratensis* e *Mimosa* sp.2 foram importantes fontes de pólen no aprovisionamento dos ninhos de *M. dentipes* na policultura. Grãos de pólen dessas espécies são pequenos ($x = 16.6\mu\text{m}$ e $19.9\mu\text{m}$, respectivamente; $n = 20$), se comparados aos grãos de *Centratherum punctatum* ($x = 31.4\mu\text{m}$, $n = 20$), espécie mais representativa em número de grãos aprovisionados na monocultura.

Para aprovisionar uma célula, o número total de grãos de pólen coletados por fêmeas de *M. dentipes* oscilou, em média, entre 1,5 (monocultura) e 3,1 (policultura) milhões de grãos por amostra. Para *Megachile rotundata*, suas células foram estocadas com uma média de 1,3 milhões de grãos de pólen (Cane *et al*, 2011). Contudo, tão

importante quanto o número de grãos de pólen provisionado é o volume dos grãos coletados, fato experimentalmente comprovado com abelha brasileira *Ptilothrix plumata* (Emphorini) (Pick *et al*, 2009). Nesta espécie, a preferência por grãos de pólen muito grandes de *Pavonia* (Malvaceae) parece ser uma característica da oligolectia de *Ptilothrix plumata*.

4.2 Períodos de nidificação, preferência por diâmetros e razão sexual

Apesar de não terem ocorrido correlações entre a precipitação pluviométrica e o número de ninhos fundados por *Megachile dentipes*, a espécie mostrou uma clara preferência em fundar ninhos nos períodos mais secos (menor precipitação) do ano, em ambas as áreas estudadas. Os picos de nidificação mensal de *M. dentipes* nas áreas estudadas (out-dez), corresponderam ao período de atividade da espécie em outras localidades do nordeste do Brasil (Aguiar & Zanella, 2005; Gonçalves e Zanella, 2003).

A nidificação de abelhas Megachilidae parece estar associada aos períodos mais secos do ano (Camarotti-de-Lima & Martins, 2005). Contudo, Morato (2001) não encontrou correlação entre o número de ninhos fundados por *Megachile (Austromegachile) orbiculata* e a precipitação ao longo dos meses na Amazônia Central, embora a espécie tenha nidificado com maior frequência na estação chuvosa.

De uma maneira geral, *M. dentipes* nidificou ao longo de boa parte do ano, apresentando várias gerações por ano, sugerindo um ciclo de vida anual multivoltino. Não foi observada diapausa nesta espécie, com as abelhas emergindo 4 – 6 semanas após a fundação dos ninhos, inferindo-se que as nidificações ocorrem com frequências mensais ou bimensais porém com populações menores no período chuvoso.

A ocorrência de diapausa é comum em abelhas solitárias que ocorrem na zona temperada (Sakagami & Laroca, 1971; Roubik 1989; Kemp & Bosch, 2001; Yocum, *et al*, 2006), sugerindo que espécies de clima temperado são univoltinas, enquanto espécies tropicais e subtropicais seriam bivoltinas ou multivoltinas. Um ciclo de vida bivoltino foi sugerido para *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* (Zillikens & Steiner, 2004) e *Microthurga corumbae* (Cockerell) (Garófalo *et al*, 2002).

A razão sexual observada neste estudo mostrou uma proporção significativamente diferente da esperada, com a maioria dos indivíduos emergidos sendo fêmeas. Uma razão sexual a favor das fêmeas foi descrita para várias espécies do gênero *Megachile* (Paini, 2004), *Xylocopa* (Nishida 1963; Anzenberger 1977; Watmough 1983; Stark 1992; Sihag 1993) e *Centris* (Mendes & Rego, 2007). Sabe-se

que a razão sexual de abelhas pode ser influenciada por alguns fatores, tais como o tamanho da cavidade (Krombein 1967; Coville 1982; Tepedino & Torchio 1989; Camillo *et al.* 1996; 1997), conflitos entre os sexos (Hamilton, 1967; Brockmann & Grafen, 1989), e disponibilidade de recursos (Schwarz, 1988; Pérez-Maluf, 1993, Morato *et al.* 1999; O'Neill 2001).

Fêmeas de *Megachile dentipes* utilizaram cavidades com 5 a 10 mm de diâmetros, nidificando preferencialmente em orifícios com 6 mm de diâmetro (65,3%), tamanho sugerido no caso de eventuais programas de manejo.

4.3 Reconhecimento de cavidades pelo campo visual

Nossos resultados mostram claramente que o reconhecimento de cavidades por *Megachile dentipes* é feito através da visão. As fêmeas reconhecem as cavidades em que estão fundando seus ninhos de acordo com a sua posição. Esperávamos que esse reconhecimento também pudesse ser mediado por sinais químicos, através da marcação da cavidade, como experimentalmente documentado em algumas espécies de abelhas solitárias. Sinais olfativos parecem ser importantes no reconhecimento de ninhos (Pitts-Singer & Cane, 2011). Uma fêmea de *Megachile rotundata* consegue distinguir seu próprio ninho de outros, através de marcação da cavidade, arrastando o abdômen na parede do ninho (Gerber & Klostermeyer, 1972; Gerber *et al.*, 2005; Guedot *et al.*, 2005).

Por outro lado, estudos demonstram que o reconhecimento de cavidades por espécies de abelhas noturnas do gênero *Megalopta* spp., ocorre através do campo visual. As fêmeas de abelhas solitárias encontram seus ninhos, entre milhares de furos, através de padrões de coloração, contraste e tridimensionalidade (Fauria *et al.*, 2004; Guedot *et al.*, 2005, 2006). Experimentos demonstram que se pistas visuais são manipuladas, as fêmeas tornam-se temporariamente desorientadas (Pitts-Singer & Cane, 2011).

4.4 Estrutura do ninho

A estrutura do ninho de *Megachile (Sayapis) dentipes* difere da maioria das espécies de Megachilidae descritas até o momento. As células de cria são revestidas com folhas e areia. Contudo, o que lhe confere uma característica diferenciada é que o arranjo das folhas na célula de cria é feita com folhas trituradas (trabalhada) dentro do ninho com as mandíbulas, as quais são usadas para revestir a célula de cria, juntamente com areia. A arquitetura do ninho desta espécie é muito similar à única espécie do

subgênero *Sayapis* que teve seu ninho descrito até o momento, *Megachile (Sayapis) pugnata* Say (Mitchell, 1981) (Frolich & Parke, 1983).

Grande parte dos ninhos descritos das abelhas corta folha do gênero *Megachile* possui uma característica comum em relação a confecção das células de cria. As células são revestidas com sucessivas camadas de folhas inteiras ou pedaços (aproximadamente do tamanho da célula), de modo que o arranjo justaposto dessas folhas forma uma capsula (célula de cria), facilmente manipulada (Krombein, 1967; Laroca, 1971; Laroca *et al.* 1987; Kim, 1992; Strickler *et al.* 1996; Morato, 2001; Zillikens & Steiner, 2004). A forma como as folhas são manipuladas (trabalhadas ou não) para revestir a célula de cria pode estar relacionada à morfologia das mandíbulas.

Um dos caracteres morfológicos para a diagnose das fêmeas do subgênero *sayapis* é a presença de uma pequena lâmina cortante entre os 2º e o 3º dentes (Silveira *et al.*, 2002). Em outros subgêneros de *Megachile*, essa lâmina cortante também é reduzida ou ausente, diminuindo de certa forma a capacidade de cortar grandes pedaços de folhas, restando a essas abelhas utilizarem recursos mais delicados como pétalas (por exemplo, *M. euzona* Pérez; Claude-Joseph, 1926), folhas mastigadas (por exemplo, *M. assumptionis* Schrottky; Martins e Almeida, 1994) e barro (por exemplo, *M. (Sayapis) pugnata pugnata* Diga: Medler, 1964). No entanto, o comportamento de cortar folha não pode ser somente relacionado à presença ou ausência desse caráter.

Apesar de não ter sido observado fêmeas cortando folhas das plantas usadas para revestir os ninhos, foram obtidas indicações dos recursos vegetais utilizados. Pelas características morfológicas das folhas utilizadas nos ninhos, observou-se que fêmeas de *M. dentipes* coletaram folhas de uma espécie de Pteridófita (folíolos de uma samambaia) no canavial. Na policultura, folhas de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram utilizadas. Nota-se que as duas espécies vegetais eram muito abundantes, ocorrendo em grandes extensões nas proximidades dos agroecossistemas.

Aparentemente as fêmeas não parecem ser específicas na coleta desse recurso (Michener, 1953; Laroca *et al.*, 1987). Porém, a estrutura física e a composição química das folhas são de fundamental importância para o sucesso de nidificação das fêmeas de algumas espécies de abelhas (Horne 1995a; b). Por exemplo, saponinas presentes nas folhas de algumas espécies de plantas causam mortalidade em larvas de *M. rotundata*. As folhas das plantas diferem em dureza e assim, dependendo da espécie, é necessária uma maior pressão das mandíbulas das fêmeas para cortá-las em pequenos pedaços.

Portanto, evidências sugerem que nem todas as plantas são adequadas para as abelhas do gênero *Megachile* construírem seus ninhos.

As diferentes texturas observadas nas partições, uma rugosa, do lado interno à célula, e uma lisa, do lado externo à célula operculada, pode ser um indicativo, para o adulto pré-emergente, da direção da saída da célula (Hurd & Moure 1960), fato comprovado experimentalmente por Anzenberger (1977). Segundo este autor, a superfície rugosa é mais apropriada para o trabalho das mandíbulas da abelha no momento de romper a estrutura.

Freqüentemente, as fêmeas de *M. dentipes* deixaram na cavidade um espaço vazio excepcionalmente grande, denominado célula vestibular. Células vazias também foram registradas em *M. pugnata* (Frolich & Parke, 1983), *A. megachiloides* (Alves-dos-santos, 2004) e *A. moratoi* (Morato, 2001). Pela disposição das células vazias (em diferentes posições), acredita-se que a construção das mesmas ocorra quando a atividade de parasitas é mais intensa. Münster-swendsen & Calabuig (2000), notaram que a presença de células vazias entre as células de cria de *Chelostoma florissomne* (Linnaeus, 1758) pode significar uma boa proteção à cria da hospedeira sendo, portanto, considerada como estratégia de defesa contra ataques de parasitas.

Constatamos que nos ninhos de *M. dentipes*, as células mais próximas à entrada do ninho são freqüentemente menores do que as primeiras células de cria construídas (fundo da cavidade), padrão também detectado em outras espécies da tribo Megachilini (Alves-dos-Santos, 2004; Paini, 2004). Uma possível explicação para isso é que geralmente machos são criados em células mais próximas à saída do ninho, enquanto que as fêmeas são produzidas nas primeiras células de cria do ninho. Há bastante tempo observou-se que fêmeas de *Megachile relativa* eram produzidas em células da extremidade interior da cavidade, e os machos eram produzidos em células de cria mais próximas da saída do ninho (Medler & Koerber, 1958).

4.5 Diferença no tempo de emergência entre hospedeiro e parasita

O tempo total de desenvolvimento dos imaturos de *M. dentipes* foi relativamente longo em relação a abelha corta folha *M. rotundata*. Foi comprovado experimentalmente que a temperatura exerce uma considerável influencia no desenvolvimento de imaturos de abelhas do gênero *Osmia* e *Megachile* (Bosch & Kemp, 2000; Kemp & Bosch 2000, 2001; James, 2005). Em temperatura ambiente, machos e fêmeas de *M. dentipes* requereram 41,9 dias e 42,4 dias para completarem seu

ciclo, respectivamente. Quando submetidos a uma temperatura constante de 29°C, machos e fêmeas da abelha corta folha *Megachile rotundata* requerem apenas 24,2 e 28,2 dias para emergir, com o tempo de desenvolvimento total diminuindo consideravelmente quando os imaturos são submetidos à temperaturas mais baixas (Kemp & Bosch, 2001).

Em adição, os machos emergiram quase ao mesmo tempo que as fêmeas, enquanto o parasita, *Coelioxys (Glyptocoelioxys) sp.*, emergiu antes de seus hospedeiros. A abelha parasita *Coelioxys funeraria* Smith parasita uma gama de abelhas nidificantes em cavidades preexistentes, dentre elas *Megachile relativa* Cresson, *Megachile inermis* Provancher e *M. (C.) pseudanthidioides*. Em todos casos, a prole do cleptoparasita emergiu pouco antes dos hospedeiros (Scott *et al*, 2000; Zillikens & Steiner 2004).

Frolich & Parke (1986) estudaram o ciclo de vida de *Megachile (Sayapis) pugnata*. O tempo de desenvolvimento dessa espécie foi mais curto do que *Megachile dentipes*, com a pigmentação dos imaturos da primeira espécie ocorrendo a partir do 16º dia após a oviposição, enquanto que em *M. dentipes* a pigmentação se iniciou entre o 28º e 33º dia. Um rápido desenvolvimento pode propiciar, entre outras coisas, populações mais numerosas (rápida emergência dos adultos) e baixas taxas de mortalidade.

4.6 Comportamento de construção dos ninhos

O comportamento de nidificação de *Megachile dentipes* se assemelha ao registrado por Frolich & Parke (1986) em *Megachile (Sayapis) pugnata*. Antes do início da construção do ninho propriamente dito, fêmeas de *M. dentipes* inspecionaram várias cavidades antes de fazer suas escolhas, aparentemente avaliando as condições da cavidade. De acordo com Bosch & Kemp (2002), uma cavidade adequada para nidificação deve oferecer, entre outras coisas, proteção contra luz, calor ou umidade excessiva, parasitas e predadores. Em um bloco de madeira, várias fêmeas (2-5) de *M. dentipes* nidificaram ao mesmo tempo, de modo que as fêmeas gastaram grande quantidade de tempo defendendo cavidades de fêmeas co-específicas (observação pessoal).

Megachile dentipes é uma espécie que inicia as suas atividades de forrageio por volta das 09h30min, encerrando às 16h00min. Fatores como temperatura e luminosidade devem influenciar nos horários de atividade dessa espécie na construção

dos seus ninhos, já que se trata de uma espécie polilética, não havendo sincronia com a abertura floral de determinada espécie vegetal, como detectado em várias abelhas oligoléticas (Varassin & Silva, 1999). Na parte da manhã, em dias nublados, as fêmeas repousavam na entrada dos ninhos. Assim que a luz do sol alcançava seus ninhos, as abelhas iniciavam as atividades externas (observação pessoal).

Em geral, uma fêmea de *M. dentipes* necessitou de, em média, 20 vôos para revestir uma célula de cria com areia e folhas, o que corresponde a 35% do tempo total gasto na construção de uma célula de cria. Vôos para coleta de areia foram mais rápidos do que àqueles destinados à coleta de folhas. Michener (1953), referindo-se a coleta de pedaços de folhas pelas fêmeas de *M. (Litomegachile) brevis* Say, diz que o tempo gasto no corte é relativamente constante (pedaços menores: 3-4s, maiores: 13-30s), mas que há grande irregularidade no tempo gasto fora do local de corte. Frolich & Parke (1986) contabilizaram vôos muito curtos (22,5 s) para coleta de areia em *M. pugnata*.

Entre as abelhas solitárias, o número de viagens de forrageamento para aprovisionar uma célula de cria varia de duas (*Perdita* spp.) a mais de 40 em *Megachile pugnata* (Frohlich e Parker, 1983; Danforth, 1989). Strohm *et al.* (2002) detectou que o tempo médio de coleta para aprovisionar uma célula de cria de *Osmia rufa* L. foi, em média, de 2,68 min. Poucos vôos foram necessários para uma fêmea de *M. dentipes* aprovisionar uma célula de cria ($x = 25,5$). Contudo, a duração das viagens de forrageamento da espécie estudada foi, em média, de longa duração (aprox. 12 min.). Uma hipótese plausível para explicar essa longa duração nos vôos é a baixa disponibilidade de recursos nos agroecossistemas estudados (Minckley *et al.*, 1994; Kim, 1999).

Klein *et al.*, 2004 estudaram a duração dos vôos de forrageamento da abelha *Heriades* aff. *fulvescens* (Megachilidae) em sistemas agroflorestais tropicais, diferindo na disponibilidade de alimento (pólen e néctar). Esses autores encontraram uma correlação negativa entre a disponibilidade de recursos florais nos agroecossistemas com o tempo de forrageio. Em ambos os agroecossistemas avaliados aqui, a riqueza de espécies vegetais é considerada baixa quando comparada a outros agroecossistemas tropicais (Milet-Pinheiro & Schlindwein, 2008; Araújo, 2009).

Em condições favoráveis, uma fêmea de *M. dentipes* construiu uma célula de cria por dia. Contudo, em condições climáticas adversas e/ou presença de parasitas e fêmeas co-específicas próximo aos ninhos, o número de células produzidas por dia diminuiu (observação pessoal). A grande maioria das abelhas solitárias constroem uma

ou poucas células por dia, com algumas espécies contruindo uma célula a cada quatro dias (Gebhardt & Rohr, 1987; Giovanetti e Lasso, 2005).

Poucos recursos disponíveis é conhecido também em diminuir a taxa de provisionamento diária e, conseqüentemente, o número de células construídas (Neff, 2008). Em condições ótimas (casa de vegetação com recursos ilimitados), uma fêmea de *Osmia lignaria* chega a produzir nove células por dia (Torchio, 1989). No campo, uma fêmea desta mesma espécie conclui uma e, ocasionalmente, duas células de cria por dia.

Não foi possível realizar medições da quantidade total de néctar a provisionado nas células de cria de *M. dentipes*. Contudo, pela quantidade de vôos de coleta deste recurso, o néctar é um importante recurso na alimentação dos imaturos da espécie. Para *M. rotundata*, a dieta larval consiste em 33% - 36% de pólen e 64% - 67% de néctar (Klostermeyer *et al*, 1973; Cane *et al*, 2011).

4.7 Luta por cavidades

Houve um forte comportamento agonístico das fêmeas de *M. dentipes* durante as atividades de nidificação onde 30% das fêmeas monitoradas no canavial se envolveram em, pelo menos, um confronto direto (dentro do ninho) com uma fêmea co-específica.

A usurpação de ninhos é um fenômeno comum em várias espécies de vespas e abelhas (Krombein 1967; Coville 1982; Vinson & Frankie 2000; O'Neill 2001). Tepedino & Torchio (1994) estudaram a atividade de nidificação de *Osmia lignaria* em ninhos-armadilhas. Embora a oferta de cavidades não fosse um recurso limitante, cerca de 75% das fêmeas observadas usurparam pelo menos um ninho e 65% perderam, pelo menos, um ninho para outra fêmea, com 25% do total de ninhos construídos sendo usurpados.

4.8 Parasitismo e mortalidade

Em mais da metade do número de células não houve emergência de indivíduos, resultando em uma taxa de mortalidade relativamente alta, semelhante ao encontrado em abelhas da família Megachilidae em ninhos-armadilha (Morato, 2001, 2003; Camarotti-de-Lima & Martins, 2005). Altas taxas de mortalidade são comuns em abelhas que nidificam em ninhos armadilha, especialmente porque o manuseio inadequado dos ninhos (transporte ao laboratório) pode elevar as taxas de mortalidade dos imaturos (Torchio, 1972; Parker, 1987). Embora, não quantificado, a ocorrência de fungos nos ninhos de *M. dentipes* constituiu outro fator de mortalidade.

Os inimigos naturais das abelhas da família Megachilidae são vários, sendo as abelhas cleptoparasitas pertencentes ao gênero *Coelioxys* Latreille, 1809 (Megachilidae) as mais representativas (Michener 1953; Krombein 1967; Medler & Koerber, 1958; Zillikens & Steiner, 2004).

A presença da abelha cleptoparasita *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp. impôs uma taxa de parasitismo de aproximadamente 15% nas células de cria de *M. dentipes* construídas na área de policultura. O comportamento de parasitismo desta espécie se assemelha ao descrito por Alves-dos-Santos (2004), quando relata o parasitismo entre a vespa cleptoparasita *Sapyga* sp. (Sapygidae) e seu hospedeiro *A. megachiloides*, com uma única diferença de que o ovo de *Sapyga* sp. não é depositado no alimento larval (lateral da cavidade), como ocorre em *Coelioxys* (*Glyptocoelioxys*) sp..

O tipo de ninho-armadilha utilizado pode ser uma importante causa de mortalidade de imaturos. Ninhos de observação apresentaram taxas de mortalidade próximas dos 90% em imaturos de *M. dentipes*, seja na fase de ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto pré-emergente.

4.9 Implicações para o manejo

No Brasil, há uma carência de estudos direcionados à abelhas solitárias que podem ser potencialmente manejáveis para polinização de plantas cultivadas, sobretudo espécies de abelhas do gênero *Megachile* (Garófalo, *et al*, 2004). O caso mais bem documentado e sucedido mundialmente é, sem dúvida, o da abelha corta folha *Megachile rotundata* como polinizadora de extensas plantações de alfafa (*Medicago sativa*) na América do Norte (Hobbs, 1967; Bohart, 1972; Richards, 1984; Frank, 2003). A utilização desta espécie de abelha em pomares de alfafa rendeu 46.000 toneladas de sementes na América do Norte em 2004, correspondendo a dois terços da produção mundial (Morse & Calderone, 2000; Pitts-Singer, 2008).

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, *M. dentipes* parece apresentar grande potencial de manejo. A ocorrência dessa espécie está associada a ambientes abertos e ensolarados (Schlindwein, 1998; Aguiar & Zanella, 2005; Alex-dos-Santos & Schlindwein não publicado), tratando-se de uma espécie que possui ampla distribuição no território nacional, ocorrendo desde a região sul (Schlindwein, 1998) ao nordeste brasileiro (Rebelo *et al*, 2003).

Uma outra característica que torna *M. dentipes* um bom candidato para polinização é a alta aceitação de ninhos-armadilha pelas fêmeas de *M. dentipes*, fato

notadamente comprovado neste estudo. Estas abelhas nidificaram com abundância em diferentes tipos de ninhos-armadilha, tais como tubos de cartolina, ninhos de observação e bambu (observação pessoal), o que facilita consideravelmente a produção em larga escala e a manipulação das células cria.

Além disso, a espécie nidifica com abundância ao longo de grande parte do ano, sobretudo no período seco, com várias gerações anuais. Finalmente, uma outra característica que torna *M. dentipes* um bom candidato para polinização é o comportamento polilético.

A presença de plantas herbáceas nativas, fornecedoras de pólen e néctar, principalmente espécies das famílias Asteraceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae e Mimosaceae, são recursos importantes para a nidificação desta espécie em agroecossistemas. Contudo, neste estudo, não foi avaliado o papel que *M. dentipes* desempenha na polinização de plantas cultivadas.

Uma característica que dificulta o manejo desta espécie é a arquitetura do seu ninho, uma vez que as células não são separadas facilmente uma das outras, como na maioria das abelhas do gênero *Megachile*, as quais possuem suas células de cria envolvidas por um envelope de folhas, o que facilita sobremaneira a manipulação e o transporte das células. Uma solução para isto seria o manejo dos ninhos de *M. dentipes* em tubos de cartolina, porém são necessários mais estudos visando o manejo da espécie.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C.M.L. 2003. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*. 20: 457- 467.
- Aguiar, A. J. C & Martins, C. F. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, v.19 (Supl.1): 101-116.
- Aguiar, C. M. L e Zanella, F. C. V. 2005. Estrutura da comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis) de uma área na margem do domínio da caatinga (Itatim, BA). *Neotropical Entomology* 34(1):15-24.
- Alex-dos-Santos, A. 2008. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha no cenário da mata atlântica de Pernambuco, Brasil. *Monografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 37p.
- Almeida, D. A. O.; R. P. Martins & M. L. T. Buschini. 1997. Behavior and nesting dynamics of the neotropical cavity-nesting specialist bee *Megachile assumptionis*

- Schrottky, with comparasions to the nearctic *Megachile brevis* Say (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Hymenoptera Research* 6(2): 344-352.
- Alves-dos-Santos, I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restinga e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 43: 191–223.
- Alves-dos-santos, I. 2004. Biologia de nidificação de *Anthodiocetes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* [online]. Vol.21, n.4, pp. 739-744.
- Anzenberger, G. 1977. Ethological study of African Carpenter bees of the Genus *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Zeitschrift für Tierpsychology*, 44: 337-374.
- Araujo, K. C. 2009. Abelhas e borboletas em bordas de fragmentos florestais e matrizes de cana-de-açúcar, Usina São José, Igarassu- PE. *Monografia*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 71p.
- Batalha-Filho, H.; Nunes, L. A.; Pereira, D. G. & Waldschmidt, M. 2007. Inventário da fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de caatinga da região de Jequié, BA. *Biociência. J.*, Uberlândia, v. 23, Supplement 1, p. 24-29.
- Blochtein, B.; Wittmann, D. 1988. Mating site specificity, reproduction and vector selection in *Nemognatha nigrotarsata* (Col., Meloidae), a nest parasite of leafcutter bees and other pollinators of crops in Rio Grande do Sul. *Journal of Applied Entomology* (Germany, F.R.), v. 105(4) p. 414-419.
- Bohart GE. 1972. Management of wild bees for the pollination of crops. *Annu. Rev. Entomol.* 17:287–312
- Bosch, J.; Vicens, N. & Blasm, M. 1993. Analisis de los nidos de algunos Megachilidae nidificantes en cavidades preestabelecidos (Hymenoptera, Apoidea). *Orsis*, Barcelona, 8: 53-63.
- Bosch, J. and Kemp, W. P. 2000. Development and emergence of the orchard pollinator, *Osmia lignaria* (Hymenoptera, Megachilidae). *Environmental Entomology*, 29: 8-13.
- Bosch, J. and Kemp, W. P. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, 92: 3-16.
- Brockmann, H.J. & A. Grafen. 1989. Mate conflict and male behaviour in a solitary wasp, *Trypoxylon (Trypargilum) politum* (Hymenoptera: Sphecidae). *Animal Behavior* 37: 232-255.
- Buschini, M.L.T.; Rigon, J. and Cordeiro, J. 2009. Plants used by *Megachile (Moureapis)* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. *Braz. J. Biol.* [online], vol.69, n.4, pp. 1187-1194.

- Camargo, J. M. F. & M. Mazucato. 1984. Inventário da apifauna e flora apícola de Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Dusenía* 14: 55–87.
- Camarotti-de-Lima, M. de F. and Martins, C. F. 2005. Biologia de nidificação e aspectos ecológicos de *Anthodiocetes lunatus* (Smith) (Hymenoptera: Megachilidae, Anthidiini) em área de tabuleiro nordestino, PB. *Neotrop. Entomol.* [online]. vol.34, n.3, pp. 375-380.
- Camillo, E. 1994. Nesting activities and nest reuse of *Lithurgus huberi* (Hymenoptera; Megachilidae). *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 54: 183-194.
- Camillo, E.; Garófalo, C. A. & Serrano J. C. 1983. Preliminary notes on the biology of *Lithurgus huberi* (Hymenoptera; Megachilidae) *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 43: 151-156.
- Camillo, E, C.A. Garófalo, J.M.F. Assis & J.C. Serrano. 1996. Biologia de *Podium denticulatum* Smith em ninhos armadilhas (Hymenoptera: Sphecidae: Sphecinae). *An. Soc. Entomol. Brasil*; 25: 439-450.
- Cane, J. H. 2004. Exposing their progeny: using X-rays and observation nests to study and manipulate cavity-nesting bees, pp. 99–100. In *Proceedings of the 8th IBRA International Conference on Tropical Bees*. VI Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP.
- Cane J.H, Gardner D, Harrison P. 2011. Nectar and pollen sugars constituting larval provisions of the alfalfa leaf-cutting bee (*Megachile rotundata*) (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae). *Apidologie*, In press.
- Carvalho, A. M. C. & L. R. Bego. 1997. Exploitation of available resources by bee fauna (Apoidea-Hymenoptera) in the Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, state of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 41: 101–107.
- Coville, R. E. 1982. Wasps of the genus *Trypoxylon* subgenus *Trypargilum* in North America (Hymenoptera: Sphecidae). *Univ. California Public. Entomol.* 97:1-147.
- Cprm. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado de Pernambuco. Diagnóstico do Município de Pombos - PE. [online] Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pe/relatorios>. Acessado em 10/11/2010.
- Cure, J. R.; M. Thiengo; F. A. Silveira & L. B. Rocha. 1992. Levantamento da fauna de abelhas silvestres na “Zona da Mata” de Minas Gerais. III. Mata secundária na região de Viçosa (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Zoologia* 9: 223–239.
- Danforth B.N. 1989. Nesting behavior of four species of *Perdita* (Hymenoptera: Andrenidae), *Journal. Kans. Entomol. Soc.* 62, 59–79.
- Eickwort, G. C. 1975. Gregarious nesting of the mason bee *Hoplitis anthocopoides* and the evolution of parasitism and sociality among megachilid bees. *Evolution* 29: 142-150.

- Eickwort, G. C.; Matthews, R. W. & Carpenter, J. M. 1981. Observations on the nesting behavior of *Megachile rubi* and *M. texana* with a discussion of the significance of soil nesting in the evolution of megachilid bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, Lawrence, 54: 557-570.
- Fauria K, Campan R, Grimal A. 2004. Visual marks learned by the solitary bee *Megachile rotundata* for localizing its nest. *Animal Behavior* 67:523–30
- Frank G. 2003. *Alfalfa Seed and Leafcutter Bee Production & Marketing Manual*. Brooks, Alberta, Can.: Irrig. Alfalfa Seed Prod. Assoc. 160 pp.
- Frohlich, D. R. 1983. On the nesting biology of *Osmia* (*Chenosmia*) *bruneri* (Hymenoptera, Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, Lawrence, 56:123-130.
- Frohlich, D. R. and F. D. Parker. 1983. Nest building behavior and development of the sunflower leafcutter bee: *Eumegachile* (*Sayapis*) *pugnata* (Say) (Hymenoptera: Megachilidae). *Psyche* 193–209.90.
- Garófalo, C. A., E. Camillo, M. J O. Campos, and J. C. Serrano. 1992. Nest re-use and communal nesting in *Microthurga corumbae* (Hymenoptera, Megachilidae), with special reference to nest defense. *Insectes Sociaux* 39:301–311.
- Garófalo, C. A.; C. F Martins & I. Alves-dos-Santos. 2004. The Brazilian solitary bee species caught in trap nests, p. 77–84. In: B. M. Freitas & J. O. P. Pereira (eds.). *Solitary bees - Conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza, Imprensa. 285 p.
- Gebhardt M., Röhr G. 1987. Zur Bionomie der Sandbienen *Andrena clarkella* (Kirby), *A. cineraria* (L.), *A. fuscipes* (Kirby) und ihrer Kuckucksbienen (Hymenoptera: Apoidea), *Drosera* 87, 89–114.
- Gerber H.S, Klostermeyer E.C. 1972. Factors affecting the sex ratio and nesting behavior of the alfalfa leafcutter bee. *Wash. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull.* 73:1–11
- Gimenes M., Lobão C. S. 2006. A polinização de *Krameria bahiana* B.B. Simpson (Krameriaceae) por abelhas (Apidae) na restinga, BA. *Neotrop Entomol* 35: 440-445.
- Giovanetti M., Lasso E. 2005. Body size, loading capacity and rate of reproduction in the communal bee *Andrena agilissima* (Hymenoptera: Andrenidae), *Apidologie* 36, 439–447.
- Gonçalves, A. F & Zanella, F. C. V. 2003. Ciclos de nidificação de abelhas e vespas solitárias que utilizam cavidades preexistentes no semi-árido paraibano. *Anais do VI Congresso de ecologia do Brasil, Fortaleza-CE*, p. 322-324.
- Graenicher S. 1935. Bee-fauna and vegetation of Wisconsin, *Ann. Entomol. Soc. Am.* 28, 285–310.
- Guedot C, Pitts-Singer T.L., Buckner J.S., Bosch J, Kemp W.P. 2005a. Use of olfactory cues for individual nest recognition in the solitary bee *Megachile rotundata* (F.)

- (Hymenoptera: Megachilidae). *Proc. Winter Seed Sch. Conf. Northwest Alfalfa Seed Growers Assoc. Meet.*, 30 Jan. – 1 Feb. pp. 45.
- Guedot C, Bosch J, Kemp WP. 2005b. The relative importance of vertical and horizontal visual cues in nest location by *Megachile rotundata*. *J. Apic. Res.* 44:109–15.
- Guedot C, Bosch J, James R.R., Kemp W.P. 2006. Effects of three-dimensional and color patterns on nest location and progeny mortality in alfalfa leafcutting bee (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Econ. Entomol.* 99:626–33.
- Hamilton W.D. 1967. Extraordinary sex ratios. *Science* 156, 477–488.
- Hobbs G.A. 1967. Domestication of alfalfa leaf-cutter bees. *Publ. No. 1313*. Ottawa, Ontario: Can. Dep. Agric.
- Horne, M. 1995a. Pollen preference and its relationship to nesting success of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachile). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88: 862-867.
- Horne, M. 1995b. Leaf area and toughness: effects on nesting material preferences of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachile). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 88: 868-875.
- Hurd, P.D. & Moure, J.S. 1960. A new world subgenus of bamboo-nesting carpenter bees belonging to the genus *Xylocopa* Latreille (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America*, 53: 809-821.
- Itep. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Disponível em <http://www.itep.br>. Acessado em 19/11/2010.
- James R. R. 2005. Impact of disinfecting nesting boards on chalkbrood control in the alfalfa leafcutting bee. *J. Econ. Entomol.* 98:1094–100.
- Kemp WP, Bosch J. 2000. Development and emergence of the alfalfa pollinator *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93:904–11
- Kemp WP, Bosch J. 2001. Postcocooning temperatures and diapause in the alfalfa pollinator *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94:244–50
- Kim, J. Y. 1992. Nest dimensions of two leaf-cutter bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 85(1): 85-90.
- Kim, J. Y. 1997. Female size and fitness in the leaf-cutter bee *Megachile apicalis*. *Ecol. Entomol.* 22: 275-282.
- Kim J. Y. 1999. Influence of resource level on maternal investment in a leaf-cutter bee (Hymenoptera: Megachilidae), *Behav. Ecol.* 10, 552–556.

- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I & Tscharntke, T. 2004. Foraging trip duration and density of megachilid bees, eumenid wasps and pompilid wasps in tropical agroforestry systems. *Journal of Animal Ecology*, vol. 73, no. 3, pp. 517–525.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I & Tscharntke, T. 2006. Rain forest promotes trophic interactions and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology* 75, 315–323.
- Klostermeyer E.C., Mech S.J. Jr, Rasmussen W.B. 1973. Sex and weight of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae) progeny associated with provision weights. *J. Kans. Entomol. Soc.* 46:536–48
- Krombein, K. V. 1967. *Trap-nesting Wasps and Bees: Life Histories, Nests and Associates*. Washington, Smithsonian Press, 569p.
- Laroca, S. 1971. Notas sobre a nidificação de *Chrysosarus tapytensis* Michell (Hymenoptera, Apoidea). *Boletim da Universidade do Paraná, Zoologia*, Vol 4 (8), p 39-44.
- Laroca, S., 1972. Estudo Feno-ecológico em Apoidea do Litoral e Primeiro Planalto Paranaense. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 62 p. [*Dissertação de Mestrado*].
- Laroca, S. & Rosado-Neto, G. H. 1975. Notas bionômicas: *Hypanthidiodes arenaria* (Hymenoptera, Apoidea). *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 35 (4): 847-853.
- Laroca, S.; Schwartz-Filho, D. L. & Zanella, F. C. V. 1987. Ninho de *M. (Austromegachile) habilis* e notas sobre a diversidade de *Megachile* (Apoidea, Megachilidae) em biótopos neotropicais. *Acta Biológica Paranaense*, Curitiba. v- 16: 93-105.
- Locatelli, E. & I. C. S. Machado. 2001. Bee diversity and their floral resources in a fragment of a tropical altitudinal wet Forest (“Brejos de Altitude”) in Northeastern Brazil. *Acta Horticulturae* 561: 317–325.
- Louveaux, J; A. Maurizio & G. Vorwohl. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World* 59 (4): 139-157.
- Martins, C. F. 1994. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) da caatinga e do cerrado com elementos de campo rupestre do estado da Bahia, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia* 9: 225– 257.
- Martins, R. P. & D.A.O. Almeida. 1994. Is the Bee, *Megachile assumptionis* (Hymenoptera: Megachilidae), a Cavity-Nesting Specialist? *J. Insect Beh.* 7: 759-765.
- Medler J. T., O Kerber T. W., 1958. - Biology of *Megachile relativa* Cresson (Hymenoptera, Megachilidae) in trap-nests in Wisconsin. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 51, 337-344.

- Mendes, F. N. & M. M. C. Rêgo. 2007. Nidificação de *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith (Hymenoptera, Apidae, Centridini) em ninhos-armadilha no Nordeste do Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51: 382–388.
- Mitchell, T. B. 1934. A revision of the genus *Megachile* in the Nearctic region. Part I. Classification and description of new species (Hymenoptera: Megachilidae). *Transactions of the American Entomological Society* 59 (979):295–361.
- Michener, C. D. 1953. The biology of the leafcutter bee (*Megachile brevis*) and its associates. *University of Kansas Science Bulletin* 35:1659–1748.
- Michener, C. D. 1974. *The social behavior of the bees: A comparative study*. Harvard University Press, 404p.
- Michener, C. D. 2000. *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London, 913p.
- Milet-Pinheiro, P. & Schlindwein, C. 2008. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas em uma área do Agreste pernambucano, Brasil. *Rev. Bras. entomol.* [online], vol.52, n.4, pp. 625-636.
- Minckley R.L., Wcislo W.T., Yanega D., Buchmann S.L. 1994. Behavior and phenology of a specialist bee (*Dieunomia triangulifera*) and sunflower (*Helianthus*) pollen availability, *Ecology* 75, 1406–1419.
- Morato, E. F. 2001. Biologia e ecologia de *Anthodiocetes moratoi* Urban (Hymenoptera, Megachilidae, Anthidiini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 18(3):729-736.
- Morato, E. F. 2003. Biologia de *Megachile (Austromegachile) orbiculata* Mitchell (Hymenoptera, Megachilidae) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia central. In: G. A. R. Melo & I. Alves-dos Santos, *Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Editora UNESC, Criciúma, 2003.
- Morato, E.F., M.V.B. Garcia & L.A.O. Campos. 1999. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*. 16: 1213-1222.
- Morse R.A, Calderone NW. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Cult.* 128:1–15
- Moura, D. C. 2008. Interações entre abelhas e plantas nas Matas Ciliares do Rio São Francisco. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal de Pernambuco, 162p.
- Münster-Swendsen, M. & I. Calabuig 2000. Interaction between the solitary bee *Chelostoma florissomne* and its nest parasite *Sapyga clavicornis* — empty cells reduce the impact of parasites. *Ecological Entomology*, London, 25: 63-70.
- Neff J. L. 2008. Components of nest provisioning behavior in solitary bees (Hymenoptera: Apoidea), *Apidologie*, 39, 30–45.

- Nishida, T. 1963. Ecology of the pollinators of passion fruit. Hawaii Agricultural Experiment Station. *Technical Bulletin* 55. University of Hawaii, Honolulu. 38p.
- Nogueira, E.M.L. and Vaz de Arruda, L., 2006. Fenologia reprodutiva, polinização e sistema reprodutivo de *Sophora tomentosa* L. (Leguminosae-Papilionoideae) em restinga da praia da Joaquina, Florianópolis, sul do Brasil. *Biotemas*, vol. 19, no. 2, p. 29-36.
- Oliveira, R. & Schlindwein, C. 2009. Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Annals of the Entomological Society of America*, 102: 20-273
- O'Neill, K.M. 2001. *Solitary Wasps: Behavior and Natural History*. Ithaca, Cornell University Press, 406p.
- Paini, D. R. 2004. Nesting biology of an Australian resin bee *Megachile* sp. (Hymenoptera: Megachilidae): a study using trap nests. *Australian Journal of Entomology* (43), 10–15.
- Parker, F. D. 1987. Nests of *Callanthidium* from block traps (Hymenoptera, Megachilidae). *Pan-Pacific Entomologist*, San Francisco, 63: 125-129.
- Pérez-Maluf, R. 1993. Biologia de vespas e abelhas solitárias, em ninhos armadilhas em Viçosa - MG. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 87p.
- Pitts-Singer T.L. 2008. Past and present management of alfalfa bees. In: *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems*, ed. RR James, TL Pitts-Singer, 7:105–23. New York: Oxford Univ. Press. 232 pp.
- Pitts-Singer T.L. and J. H. Cane. 2011. The Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: The World's Most Intensively Managed Solitary Bee. *Annu. Rev. Entomol.* 56:221–37
- Torchio P.F. 1989. In-nest biologies and development of immature stages of three *Osmia* species (Hymenoptera, Megachilidae), *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82, 599–615.
- Rebelo, J.M.M.; M.M.C. Rego & P.M.C. Albuquerque. 2003. Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) da região setentrional do Estado do Maranhão, Brasil, p. 265-278. In: G.A.R. Melo & I. Alves-dos-Santos (Eds). *Apoidea Neotropica: homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma, Editora UNESC, 320p.
- Richards, K. W. 1984. Alfafa Leafcutter Bee Management in Western Canada. Ottawa, Research Branch. *Agriculture Canada*, Publication 1495E, p. 1-30.
- Richards, K. W. 1993. Non *Apis* bees as crop pollinators. *Revue Suisse de Zoologie*, Geneva, 100: 807-822.
- Rodarte, A. T. A.; Silva, F. O. & Viana, B. F. 2008. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, estado da Bahia, nordeste do Brasil. *Acta bot. bras.* 22(2): 301-312.

- Sakagami, S.F. & S. Laroca. 1971. Observations of the bionomics of some neotropical Xylocopinae bees, with comparative and biofaunistic notes (Hymenoptera, Anthophoridae). *Journal. Fac. Se. Hokkaido Univ.*, Serie VI, Zoology 18: 57-127.
- Schessl, M., Silva, W. L. & Gottsberger, G. 2008. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. *Flora* (203), 215-228.
- Schlindwein, C., 2004. Are oligolectic bees always the most effective pollinators? In Freitas, BM. and Pereira, JOP. (Eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária. p. 231-240.
- Schlindwein, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. *Stud Neotrop Fauna & Environmental*, v.33, p. 46-59.
- Schlindwein, C.; R. A. Pick and C. F. Martins. 2009. Evaluation of oligolecty in the Brazilian bee *Ptilothrix plumata* (Hymenoptera, Apidae, Emphorini). *Apidologie* 40 (2) 106-116.
- Schwarz, M. P. 1988. Local resource enhancement and sex ratios in a primitively social bee. *Nature*. 331: 346-348.
- Scott V. L., Scott T. K. and K. Strickler, 2000. Reproductive Biology of Two Coelioxys Cleptoparasites in Relation to Their *Megachile* Hosts (Hymenoptera: Megachilidae)...*Annals of the Entomological Society of America*. 93 (4), 941-948
- Sihag, R.C. 1993. Behaviour and ecology of the subtropical carpenter bee, *Xylocopa fenestrata* F. 8. Life cycle, seasonal mortality, parasites and sex ratio. *Journal of Apicultural Research*, 32: 109-114.
- Silveira, F. A.; Melo, G. A. R. & Almeida, E. A. B. 2002. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, 253 p.
- Stark, R.E. 1992. Sex ratio and maternal investment in the multivoltine large carpenter bee *Xylocopa sulcatipes* (Apoidea: Anthophoridae). *Ecological Entomology*, 17: 160-166.
- Strickler, K.; V. L. Scott & R. L. Fischer. 1996. Comparative nesting ecology of two sympatric leafcutting bees that differ in body size (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 69(1): 26-44.
- Strohm, E., Daniels, H., Warmers, C. & Stoll, C. 2002. Nest provisioning and a possible cost of reproduction in the megachilid bee *Osmia rufa* studied by a new observation method. *Ethology, Ecology and Evolution*, 14, 255-268.
- Tepedino, V.J. & Torchio, P.F. 1989. The influence of nest-hole selection on sex ratio and progeny size in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 82: 355-360.

- Tepedino, V.J. & Torchio, P.F. 1994. Founding and usurping: equally efficient paths to nesting success in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 87: 946-953.
- Torchio, P.F. 1972. *Sapyga pumila* Cresson, a parasite of *Megachile rotundata* (F.) (Hymenoptera: Sapygidae; Megachilidae). *Melanderia*, Pullman, 10: 1-22.
- Torquio, P. F. 1989. In-nest biologies and development of immature stages of three *Osmia* species (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, Lanham, 82: 599-615.
- 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.
- Varassin, I. G. & Silva, A. G.. 1999. A melitofilia em *Passiflora alata* Dryander (Passifloraceae), em vegetação de restinga. *Rodriguésia* 50:5-17.
- Villanueva-Gutiérrez R, Roubik D. W. 2004. Pollen sources of longtongued solitary bees (Megachilidae) in the biosphere reserve of Quitana Rôo, México, p.185-190. In Freitas B M, Pereira J O P (eds) *Solitary bees: conservation, rearing a management for pollination*. Imprensa Universitária, UFC, Fortaleza, 285p.
- Vinson, S.B. & G.W. Frankie, 2000. Nest selection, usurpation, and function for the nest entrance plug of *Centris bicornuta* (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America* 93(2): 254-260.
- Watmough, R.H. 1983. Mortality, sex ratio, and fecundity in natural populations of large carpenter bees (*Xylocopa*). *Journal of Animal Ecology*, 52: 111-125.
- Westerkamp, C. 1993. The co-operation between the asymmetric flower of *Lathyrus latifolius* (Fabaceae-Vicieae) and its visitors. *Phyton* (Horn, Austria), 33: 121 - 137.
- Wittmann, D. & C. Schlindwein. 1995. Melittophilous plants, their pollen and flower visiting bees in Southern Brazil 1: Loasaceae. *Biociências* 3: 19-34.
- Yocum G.D, Kemp W.P, Bosch J, Knoblett J.N. 2005. Temporal variation in overwintering gene expression and respiration in the solitary bee *Megachile rotundata*. *J. Insect Physiol.* 51:621-29
- Zillikens A and Steiner J. 2004. Nest Architecture, life cycle and cleptoparasite of the Neotropical leaf-cutting bee *Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides* Moure (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 77: 193-202.