

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

MARCELO CASIMIRO CAVALCANTE

**VISITANTES FLORAIS E POLINIZAÇÃO DA CASTANHA-DO-
BRASIL (*Bertholletia excelsa* H. & B.) EM CULTIVO NA
AMAZÔNIA CENTRAL**

**FORTALEZA – CE
2008**

MARCELO CASIMIRO CAVALCANTE

Zootecnista

VISITANTES FLORAIS E POLINIZAÇÃO DA CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H. & B.) EM CULTIVO NA AMAZÔNIA CENTRAL

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA – CE
2008

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Cristina Melo - CRB-3 572

C364v Cavalcante, Marcelo Casimiro
Visitantes florais e polinização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo na amazônia central / Marcelo Casimiro Cavalcante, 2008.
77 f. ;il. color. enc.

Orientador: Prof. Ph.D. Breno Magalhães Freitas
Área de concentração : Produção e Melhoramento Animal
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias , Departamento de Zootecnia, Fortaleza, 2008.

1. Abelhas 2. Biodiversidade 3. Castanheira-do-Brasil 4.Eficiência de polinização 4. Polinizadores 5. Requerimentos de polinização I. Freitas, Breno Magalhães (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia III..Título

CDD 636.08

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca de Ciências e Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja citada a fonte.

Marcelo Casimiro Cavalcante

Aprovada em: 15 / 09 / 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas
Orientador

Dra. Márcia Motta Maués
Conselheira

Dra. Arlete Aparecida Soares
Conselheira

À Deus, pelo dom da vida;

Aos meus pais, Francisco Casimiro do Nascimento (*In memoriam*) e Ivoneide Cavalcante Casimiro, pelo amor e formação do meu ser;

Aos meus irmãos, Charles Casimiro Cavalcante, Kleber Casimiro Cavalcante e Rogério Casimiro Cavalcante pela amizade e união.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me conceder o dom da vida e por ter me proporcionado uma família estruturada e harmoniosa.

Aos pais, Francisco Casimiro do Nascimento e Ivoneide Cavalcante Casimiro pela dedicação e esforço em nos proporcionar uma educação de qualidade.

Aos irmãos Charles, Kleber e Rogério Casimiro Cavalcante pela amizade e companheirismo.

Ao Orientador e amigo Professor Breno Magalhães Freitas, pelos ensinamentos, confiança e apoio.

Ao Dr. Warwick Kerr pela indicação da propriedade para realização desse trabalho e pelas valiosas informações sobre a castanheira-do-Brasil.

À Dra. Márcia Maués pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental (CPATU-Belém), pela grande contribuição na elaboração do projeto e condução do experimento.

Ao Dr. Carlos Hans Müller pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental (CPATU-Belém), pelas valiosas conversas a respeito das espécies vegetais florestais, em especial a castanheira.

À Dra. Lucia Wadt pelas valiosas sugestões no projeto.

Ao Dr. Giorgio Cristino Venturieri, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental (CPATU-Belém) pelas informações da espécie vegetal em questão e apoio na pesquisa.

À Dra. Favízia de Oliveira Freitas, professora e pesquisadora da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA, pela identificação de todas as espécies de abelhas presentes nesse trabalho.

À Professora Dra. Francisca Soares de Araújo do Departamento Biologia-Laboratório de Fitogeografia, da Universidade Federal do Ceará.

Aos amigos e colegas de curso de graduação Hilton Alexandre, Paulo Marcelo Cidrão, Bruno Nóbrega, David Pontes, Gilson, Marquinhos, Abner, Leandro, etc pela amizade e parceria durante todos esses anos.

Aos Amigos do curso de Pós-Graduação David Ramos, Isac Bomfim, Rômulo Rizzardo e Marcelo Milfont, Mikail Olinda, Thalles Ribeiro, Igor Torres pela amizade e apoio.

Às amigas Vitória Gondin, Renata Borba e Marcela, pelos bons momentos de convívio.

À Patrícia Calvet Beserra pelo carinho e apoio na fase final desse trabalho.

À Universidade Federal do Ceará (Departamento de Zootecnia), pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Zootecnia bem como ao corpo docente que o torna de excelência.

À todos os funcionários da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação pela convivência harmoniosa durante o período em que fui bolsista.

À Empresa Agropecuária Aruanã S.A pelo espaço cedido à pesquisa.

Aos Engenheiros Agrônomos, Dr. Sérgio Vergueiro e Dr. Gabriel de Paula, pelo incentivo à pesquisa, confiança e apóio.

Ao Seu João e Dona Ana Goivinho, Nonato, Preto, Nego, Johnny, Michael e todos os demais funcionários da fazenda pela atenção e bons momentos de convivência pacífica.

Ao laboratório de Morfologia e Anatomia Vegetal do Depto. de Biologia e à Profa. Dra. Arlete Aparecida Soares, pela valorosa contribuição nas análises laboratoriais.

Ao laboratório de Abelhas da Universidade Federal do Ceará e ao Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino responsável pelo Apiário, pela prestatividade para conosco.

À Professora Silvia Freitas pelas orientações nas análises estatísticas desta dissertação.

À doutoranda Leonilha pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao Grupo de Pesquisa com Abelhas da UFC e todos seus integrantes, especialmente Ednir de Oliveira Santiago, Társio Thiago Lopes Alves, Eva Mônica Sarmiento, Francisca Lígia Aurélio Mesquita e Júlio Otávio Pereira Portela.

À secretária da Coordenação da Pós-graduação em Zootecnia Francisca Prudêncio Beserra, pela atenção e prestatividade.

À Capes, pela bolsa de estudos que me possibilitou conduzir os estudos durante o curso de mestrado.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, do desenvolvimento e êxito deste trabalho.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| AGRADECIMENTOS..... | xi |
| RESUMO..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| LISTA DE TABELAS..... | xii |
| LISTA DE LUSTRAÇÕES | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 16 |
| 2. OBJETIVOS..... | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 18 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 18 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 19 |
| 3.1 Polinização e Polinizadores..... | 19 |
| 3.2 A Espécie..... | 21 |
| 3.2.1 Importância Econômica..... | 22 |
| 3.3 Polinização da Castanheira..... | 24 |
| 3.3.1 Biologia floral..... | 24 |
| 3.3.2 Requerimentos de polinização..... | 26 |
| 3.3.3 Polinização..... | 26 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 29 |
| 4.1 Localização do experimento..... | 29 |
| 4.2 Caracterização da área..... | 30 |
| 4.3 Escolha das áreas experimentais..... | 32 |
| 4.4 Identificação dos potenciais polinizadores..... | 34 |
| 4.5 Biologia floral da castanheira..... | 34 |
| 4.6 Comportamento de forrageio..... | 35 |
| 4.7 Requerimentos de polinização..... | 35 |
| 4.8 Análises laboratoriais..... | 37 |
| 4.8.1 Desenvolvimento de tubo polínico..... | 37 |
| 4.8.2 Quantidade de sementes por fruto..... | 38 |
| 4.9 Análise estatística..... | 38 |
| 4.9.1 Estimativa de Diversidade..... | 39 |
| 4.9.2 Equabilidade..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 40 |
| 5.1 Biologia floral..... | 40 |
| 5.2 Identificação de visitantes florais e potenciais polinizadores..... | 44 |
| 5.3 Riqueza, diversidade e abundância de visitantes florais em função do período da florada..... | 48 |
| 5.4 Comportamento de forrageio..... | 51 |
| 5.5 Requerimentos de polinização..... | 60 |
| 5.6 Análise laboratoriais..... | 62 |
| 5.6.1 Quantidade de sementes por fruto..... | 62 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 65 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 67 |

RESUMO

A pesquisa foi realizada na Fazenda Agropecuária Aruanã, município de Itacoatiara, Estado do Amazonas, numa área de 3600 ha de cultivo de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). Os dados foram coletados de outubro a dezembro de 2007, investigando os visitantes florais e a polinização da castanheira-do-brasil enxertada em cultivo na Amazônia Central, visando maximizar a produtividade da cultura. Foram estudados a biologia floral e os requerimentos de polinização da espécie em cultivo; a riqueza, diversidade e abundância dos visitantes florais em função do período de florescimento da cultura (5, 25 e 50%); o comportamento de forrageio das abelhas visitantes florais, bem como o vingamento inicial e número de sementes por fruto nos diferentes testes de polinização (polinização aberta, restrita, manual cruzada, geitonogamia manual e autopolinização manual). Os resultados mostraram que 19 espécies de abelhas, de três famílias, coletaram néctar e pólen durante todo o dia. A riqueza, diversidade e abundância de visitantes florais variaram em função do estágio de florescimento da cultura, havendo crescimento das duas primeiras com o aumento do florescimento, e queda em abundância por árvore. As espécies de abelhas mais abundantes e freqüentes na área de estudo, durante todo o período da florada, foram *Xylocopa frontalis* (63%) e a *Eulaema mocsaryi* (12%). Os níveis de polinização natural da cultura encontraram-se abaixo do seu potencial de vingamento quando comparados com a polinização induzida manualmente. A castanheira permite pequeno percentual de geitonogamia (3,85%) para o vingamento inicial, porém este é significativamente menor ($p > 0,01$) que a polinização cruzada manual (19,33%), a qual necessita de polinizadores bióticos. O número de sementes viáveis diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre os tratamentos, onde a polinização natural e polinização cruzada manual foram semelhantes entre si e superiores à geitonogamia. Conclui-se que, em função do comportamento de forrageio, as espécies *E. mocsaryi* e *X. frontalis* podem ser considerados os principais polinizadores de *Bertholletia excelsa* sob cultivo. A riqueza, diversidade e abundância de visitantes florais e polinizadores potenciais podem estar relacionadas à floresta do entorno que promove ambiente propício para manutenção dos mesmos no período de não florescimento da cultura.

Palavras-chave: Abelhas, Biodiversidade, Castanheira-do-brasil, Eficiência de polinização, Polinizadores, Requerimentos de polinização.

ABSTRACT

The research was carried out in Aruanã farm, county of Itacoatiara, in the state of Amazonas, Brazil, in an area of 3,600 ha cultivated Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*). Data were collected from October to December 2007, to investigate floral visitors and the pollination of grafted Brazil nut trees cultivated in Central Amazon Forest, aiming to maximize the crop productivity. Floral biology and pollination requirements of this crop were assessed as well as richness, diversity and abundance of floral visitors in relation to the flowering phase of the trees (5, 25 and 50%); foraging behavior of bees visiting the flowers, initial fruit set and number of seeds set per fruit in hand and bagging pollination experiments (open pollination, restricted pollination, hand cross-pollination, hand self-pollination and hand geitonogamy). Results showed that 19 bee species, belonging to three Families, visited the flowers all-day long collecting nectar and pollen. Richness, diversity and abundance varied according to the blooming stages, showing increments to the former two and decrease in bee abundance per tree as blooming progressed. The most abundant and frequent species in the area during the whole blooming period were *Xylocopa frontalis* (63%) and *Eulaema mocsaryi* (12%). Natural pollination levels found showed to be lower than the crop's potential observed by hand pollination. The Brazil nut tree allows geitonogamy (3.85%) in initial fruit set, but its level is significantly lower ($p>0,01$) than that of hand cross-pollination (19.33%), which needs biotic pollinators, in this case large-sized bees, to accomplish successful pollination. The number of viable seeds varied significantly ($p>0.05$) among treatments showing that open pollination and hand cross-pollination produced similar results between them, but greater than geitonogamy. The foraging behavior of *E. mocsaryi* and *X. frontalis* led to the conclusion that they are the main pollinators of *Bertholletia excelsa* under cultivation in that area. Richness, diversity and abundance of flora visitors and potential pollinators can be related to the surrounding forest which provides adequate environment to keep pollinators in periods of the year when the crop is not blooming.

Key words: Bees, Biodiversity, Brazil nut, Pollination efficiency, Pollinators, Pollination requirements.

LISTA DE TABELAS

| Tabela | Página |
|---|---------------|
| TABELA 1 - Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) segundo as grandes regiões e unidades da Federação – 2006. | 23 |
| TABELA 2 - Idade, altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e distância à mata nativa das três árvores do experimento, variedade 609. | 32 |
| TABELA 3 - Média e erro padrão do número de inflorescência por ramo, número de flores por inflorescência, comprimento da inflorescência e o número de flores abertas por inflorescência por dia nas variedades 609, Abufari e Desconhecida de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo. Itacoatiara-AM, 2007. | 42 |
| TABELA 4 - Visitantes florais e potenciais polinizadores da castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM. 2007. | 46 |
| TABELA 5 - Riqueza de espécies, índice de diversidade e equabilidade das espécies de abelhas visitantes florais em três períodos da florada da castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) sob cultivo em Itacoatiara-AM, em 2007. | 50 |
| TABELA 6 - Número médio de flores visitadas (\pm Erro Padrão - E.P) por árvore de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo, variedade 609, na Floresta Amazônica, para dez espécies de abelhas. 2007. | 58 |
| TABELA 7 - Tempo médio (\pm Erro Padrão - E.P) gasto por espécie por visita às flores de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo, variedade 609, na Floresta Amazônica, para doze espécies de abelhas. 2007. | 59 |
| TABELA 8 - Vingamento inicial de frutos de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em flores submetidas à polinização livre, isoladas com filó, cruzada manual, autopolinização manual, geitonogamia e por única visita de abelhas. Itacoatiara-AM, 2007. | 61 |
| TABELA 9 - Número de sementes, número de óvulos não fecundados e número de lóculos nos frutos de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) coletados aos 25 dias após os testes de polinização, para os tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia. | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|---------------|
| FIGURA 1 - Distribuição geográfica de populações naturais de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>). | 21 |
| FIGURA 2 - Localização da Fazenda Aruanã em mapa de satélite do Estado do Amazonas, Brasil. | 29 |
| FIGURA 3 - Desenho esquemático da área do cultivo de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) na Fazenda Aruanã, Itacoatiara-AM. | 31 |
| FIGURA 4 - Árvores 2, 3 e 4 de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) enxertadas, variedade 609, utilizadas na pesquisa. | 33 |
| FIGURA 5 - Mapa de satélite da área de cultivo de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em Itacoatiara-AM e localização das árvores utilizadas no experimento. | 33 |
| FIGURA 6 - Fruto após 25 dias da polinização (vingamento inicial), com quatro lóculos e sementes já em desenvolvimento. | 38 |
| FIGURA 7 - Estágios fenológicos de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM, em 2007: A) Mudança de folhagem; B) Pico da florada. | 40 |
| FIGURA 8 - Biologia floral de flor de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo no município de Itacoatiara-AM. A) Corte transversal da flor, após antese; B) Partes reprodutivas da flor após abertura manual da lígula. | 41 |
| FIGURA 9 - Microscopia de fluorescência em estigma de castanheira-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) em cultivo no município de Itacoatiara-AM: A) Superfície externa do estigma; B) corte transversal do pistilo, evidenciando as papilas do estigma. | 43 |
| FIGURA 10 - Flores de <i>Bertholletia excelsa</i> em cultivo no município de Itacoatiara-AM com lígulas pendentes no período da tarde após várias visitas por abelhas. | 44 |

- FIGURA 11 - Abelhas tentando penetrar nas flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM: A) *Apis mellifera*; B) *Mellipona longipes*. 45
- FIGURA 12 - Borboletas coletando néctar nas flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM. 45
- FIGURA 13 - Diversidade de abelhas visitantes florais coletadas na castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM. 46
- FIGURA 14 - Espécies de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM, 2007. 1, 2) *Xylocopa frontalis* (♀ e ♂ respectivamente); 3) *Epicharis (Epicharana) flava* (♀); 4, 5) *Epicharis (Epicharana) conica* (♀ e ♂ respectivamente); 6) *Epicharis (Epicharis) umbraculata* (♀); 7) *Epicharis (Parepicharis) zonata* (♀); 8) *Centris (Ptilotopus) denudans* (♀); 9) *Centris (Ptilotopus) denudans* (♂♀ acasalando); 10) *Centris ferruginea* (♀); 11) *Centris (Ptilotopus) americana* (♀); 12) *Eulaema (Eulaema) meriana* (♀); 13, 14) *Eulaema (Apeulaema) mocsaryi* (♀ e ♂ respectivamente); 15) *Eulaema (Apeulaema) cingulata* (♀); 16) *Bombus (Fervidobombus) transversalis* (♀); 17) *Eufrisea flaviventris* (♀); 18) *Megachile* sp.1. 47
- FIGURA 15 - Abundância relativa das abelhas coletadas visitando as flores de três árvores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM, em 2007, em três momentos do florescimento: A) 5% da área florando, B) 25% da área florando e C) 50% da área florando. 48
- FIGURA 16 - Curva de abundância de treze espécies de abelhas visitantes florais de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em cultivo no município de Itacoatiara-AM, em três momentos do florescimento. 49
- FIGURA 17 - Abundância relativa das abelhas coletadas nas flores durante todo o período de floração da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM, em 2007. 51
- FIGURA 18 - Frequência de visitantes florais associado à temperatura e umidade relativa (a cada 30 minutos) de *B. excelsa* enxertada em cultivo, no município de Itacoatiara-AM em 2007. 52

- FIGURA 19 - Casal de *Centris denudans* acasalando sobre uma flor de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara (AM) em 2007. 53
- FIGURA 20 - Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 5% do cultivo estava florescendo. 57
- FIGURA 21 - Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 25% do cultivo estava florescendo. 57
- FIGURA 22 - Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 50% do cultivo estava florescendo. 58
- FIGURA 23 - Abelha *Frieseomelitta longipes* tentando coletar pólen das corbículas de *Eulaema mocsaryi* ao visitar a flor de *Bertholletia excelsa* em cultivo no município de Itacoatiara-AM. 59
- FIGURA 24 - Diâmetro do fruto de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, considerado vingado (vingamento inicial) e coletado para análises laboratoriais. 61
- FIGURA 25 - Microscopia de fluorescência em estigmas de flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM: A) Autopolinização; B) Polinização cruzada; C) Geitonogamia; D) Polinização livre. 62

1. INTRODUÇÃO

Os insetos são os polinizadores mais importantes em termos da quantidade de espécies de plantas que dependem deles para obter a polinização. Eles são responsáveis pela polinização de 86% de todos os plantios comerciais de frutas, nozes e sementes (NABHAN e BUCHMANN, 1997; KEVAN e IMPERATRIZ-FONSECA, 2002). Estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo sejam polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (FAO, 2004).

Em termos globais, a contribuição dos polinizadores às principais culturas dependentes destes agentes alcança US\$ 54 bilhões de dólares por ano (KENMORE e KRELL, 1998). Entretanto, um estudo mais minucioso sugere que a perda anual de produção agrícola por falta de polinização (para 30 cultivos) seria de 65 bilhões de dólares (FAO, citada por KERR *et al.*, 2001). No entanto, os estudos de polinizadores, principalmente abelhas, têm se concentrado em plantas cultivadas, como acerola (*Malpighia emarginata*), maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), melão (*Cucumis melo*), maçã (*Malus domestica*), caju (*Anacardium occidentale*), goiaba (*Psidium guajava*), entre outras (ALVES, 2000, CAMILLO, 1978; FREITAS, 1995; MARTINS *et al.*, 1999; SOUSA, 2003), enquanto que plantas silvestres de valor econômico como o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), o açaí (*Euterpe oleracea*) e a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) têm sido pouco investigados (VENTURIERI, 1994; MAUÉS, 2002; VENTURIERI *et al.*, 2005).

A castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), uma das riquezas da floresta Amazônica, representa importante componente na pauta de exportação da região. Sua exploração desempenha papel fundamental na organização socioeconômica de grandes áreas extrativistas da floresta Amazônica (SILVA, 2002). No ano de 2006 a produção chegou a 28,806 mil toneladas, dos quais mais de 90% foi destinada para o exterior e, ocupou o segundo lugar no ranking mundial de exportações de castanha (IBGE, 2006).

A castanheira-do-brasil é uma planta alógama com síndrome de polinização melitófila, portanto, depende da atividade de polinizadores bióticos para produção de

frutos (MORITZ, 1984). Polinizadores esses, abelhas de médio e grande porte devido à morfologia da flor selecionar tais insetos (MAUÉS, 2002).

A proporção de flores da castanheira que finalmente vingam um fruto é muito baixa: entre 0,28 e 0,40%, podendo, potencialmente, aumentar com a atividade dos polinizadores. Grande parte desta perda se deve, provavelmente, a falta e/ou qualidade da polinização, assim como a proporção de aborto de frutos pode ser importante: frutos abortados são encontrados no solo da floresta durante o período de maturação (PINHEIRO e ALBUQUERQUE, 1968; ZUIDEMA, 2003).

Existem poucas informações sobre os requerimentos de polinização de *B. excelsa*, havendo apenas algumas poucas e localizadas informações de polinizadores potenciais, principalmente em áreas experimentais de universidades, havendo assim a necessidade de observações em áreas de cultivo. Assim como, também não existem informações da eficiência polinizadora das espécies de abelhas visitantes.

Mais trabalhos devem ser realizados no intuito de investigar como ocorreria a polinização em áreas de monocultivo de *B. excelsa*, uma vez que este constitui um ambiente totalmente artificial e pouco freqüente na produção dessa espécie. Porém, áreas cultivadas de castanha-do-brasil tem se tornado mais comuns e é necessário conhecer o que acontece quando, ao invés de uma ou poucas árvores de castanheira cercada por mata nativa, passa-se a ter centenas ou milhares dessas árvores quase que de forma contínua. Esta nova situação pode interferir de forma decisiva na diversidade, quantidade e eficiência dos visitantes florais e potenciais polinizadores da castanheira, com consequências diretas na produtividade, rentabilidade e sustentabilidade do empreendimento.

O presente trabalho propõe identificar e caracterizar o comportamento dos visitantes florais da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em monocultivo, determinar os potenciais polinizadores, estudar os requerimentos de polinização da cultura, avaliando o vingamento inicial de frutos, a germinação do pólen e crescimento de tubo polínico e quantidade de sementes e óvulos não fecundados nos frutos colhidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Identificar e caracterizar o comportamento dos visitantes florais castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e determinar seus principais polinizadores, em monocultivo comercial na Amazônia Central .

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a biologia floral da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo comercial na Floresta Amazônica;
- Conhecer as abelhas visitantes florais da castanheira-do-brasil (*B. excelsa*) em cultivo comercial na Floresta Amazônica;
- Identificar as abelhas polinizadoras potenciais da castanheira-do-brasil (*B. excelsa*) em cultivo comercial na Floresta Amazônica;
- Determinar a riqueza, diversidade e abundância dos visitantes florais em função do período da florada;
- Determinar os requerimentos de polinização da castanheira-do-brasil (*B. excelsa*) em cultivo;
- Avaliar os níveis de polinização da espécie sob condições de cultivo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Polinização e Polinizadores

Polinização é o processo de transferência dos grãos de pólen (gametófito masculino) da flor onde foram produzidos e deposição, dos mesmos, no estigma (receptor feminino) da mesma flor, de outra flor na mesma planta ou de outra planta da mesma espécie (OSBORNE *et al.*, 1991). Esse processo é a base para outro processo denominado de fertilização, no qual esses grãos de pólen depositados no estigma vêm a germinar e fertilizar o(s) óvulo(s) presente(s) no ovário da flor para a formação de frutos e sementes (FREITAS, 1995).

As abelhas são os mais importantes insetos polinizadores de culturas, responsáveis por cerca de 75% da polinização das culturas (NABHAN AND BUCHMANN, 1997). No entanto, a eficiência polinizadora de qualquer visitante floral pode ser influenciada por uma série de fatores, alguns inerentes do próprio animal e outros dependentes da cultura a ser polinizada (SPEARS, 1983; FREITAS & PAXTON, 1998).

Os principais fatores relacionados à espécie vegetal, para o sucesso no processo da polinização, são a estrutura e morfologia da sua flor; o volume, concentração e conteúdo de açúcar total do seu néctar; horário e padrão de secreção do néctar ou liberação de pólen; viabilidade e longevidade do pólen; autocompatibilidade ou auto-incompatibilidade do pólen ao nível de indivíduo, variedade ou cultivar; período de receptividade do estigma; e vida útil dos óvulos (HARDER & THOMSON, 1989; FREITAS, 1996a, b). Por outro lado, para que uma espécie animal qualquer, incluindo as abelhas, possa ser classificada como polinizadora de certa planta, é preciso que o potencial polinizador seja atraído pelas suas flores; que apresente fidelidade àquela espécie; que possua tamanho e comportamento adequados para remover pólen dos estames e depositá-los nos estigmas; que transporte em seu corpo quantidades suficientes de pólen viável e compatível; que visite as flores quando os estigmas ainda apresentam boa receptividade e antes do início da degeneração dos óvulos (FREE, 1993; FREITAS & PAXTON, 1996; FREITAS, 1997). Por isso, nem todas as espécies vegetais são igualmente atrativas para todos os polinizadores, e nem todo visitante floral é eficiente na polinização de qualquer espécie vegetal.

A polinização bem conduzida promove aumento no número de frutos vingados, no número de sementes, melhora a qualidade dos frutos e diminui os índices de malformação, aumenta o teor de óleos e outras substâncias extraídas dos frutos, encurta o ciclo de certas culturas agrícolas e ainda uniformiza o amadurecimento dos frutos diminuindo as perdas na colheita (WILLIAMS *et al.*, 1991).

Em países da Comunidade Européia e nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, o uso de serviços de polinização tem sido um dos principais responsáveis pela produtividade e rentabilidade da agricultura. No Brasil, os serviços de polinização têm sido pouco valorizados e estudados (FREITAS, 1994).

As poucas informações disponíveis no Brasil sobre a dependência de polinização de várias culturas agrícolas e plantas silvestres de importância econômica ou social, especialmente variedades locais e espécies nativas, polinizadores efetivos, eficiência de polinização e resposta econômica à polinização não permitem qualquer estimativa precisa do valor da polinização para as culturas agrícolas brasileiras, nem do que se perde com os possíveis níveis de polinização inadequados atuais. Contudo, esta mesma limitação de informações mostra claramente, que a agricultura brasileira pode se beneficiar grandemente da polinização biótica e que nossos níveis de produtividade provavelmente são baixos devido à sub-polinização como consequência da redução, inadequação e/ou ausência de polinizadores eficientes nas áreas agrícolas (FREITAS & IMPERATRIZ - FONSECA, 2005).

Alguns países como Brasil, Inglaterra, Canadá, África do Sul e Estados Unidos desenvolveram recentemente iniciativas para conservação e proteção dos polinizadores, em decorrência de estarem em declínio em varias partes do mundo (STUBBS & DRUMOND, 2001).

A redução do habitat e fragmentação da floresta promove declínio da biodiversidade devido à redução de micro habitat, isolamento, bem como mudanças na migração e modos de dispersão (LAURANCE *et al.*, 2002).

A castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), uma das riquezas da floresta Amazônica, representa importante componente na pauta de exportação da região. Sua exploração desempenha papel fundamental na organização socioeconômica de grandes áreas extrativistas da floresta (SILVA, 2002). Na Amazônia existem algumas iniciativas de cultivo de castanheira visando seu potencial produtivo. No entanto, são escassas as informações sobre a polinização desses indivíduos mesmo

em ambientes naturais, apesar de sua importância para o estabelecimento de plantações e atividades de enriquecimento tanto dos bosques com árvores de castanha, como para aumentar sua capacidade de produção (ZUIDEMA, 2003).

3.2 A Espécie

A castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb.& Bonpl.) é uma espécie arbórea pertencente à família Lecythidaceae, nativa da Amazônia. Representa a única espécie existente no gênero *Bertholletia* e embora exista uma considerável variação no tamanho, forma e número de sementes por fruto, não existe justificativa para reconhecer mais de uma espécie (MORI & PRANCE, 1990).

A castanheira habita matas de terra firme, quase sempre em locais de difícil acesso, formando agrupamentos mais ou menos extensos, conhecidos como castanhais, com dispersão natural abrangendo desde o Alto Orinoco (5° de latitude norte) até o Alto Beni (14° de latitude sul), sendo encontrada na Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e Guianas (NEVES, 1938; LOUREIRO *et al.* 1979). Entretanto, as formações mais adensadas ocorrem nos Estados brasileiros do Acre, Amazonas, Pará, Roraima e Rondônia, bem como em boa parte do Maranhão, Tocantins e do Mato Grosso (ARAÚJO *et al.*, 1984) (Figura1).

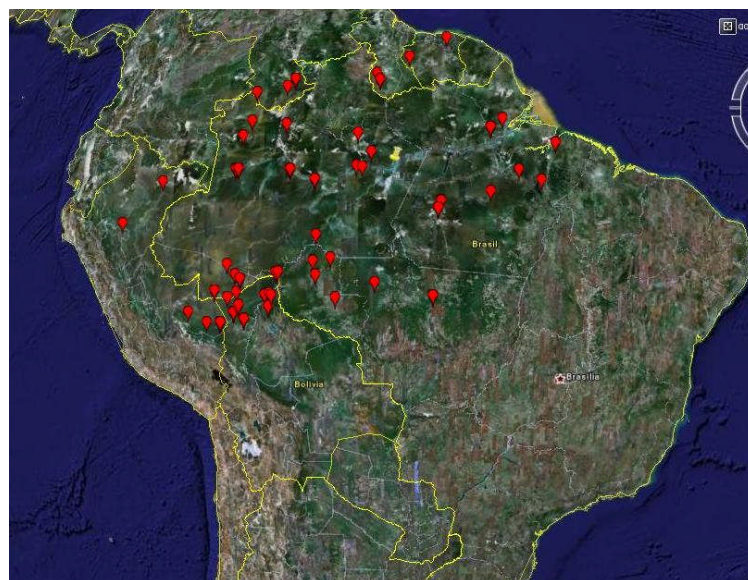


Figura 1: Distribuição geográfica de populações naturais de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em países da América do Sul (Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Guianas).

A espécie pode alcançar 50m de altura, com diâmetro na base do tronco de até 4m. A árvore apresenta fuste (tronco) reto cilíndrico com a copa medindo cerca de 20 a 40m de diâmetro. Seu fruto, conhecido como “ouriço”, é um pixídio lenhoso, globoso, com diâmetro de aproximadamente 10 a 15 cm e pesando entre 500g até 1500g, contendo em seu interior de 15 a 24 sementes (LOCATELLI *et al*, 2002). As sementes ou “castanhas” têm forma angulosa, com tegumento córneo tendo no seu interior a amêndoa, de grande utilidade e alto valor econômico. O valor biológico da amêndoa é grande para fins alimentícios, pois quando desidratada possui em torno de 17% de proteína – cerca de cinco vezes o conteúdo protéico do leite bovino *in natura* além de possuir os aminoácidos essenciais ao ser humano. O teor de gordura da amêndoa desidratada é extremamente alto, em torno de 67% (NASCIMENTO, 1984).

3.2.1 Importância Econômica

Após a decadência da borracha, a castanha-do-brasil passou a constituir o principal produto extrativo para exportação da Região Norte do Brasil, na categoria de produtos extrativistas. A exploração madeireira de exemplares nativos desta árvore é protegida por lei (Decreto 1282 de 19 de outubro de 1994) e seu fruto tem elevado valor econômico como produto extrativo florestal, mas não impede seu plantio com a finalidade de reflorestamento tanto em plantios puros quanto em sistemas consorciados (EMBRAPA, 2005).

O comércio da castanha está voltado principalmente para a exportação, o que constitui uma importante fonte de divisas para o Brasil. Sua utilização no mercado interno ainda é pequena e pouco explorada. Os derivados como a farinha, o óleo e a torta não têm preço fixo, não representam produção significativa (MAPA, 2002).

Segundo dados do IBGE (2006), a região norte é responsável por 98,35% da produção nacional de castanha-do-brasil. Amazonas, Acre e Pará lideram a produção que chegou a 28,806 mil toneladas em 2006 (Tabela 1), das quais mais de 90% foram destinadas ao mercado externo, e o Brasil ocupou o segundo lugar no ranking mundial de exportações de castanha. Esse volume representa R\$ 43,908 milhões na economia regional e impacta diretamente na vida de comunidades extrativistas, pequenos produtores e populações indígenas que, durante a comercialização, interagem com empresários da agroindústria e do setor de exportação (IBGE, 2006).

Tabela1. Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) segundo as grandes regiões e unidades da Federação – 2006.

| Grandes regiões e unidades da Federação | Quantidade (t) | Valor (1.000 R\$) |
|---|----------------|-------------------|
| NORTE | 28.332 | 43.174 |
| Rondônia | 2.652 | 2.599 |
| Acre | 10.217 | 12.254 |
| Amazonas | 9.165 | 21.792 |
| Roraima | 91 | 49 |
| Pará | 5.291 | 5.867 |
| Amapá | 917 | 614 |
| CENTRO-OESTE | 473 | 734 |
| Mato Grosso | 473 | 734 |
| BRASIL | 28.806 | 43.908 |

Fonte: IBGE. Produção da extração vegetal e da silvicultura. 2006

O fruto, conhecido por “ouriço”, depois de aberto e retiradas as sementes, pode ser usado na produção de diversos objetos úteis como farinheira, porta-jóias e potes (SHANLEY, 1998). Por ser lenhoso, o endocarpo do fruto produz um excelente carvão que pode ser utilizado na defumação da borracha (CORRÊA, 1931), assim como na purificação da água através do seu carvão (SHANLEY, 1998).

A amêndoa pode ser consumida *in natura* ou beneficiada das mais variadas formas. É um alimento de alto valor nutricional, rico em lipídios (60-70%), proteínas de boa qualidade biológica (15-20%), vitaminas e sais minerais (CARDARELLI e OLIVEIRA, 2000). A amêndoa possui sabor e aroma agradáveis, com variada aplicação. Contém uma grande variedade de nutrientes incluindo proteínas, fibras, selênio, magnésio e fósforo, sendo também considerada fonte de agimina, importante agente antioxidante que atua na proteção contra doenças coronarianas e o câncer. A gordura das amêndoas é do tipo insaturada, de baixo colesterol. A castanha é considerada como uma grande fonte natural de selênio, de forma que apenas uma única amêndoa excede a dose diária recomendada pelo National Research Council, dos Estados Unidos (TONINI e ARCO-VERDE, 2004).

O óleo da castanha é amarelado, claro, transparente, inodoro, doce e fino, podendo ser utilizado na alimentação. É utilizado na fabricação de cosméticos, medicamentos, combustível para lamparina e lubrificantes delicados (CORRÊA, 1931; CYMERYYS *et al.* 2005). Do resíduo da extração do óleo obtém-se a torta ou farelo usado como misturas em farinhas ou rações.

Sua madeira é de ótima qualidade para construção civil e naval, bem como para esteios e obras externas (LOUREIRO *et al.*, 1979). Porém, deve-se considerar a Instrução Normativa IBDF nº 001/80 do Código Florestal – Lei Federal nº 4771, que proíbe a derrubada e comercialização da castanheira. A rusticidade, crescimento relativamente rápido e características adequadas da madeira tornam-na uma das espécies mais importantes para programa de reflorestamento na Amazônia (YARED, 1990).

Atualmente a exploração madeireira de exemplares nativos é proibida pelo Decreto nº 1282, de 19/10/1994, mas não impede seu plantio com a finalidade de reflorestamento (plantios puros e sistemas consorciados), uma opção para o reflorestamento de áreas degradadas de pastagens ou de cultivos anuais (LOCATELLI *et al.*, 2002).

A produção de frutos da espécie é bastante baixa: apenas 0,28 a 0,40% das flores produzidas vingam em frutos e, grandemente influenciada pela visitação das abelhas, seus polinizadores potenciais (PINHEIRO e ALBUQUERQUE, 1968; ZUIDEMA, 2003). Portanto, se faz necessários estudos com a polinização e polinizadores com objetivo de maximizar a produtividade de *B. excelsa*.

3.3 Polinização da castanheira

3.3.1. Biologia Floral

As flores de *Bertholletia excelsa* se desenvolvem em panículas retas verticais racemosas nas extremidades dos ramos, com constituição floral do tipo zigomórfica com duas a três sépalas e seis pétalas amarelas não aderentes (MORITZ, 1984).

LIMA, citado por PINHEIRO e ALBUQUERQUE (1964), verificou que a antese das flores de castanha-do-brasil ocorre entre 4:30h e 5:00h. As pétalas desprendem-se do restante da flor antes de completadas 24 horas da antese, e quando não ocorre fecundação de óvulos, o pistilo cai em aproximadamente 48h. Cada flor possui, em média, 20 óvulos (MULLER *et al.*, 1980).

Segundo MORITZ (1984), o ovário é ínfero e o estilete estende-se normalmente, até além das anteras e está inclinado geralmente em um plano superior das anteras, o que pode impedir a autopolinização. O androceu está dividido em três partes:

1. O anel estaminal: ou seja, o conjunto de estames que se apresenta em forma ovalada envolvendo o estilete e o estigma;
2. A lígula: uma zona livre de anteras entre o anel estaminal e o chapéu.
3. O chapéu: proveniente da extensão do eixo floral, é uma estrutura em forma de elmo com prolongamentos pontiagudos (estaminódios) que estão unidos e, na base dos mesmos encontram-se as glândulas produtoras de néctar, ou nectários.

Outras espécies da mesma família também apresentam estes prolongamentos (os filamentos-anteras) assim como, existem grãos de pólen. Entretanto, este pólen do chapéu dessas espécies não é fértil (MORI *et al.*, 1980). Segundo MORI *et al.* (1978), o chapéu ou elmo se curva sobre o anel estaminal e o recobre totalmente, fazendo com que somente os grandes e pesados insetos consigam levantá-lo. Esses insetos trazem o pólen alheio na região posterior da cabeça, e ao entrarem na flor depositam no estigma e coletam pólen das anteras. Além disso, os insetos visitantes coletam o néctar.

Em estudos realizados por MÜLLER *et al.* (1980), observou-se que a liberação do pólen inicia entre 1:00 h e 1:30 h, sendo a partir das 3:00 h quando mais de 90% das anteras estão abertas. A germinabilidade do pólen varia entre 76% a 86,5%, e o pólen encontra-se viável até as 14:00 h, em oito clones estudados (MÜLLER *et al.*, 1980; MORI *et al.*, 1980).

O início do florescimento de *B. excelsa* varia de acordo com a região. O pico de florescimento na Bolívia ocorre entre os meses de dezembro e janeiro, diferente do Peru onde parece ser mais cedo, de novembro a dezembro (ORTIZ, 2002). Na parte oriental da Amazônia brasileira, o florescimento começa no fim da estação chuvosa com o pico de florescimento entre os meses de setembro e dezembro (MORITZ, 1984; MAUÉS, 2002). Após o período de chuvas, geralmente em julho as folhas começam a cair. A maioria cai antes da floração e depois crescem as folhas novas. Estas são de coloração marrom e inclinadas para baixo (pendentes) como proteção contra intensa radiação solar. Somente quando se forma uma camada cerosa é que as folhas tornam-se verdes e erguem-se, abandonando sua posição inclinada. Os ramos novos brotam por debaixo das inflorescências do ano anterior. Primeiramente surgem as folhas, e logo aparecem os botões florais nas extremidades dos ramos (MORITZ, 1984). Do início do desenvolvimento dos frutos novos até a maturação decorrem, aproximadamente, quinze meses (MAUÉS, 2002; CORNEJO, 2003). Durante a floração e o desenvolvimento dos frutos novos, a castanheira conserva os frutos velhos e quase maduros. Os frutos das

castanheiras são pixídios arredondados, denominados de ouriços. No sentido botânico, as sementes não são nozes (castanhas), mas sim caroços de um pixídio. A casca do ouriço, o pericarpo, é dura e resistente. Nos quatro a cinco lóculos existentes, as sementes estão unidas, através do funículo, à coluna central do ovário. Por ocasião do ressecamento, no tempo de maturação do fruto, a placenta se encolhe e puxa o “umbigo” (opérculo) para dentro, com isto se origina um orifício de mais ou menos um centímetro de diâmetro na extremidade apical ou pólo apical do fruto (MORITZ, 1984).

3.3.2 Requerimentos de Polinização

A literatura traz poucas informações sobre os requerimentos de polinização de *B. excelsa*. A importância dos agentes de polinização no vingamento de frutos de castanheira-do-brasil foi ressaltada nos trabalhos de LIMA, citados por PINHEIRO e ALBUQUERQUE (1968), os quais mostraram que apenas 0,4% das flores vingam, podendo aumentar de acordo com a atividade dos polinizadores naturais. Já ZUIDEMA (2003), em estudos na Bolívia, observou que apenas 0,28% do número total de flores transformaram-se em frutos.

A anatomia da flor da castanheira-do-brasil dificulta a autopolinização, uma vez que o estigma apresenta-se em um plano superior às anteras. Porém, como em algumas flores ele está no mesmo nível das anteras, esse mecanismo pode ocorrer mesmo sem a interferência de polinizadores (MÜLLER *et al.* 1980).

Em estudos de autopolinização controlada, MÜLLER *et al.* (1980) polinizaram 20 flores por hora no período compreendido das 4:00 h às 12:00 h, e o máximo de fecundação ocorreu às 08:00 h (29,3%), porém nenhuma flor autopolinizada deu origem a fruto.

3.3.3 Polinização

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) é uma planta alógama com síndrome de polinização melitófila. A estrutura da flor forma uma câmara composta por estaminódios congruentes que formam uma estrutura robusta, recobre os estames e o

estigma, o que restringe e seleciona os polinizadores em relação ao seu vigor e tamanho (MAUÉS, 2002).

PRANCE (1979) relata que os principais polinizadores de espécies de Lecythidaceae são abelhas pertencentes aos gêneros *Bombus* e *Euglossa*. Segundo MAUÉS (2002), em estudo realizado em Belém-PA, os principais polinizadores de *B. excelsa* são abelhas médias e grandes, principalmente as espécies: *Xylocopa frontalis*, *Xylocopa aurulenta*, *Epicharis rustica*, *Epicharis affinis*, *Centris similis*, *Eulaema nigrita*, *Eulaema cingulata*, *Bombus brevivillus*, *Bombus transversalis*. Porém, MÜLLER *et al.*, 1980) acreditam que abelhas grandes do gênero *Bombus* são os principais polinizadores da castanheira. Em outro estudo realizado em Rio Branco-AC, foram observadas apenas abelhas do gênero *Xylocopa* penetrando nas flores das castanheiras (ARGOLO & WADT, 2003). Já estudos realizados na Bolívia, sugerem que os polinizadores são abelhas de Euglossinae (ZUIDEMA, 2003). Portanto, existe uma imprecisão na definição dos polinizadores efetivos, e suas principais características, a não ser pelo porte grande.

Essas abelhas são vigorosas e robustas, algumas delas conseguem voar longas distâncias ultrapassando os 20Km (JANZEN, 1971) o que é extremamente importante para a manutenção do fluxo genético entre as plantas alógamas na floresta tropical (MAUÉS, 2002).

Contudo, pólen de *B. excelsa* foi encontrado em ninhos de *Trigona cilipes* (Cachoeira da Porteira-PA), ninhos de *Apis mellifera* (Rondônia) e nas corbículas de operárias de *Melipona compressipes manaosensis* (Amazônia Central) (ABSY *et al.*, 1984; MARQUES-SOUZA *et al.*, 1993, 1999), sugerindo que essas espécies de menor porte também têm acesso ao pólen, embora não sejam necessariamente polinizadores da espécie.

Os visitantes penetram nas flores, forçam a lígula para baixo e ao saírem da flor, a superfície dorsal do tórax fica coberta com pólen. Ao visitarem outras flores, eles promovem a polinização, através da transferência do pólen para o estigma receptivo (MORI *et al.*, 1978).

A importância da atividade dos polinizadores na produção de castanha-do-brasil e a relevância do equilíbrio da população dos polinizadores dentro da plantação para garantir a produção de frutos foram ressaltadas por MAUÉS (2002). A queda na

produção de frutos de sapucaia (*Lecythis pisonis*), outra Lecythidaceae, foi atribuída, por MORI *et al.* (1980), à falta de polinizadores.

Para evitar o decréscimo nas populações de polinizadores naturais em plantações comerciais e conseqüentemente uma baixa produção de frutos, o desenvolvimento de programas de manejo para os principais polinizadores é de grande importância para os plantios comerciais em larga escala (MAUÉS, 2002). Bem como, segundo a mesma autora, manter faixas de vegetação nativa para proporcionar locais para nidificação e fonte de alimento (néctar e pólen) no período que *B. excelsa* não esteja florescendo. Além disso, o plantio de espécies (culturas) que são polinizadas pelos mesmos agentes, de forma que compartilhem os mesmos polinizadores, deve ser incentivado (MAUÉS, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

O trabalho foi realizado em três locais distintos: 1) Fazenda Aruanã, cuja razão social é Agropecuária Aruanã S.A., situada no município de Itacoatiara, estado do Amazonas; 2) Laboratório de Abelhas, no Departamento de Zootecnia; 3) Laboratório de Morfologia e Anatomia Vegetal, no Departamento de Biologia, localizados na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici.

As observações de campo foram realizadas entre os meses de outubro e dezembro de 2007 na Fazenda Aruanã, Itacoatiara, AM. As análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios de Abelhas e de Morfologia e Anatomia Vegetal, respectivamente nos Departamentos de Zootecnia e de Biologia, na Universidade Federal do Ceará.

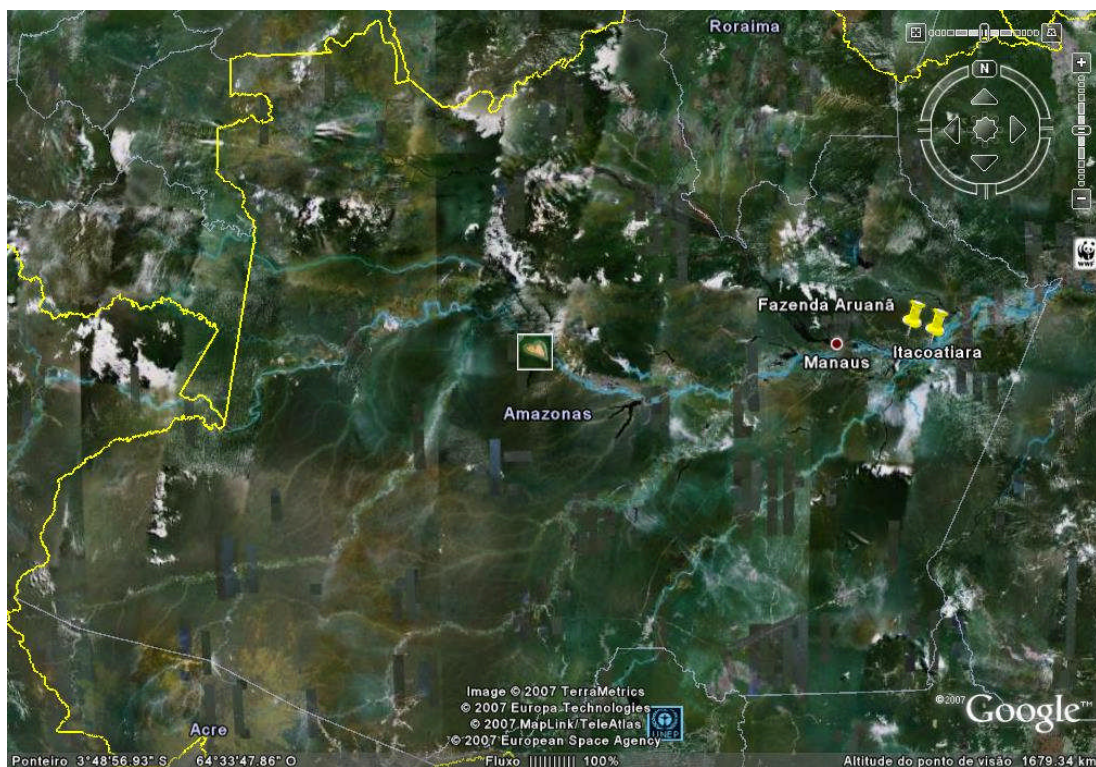


Figura 2: Localização da Fazenda Aruanã em mapa de satélite do Estado do Amazonas, Brasil.

4.2 Caracterização da área

O Município de Itacoatiara está situado na região leste do estado do Amazonas, com área de 8.892 km² e população de 84.676 habitantes, entre as coordenadas geográficas 08°07'S e 42°57'W, a 18m de altitude em relação ao nível médio do mar (IBGE, 2007). De acordo com a classificação de Köppen, o clima do município é Equatorial Am, com precipitação pluvial anual acima de 2.000 mm e a temperatura média de 27,1°C.

Entre os meses de outubro e dezembro, período da condução dos experimentos em Itacoatiara, foram coletados dados diários de temperatura e umidade relativa do ar. Nesta época, a temperatura variou entre 21,2°C, mínima registrada no dia 25 de outubro, e 39,4°C, máxima no dia 09 do mês de novembro e média de 28,9°C. Para a umidade relativa, a mínima registrada foi 42% no dia 07 de novembro e a máxima 96% no dia 20 de novembro, com média de 74,9%. Para coleta dos dados foi utilizado termo-higrômetro digital MTH-1360, Minipa Indústria e Comércio LTDA.

O experimento foi conduzido na Fazenda Aruanã, localizada na Rodovia Manaus-Itacoatiara, km 215, município de Itacoatiara, Estado do Amazonas, entre as coordenadas geográficas 3° 0'30.63"S e 58°50'1.50"O. A área total da propriedade compreende 12.000 hectares, sendo destes 3.600 hectares de castanha-do-brasil em cultivo, com 20 variedades diferentes, plantadas sob espaçamento de 20x20m, que totaliza em aproximadamente 1.300.000 árvores. Destas, 318.000 são árvores de castanheira-do-brasil enxertadas, em fase de início de produção de frutos, e 900.000 formam um estoque de árvores para produção de madeira, além de áreas já plantadas com árvores de 2 anos de idade para reposição florestal de fazendeiros que têm de repor parte das suas áreas desmatadas, conforme normas do IBAMA. A propriedade dispõe ainda do único jardim clonal nacional da espécie, uma vez que o da Embrapa foi destruído recentemente pelo fogo.

As castanheiras foram todas enxertadas, aos quatro anos de idade, a partir de enxertos oriundos de árvores nativas da floresta que tinham produções comprovadamente elevadas, e iniciaram a produção aproximadamente aos 12 anos de idade.

A cada 600 hectares de cultivo de castanha-do-brasil, existem faixas de 500 metros de vegetação nativa, além de faixas de aproximadamente 12 metros de mata secundária dentro do cultivo de castanheiras (Figura 3).

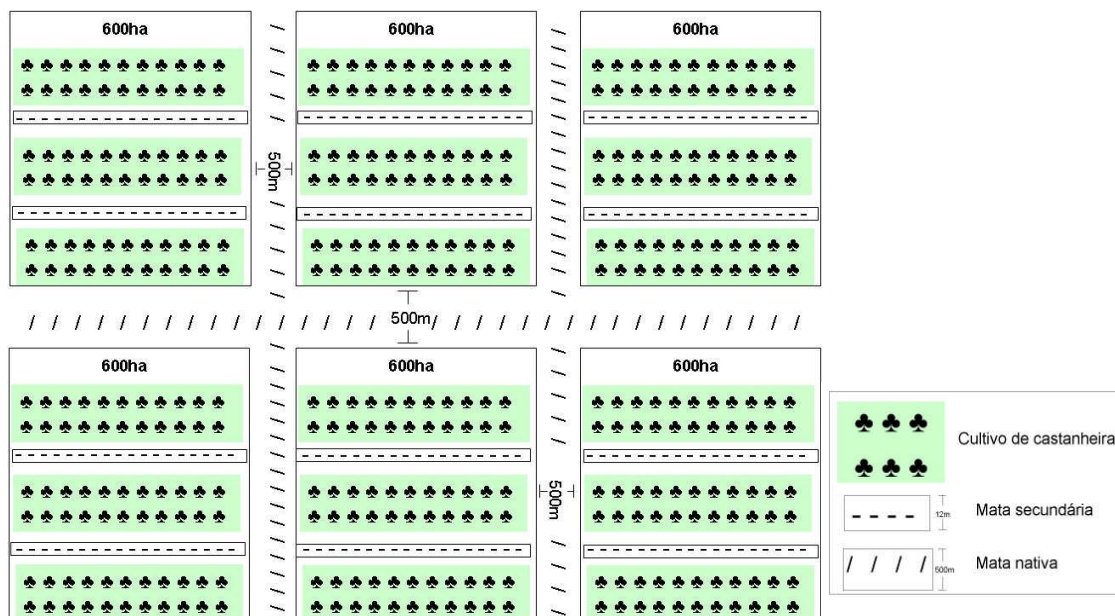


Figura 3: Desenho esquemático da área do cultivo de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) na Fazenda Aruanã, Itacoatiara-AM.

A produção anual de 2007 na propriedade foi de 47.747 ouriços numa área de 1.310 hectares, o que levaria a uma produtividade de 36,45 ouriços/ha, com média de 15 castanhas/ouriço, resultando em 716.205 castanhas. Considerando um peso médio de 10 gramas/castanha, a produção anual foi de 7,162 toneladas de castanha com casca. No entanto, segundo a própria administração da fazenda, essa baixa produtividade teria sido devido ao difícil acesso aos ouriços, uma vez que a mata de capoeira já havia crescido dificultando o acesso a todas as árvores da área e à localização dos ouriços. A produção média normal seria, então, de 30 frutos/árvore. Considerando 10 árvores por hectare, levaria a uma produtividade de 45 toneladas de castanha/ha.

Já a produção do ano de 2008 foi de 30.000 ouriços numa área de 100ha, com cerca de 4.000 árvores, atingindo uma produtividade de 300 ouriços/ha e de 7,5 ouriços/árvore. Essa produtividade foi bem superior ao ano anterior em função da área coletada ter sido muito inferior, além de, provavelmente, ter sido influenciada pela maior produtividade das árvores que tiveram seus frutos colhidos.

4.3 Escolha das áreas experimentais

Para a escolha das árvores para implantação do experimento em Itacoatiara foram considerados os seguintes critérios:

- a) Plantas que estavam em fase produtiva;
- b) Plantas da mesma variedade e de variedades diferentes;
- c) Plantas que estavam florescendo no período compreendido da pesquisa;
- d) Plantas que já dispunham de alguma estrutura de andaimes que permitisse o acesso à copa;
- e) Acessibilidade.

Foram escolhidas cinco árvores com as características listadas anteriormente para serem objetos do estudo, sendo uma da variedade Abufari (árvore 1), três da variedade 609 (árvores 2, 3 e 4) e uma da variedade Desconhecida (árvore 5). Em todas foram realizados os mesmos tratamentos, diferenciando apenas as quantidades de flores observadas. Porém, devido à necessidade de repetições nos experimentos de requerimentos de polinização, trabalhou-se com as três árvores da variedade 609 (Tabela 2), cuja floração iniciou em outubro se estendendo a meados de dezembro. Essas árvores dispunham de estrutura de andaimes de madeira erguidos em uma de suas laterais, permitindo o acesso a um maior número de flores na copa (Figura 4). As outras duas árvores serviram como doadoras de pólen para as polinizações cruzadas e, assim como nas outras, para coleta de dados de comportamento de forrageio, diversidade, riqueza e abundância de visitantes florais.

Tabela 2: Idade, altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e distância à mata nativa das árvores utilizadas no experimento: Árvore 1- variedade Abufari; Árvores 2, 3 e 4- variedade 609; Árvore 3- variedade Desconhecida.

| | Idade (anos) | Altura (m) | DAP (m) | Distancia à floresta |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| <i>Árvore 1</i> | 13 | 12 | 0,35 | 100 |
| <i>Árvore 2</i> | 20 | 9,5 | 0,41 | 150 |
| <i>Árvore 3</i> | 20 | 11 | 0,55 | 300 |
| <i>Árvore 4</i> | 20 | 10 | 0,48 | 300 |
| <i>Árvore 5</i> | >20 | 13 | 0,65 | 500 |



Figura 4: Árvores 2, 3 e 4 de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) enxertadas, variedade 609, utilizadas na pesquisa.



Figura 5: Mapa de satélite da área de cultivo de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em Itacoatiara-AM e localização das árvores utilizadas no experimento.

4.4 Identificação dos potenciais polinizadores

Durante os primeiros 20 dias de observações no campo, buscou-se determinar quais os visitantes florais que poderiam desempenhar algum papel na polinização dos castanhais da propriedade, e assim ser objeto de estudo mais detalhado. Em cada árvore coletava-se amostras de todos os insetos que estivessem nas flores da castanheira com auxílio de rede entomológica, a intervalos de uma hora. As amostragens foram iniciadas por volta de 5:00h e finalizadas aproximadamente às 17:00h. Posteriormente, os insetos foram mortos em uma câmara mortífera utilizando acetato de etila, montados em quadro entomológico, para posterior identificação quanto ao gênero e a espécie, e determinada sua abundância. A identificação dos mesmos foi realizada pela Professora Dra. Favízia de Oliveira Freitas, entomologista da Universidade Estadual de Feira de Santana – BA.

Durante todo o período de floração da castanheira (setembro a dezembro), foram feitas observações e anotações sobre o comportamento dos insetos que visitam as flores, assim como fotografias dos mesmos utilizando uma Sony cyber-shot DSC-H2 6.0 megapixels, zoom 12x.

4.5 Biologia Floral da castanheira

No período de florescimento, várias flores foram acompanhadas durante todo o seu desenvolvimento e maturação visando conhecer sua biologia, no que diz respeito ao:

- duração da floração de cada variedade estudada;
- horário de antese da flor;
- liberação de néctar e pólen;
- duração da flor;
- número de inflorescências por ramo;
- número de flores por inflorescência;
- número de flores abertas por inflorescência por dia;
- comprimento da inflorescência.

Além das observações escritas, foram feitos registros fotográficos para melhor compreensão dos resultados.

4.6 Comportamento de Forrageio

No período de florescimento das árvores da variedade 609, foram realizados experimentos de comportamento de forrageio das principais espécies de abelhas visitantes, observando os parâmetros de frequência, abundância e horário de visita, assim como a abordagem e forma de acesso à flor, de todas as espécies de abelhas presentes nas flores, associados à temperatura e umidade relativa, número de visitas e tempo gasto em cada visita, em 25 intervalos de tempo (a cada 30 minutos), iniciando às 5:00h e finalizando às 17:00h.

As anotações sobre comportamento foram iniciadas com a chegada da espécie à árvore e finalizada quando a mesma a abandonava ou saía do alcance da vista do observador, uma vez que a visualização do andaime não abrangia toda a copa.

As observações de frequência e abundância de visitantes florais e potenciais polinizadores da *B. excelsa* foram conduzidas em três momentos da florada da área de estudo: a) quando apenas 5% das árvores estavam florando; b) quando cerca de 25% das árvores estavam florescendo; c) quando aproximadamente 50% das árvores se encontravam em plena florada.

4.7 Requerimentos de polinização

Para todos os tratamentos considerou-se como vingamento dos frutos, o vingamento inicial (aos 25 dias, momento em que o ovário encontra-se com cerca de 1,5 milímetros de diâmetro), devido o tempo total de maturação dos frutos ser em média 14 meses (MAUÉS, 2002; CORNEJO, 2003) e, portanto, não dispormos desse período para fazermos as coletas e análises subseqüentes.

Visando conhecer os requerimento de polinização da castanheira e o papel das abelhas como agentes polinizadores, cinco tratamentos, ou testes, de polinização controlada foram realizados durante o florescimento das árvores.

T1: Polinização Livre ou Aberta – No dia anterior ao início da antese (abertura das flores), foram marcados 655 botões florais. Esta marcação foi feita na base do botão, pecíolo – com fita de cetim colorida de acordo com o tratamento – sem que a fita afetasse a abertura e o desenvolvimento normal da flor e possível formação do fruto.

Estes botões foram acompanhados até que as flores caíssem totalmente ou os frutos fossem vingados, aos 25 dias. Este tipo de polinização é também conhecido como polinização irrestrita, aberta ou testemunha, pois as flores são observadas para testemunhar o que ocorre na área. Serve para analisar o nível de polinização natural na espécie nas condições encontradas.

Todas as polinizações seguintes foram realizadas entre os horários de 6:00h e 8:00 h da manhã, uma vez que segundo Müller *et.al*, (1980) esses são os horários em que ocorrem melhores taxas de fecundação das flores e conseqüentemente vingamento dos frutos. Cada tratamento foi identificado por uma fita de cor diferente, e considerou-se o fruto vingado aos 25 dias, o que evita maiores perdas de frutos por possíveis abortos.

T2: Polinização restrita com filó ou Autopolinização espontânea – 326 flores foram ensacadas com filó e assim permaneceram durante todo o período (25 dias). O objetivo do presente tratamento foi verificar se a flor da castanheira seria polinizada, sem que agentes bióticos tivessem contato com as flores. Neste caso, a cultura não dependeria da polinização por insetos, como as abelhas. Caso contrário, seria comprovada a necessidade de polinizadores bióticos na polinização da castanheira.

T3: Polinização cruzada manual – 150 botões florais foram marcados e ensacados com sacos de filó. No dia seguinte, após a antese das flores, essas flores foram desensacadas e polinizadas manualmente com pólen de flores de outra planta, de variedade diferente, diretamente no estigma. As flores doadoras de pólen foram coletadas poucos minutos antes de iniciar as polinizações cruzadas e levadas até a árvore que iria receber o pólen. Então, se retirava o pólen com pincel da flor doadora e colocava diretamente no estigma da flor receptora. Imediatamente após polinizadas, as flores foram protegidas novamente com os sacos de filó e mantidas assim até a coleta dos resultados, a fim de evitar alguma visita indesejável. Este tratamento indica o quanto a castanheira demanda de polinização cruzada e permite inferir o déficit de polinização, ao se comparar com a taxa de polinização de polinização manual.

T4: Autopolinização manual – Foram marcados e ensacados 98 botões florais e, após a antese, desensacados e autopolinizados utilizando o pólen da própria flor e colocado, com pincel, no estigma da mesma flor. Neste caso, os resultados mostrariam se a castanheira é autocompatível e os efeitos da autopolinização na produtividade da castanheira.

T5: Geitonogamia – Foram marcados e ensacados 78 botões florais e, após a antese, desensacados e polinizados utilizando pólen oriundo de outras flores da mesma árvore. Neste caso, os resultados mostrariam se a castanheira tem alguma incompatibilidade nesse tipo de cruzamento.

4.8 Análises laboratoriais

4.8.1 Crescimento do tubo polínico

Para o estudo do crescimento do tubo polínico, foram coletadas flores que haviam sido polinizadas de acordo com cada tratamento (T1: Polinização livre, T2: Polinização restrita, T3: Polinização cruzada, T4: Autopolinização e T5: Geitonogamia). As polinizações foram realizadas, com auxílio de um pincel, utilizando 10 flores por tratamento (repetições) para cada horário de coleta. A coleta das flores foi feita em três períodos: 24, 48 e 72 horas após as polinizações, totalizando 30 flores por tratamento. Na polinização cruzada, utilizou-se como doadora de pólen a variedade Abufari (Árvore 1).

Imediatamente após a coleta das flores, os ovários foram fixados em álcool 70%, sendo então, analisadas no mês de janeiro de 2008 no laboratório de Anatomia e Morfologia Vegetal, do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, sob a orientação da Professora Dra. Arlete Aparecida Soares.

Após lavagem em água destilada, os pistilos foram separados por tratamento e horário de coleta e seccionados, à mão livre, longitudinalmente, sem prévio amaciamento do material em solução NaOH 8%. Em seguida, foram imersos em uma solução de calcofluor (GAHAN, 1984) por uma hora para corar em placas de relógio. Realizou-se uma nova lavagem em água destilada para preparação das lâminas com os pistilos recobertos com a lamínula. Posteriormente, as lâminas foram levadas ao microscópio de fluorescência para visualização das possíveis caloses oriundas do

desenvolvimento do tubo polínico. Testou-se também como corante uma solução de azul de anilina 0,1% em água, (MARTIN, 1959) por 4 horas.

4.8.2 Quantidade de sementes por fruto

Devido o período de maturação do fruto ser muito longo, em média 14 meses, e portanto não haver tempo hábil para que os dados de contagem e análise das sementes fossem incluídos nessa pesquisa, decidiu-se coletar apenas a metade dos frutos vingados para realização da contagem do número de sementes (Figura 6). Assim, os frutos que permaneceram maturando nas árvores serão colhidos posteriormente para avaliação quanto ao peso das sementes com e sem casca, teor de óleo, concentração de selênio, etc.

Os frutos coletados foram conservados em recipientes devidamente identificados quanto aos tratamentos, em solução de álcool 70%.

As análises da quantidade de sementes dos frutos vingados foram realizadas no mês de janeiro de 2008, no Laboratório de Abelhas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, com auxílio de uma lupa binocular com zoom de 7x modelo TNE-10B.

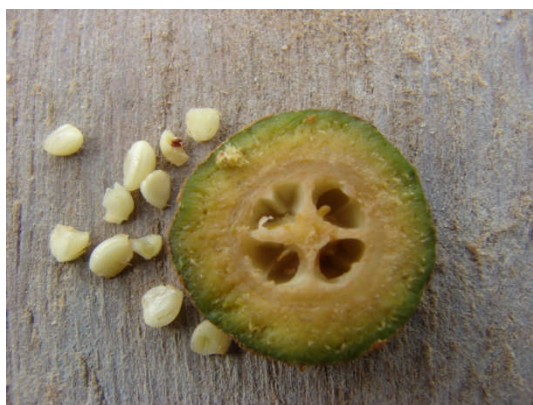


Figura 6: Fruto após 25 dias da polinização (vingamento inicial), com quatro lóculos e sementes já em desenvolvimento.

4.9 Análise estatística

Os dados relativos à biologia floral (número de inflorescência por ramo, número de flores por inflorescência, comprimento da inflorescência e o número de flores abertas por inflorescência por dia) e comportamento de forrageio (número de visitas e tempo

gasto por visita) são dados paramétricos e foram analisados por análise de variância e comparados *à posteriori* pelo teste de Tukey.

Os dados de requerimentos de polinização e número de sementes são dados não paramétricos e foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis.

4.9.1 Estimativa de Diversidade

Para análise da diversidade de espécies de abelhas presentes em cada período da florada utilizou-se o Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') usando o logaritmo neperiano. As três amostras foram comparadas uma a uma pelo teste t. Para obter um nível de significância final (α) de 5% para as três amostras foi usado o método de Bonferroni ($\alpha'=\alpha/k$ onde $k=3$ floradas), considerando $\alpha' = 0,01$ em cada comparação (SOKAL & ROHLP, 1995). Este índice é dado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Onde:

H' = Índice de Diversidade

n_i = O número dos indivíduos em cada espécie; a abundância de cada espécie.

S = O número de espécies. Chamado também de riqueza.

N = O número total de todos os indivíduos: $\sum_{i=1}^S n_i$

p_i = A abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade: $\frac{n_i}{N}$

4.9.2 Equabilidade

Para estimar a uniformidade, ou homogeneidade, da distribuição de abundância de espécies em cada período da florada, utilizou-se o Índice de Equabilidade de Pielou (J'). Este índice é dado pela fórmula:

$$J' = H' / \ln S$$

Onde:

H' = Índice de Shannon-Weaver

S = O número de espécies.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Biologia floral

O início da floração da castanheira-do-brasil foi precedido da troca total da folhagem, passando de uma coloração marrom para verde claro e depois verde escuro (Figura 7A), conforme também observado por MORITZ (1984). Essa folhagem, ou liteira, caiu totalmente deixando o solo coberto, favorecendo a ciclagem de nutrientes. Esse processo é de grande importância, uma vez que os solos de Floresta de terra firme são pobres em nutrientes, ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions (VIEIRA & SANTOS, 1987). O período total de floração das árvores estudadas foi de pouco mais de dois meses (75-80 dias), do início de outubro à meados de dezembro.

As flores são hermafroditas, possuindo tanto androceu quanto gineceu na mesma flor. Na variedade 609, elas se desenvolveram em panículas retas verticais nas extremidades dos ramos (Figura 7B), com um número médio de inflorescências por ramo de $4,01 \pm 0,11$ ($n=143$), uma média de $27,55 \pm 0,68$ flores por inflorescência ($n=101$). As inflorescências têm em média $17,39 \pm 0,40$ cm de comprimento ($n=124$). A abertura das flores ocorreu da base para o ápice da inflorescência, com uma média de $0,59 \pm 0,04$ flores abertas por dia por inflorescência ($n=173$), variando de zero a três flores abertas (Tabela 3). Os resultados de comprimento da inflorescência e número de flores abertas por dia estão de acordo com MAUÉS (2002) que observou inflorescências com 15 a 45cm e uma média de 0,76 ($n=182$) flores abertas por dia.



Figura 7: Estágios fenológicos de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM, em 2007: A) Mudança de folhagem; B) Pico da florada.

Um comparativo com as outras duas variedades, Abufari e Desconhecida, encontra-se na tabela 3.

Para a variável número médio de inflorescência por ramo, a variedade Abufari apresentou média significativamente ($P < 0,01$) maior que a variedade 609 e, esta também foi superior a variedade Desconhecida. Na variável número médio de flores por inflorescência, a variedade Abufari foi estatisticamente semelhante à variedade 609 e, superiores a variedade Desconhecida. Já para o comprimento médio da inflorescência as variedades 609 e Desconhecida foram significativamente semelhantes e, superiores a Abufari. Entretanto para o número médio de flores abertas por inflorescência por dia não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre as três variedades.

Na fase de botão floral, as pétalas apresentaram cor amarela em sua face externa, variando para amarelo claro após a antese. Cada flor apresentou seis pétalas e duas sépalas ($n=200$), sendo as anteras e estigma encobertos pela lígula da flor, a qual seleciona os visitantes, assim como serve de plataforma enquanto visitada. A lígula é uma pétala modificada, constituída por um conjunto de estaminóides congruentes (Figura 8A). A estrutura do estigma voltado para cima das anteras sugere que o visitante e/ou polinizador transfere o pólen na entrada, favorecendo a polinização cruzada (Figura 8B).



Figura 8: Flor de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM. A) Corte transversal da flor, após antese; B) Partes reprodutivas da flor após abertura manual da lígula.

Tabela 3: Média e erro padrão do número de inflorescência por ramo, número de flores por inflorescência, comprimento da inflorescência e o número de flores abertas por inflorescência por dia nas variedades 609, Abufari e Desconhecida de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo. Itacoatiara-AM, 2007.

| Variáveis | Variedades | | | | | |
|---|------------|----------------|---------|----------------|--------------|----------------|
| | 609 | | Abufari | | Desconhecida | |
| | n | X ± E.P | n | X ± E.P | n | X ± E.P |
| <i>Nº inflorescência/ ramo</i> | 143 | 4,01 ± 0,11 b | 36 | 7,94 ± 0,57 a | 40 | 3,1 ± 0,16 c |
| <i>Nº flores/ inflorescência</i> | 101 | 27,55 ± 0,68 b | 39 | 35,15 ± 1,29 a | 38 | 34,47 ± 1,03 a |
| <i>Comprim. inflorescência</i> | 124 | 17,4 ± 0,40 a | 29 | 14 ± 0,67 b | 29 | 16,34 ± 0,59 a |
| <i>Nº flores abertas/ infloresc./ dia</i> | 173 | 0,59 ± 0,04 a | 56 | 0,7 ± 0,08 a | 43 | 0,7 ± 0,11 a |

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,01$).

A superfície do estigma apresenta inúmeras papilas (Figura 9), as quais facilitam a aderência dos grãos de pólen, conforme também constatado por MAUÉS (2002).

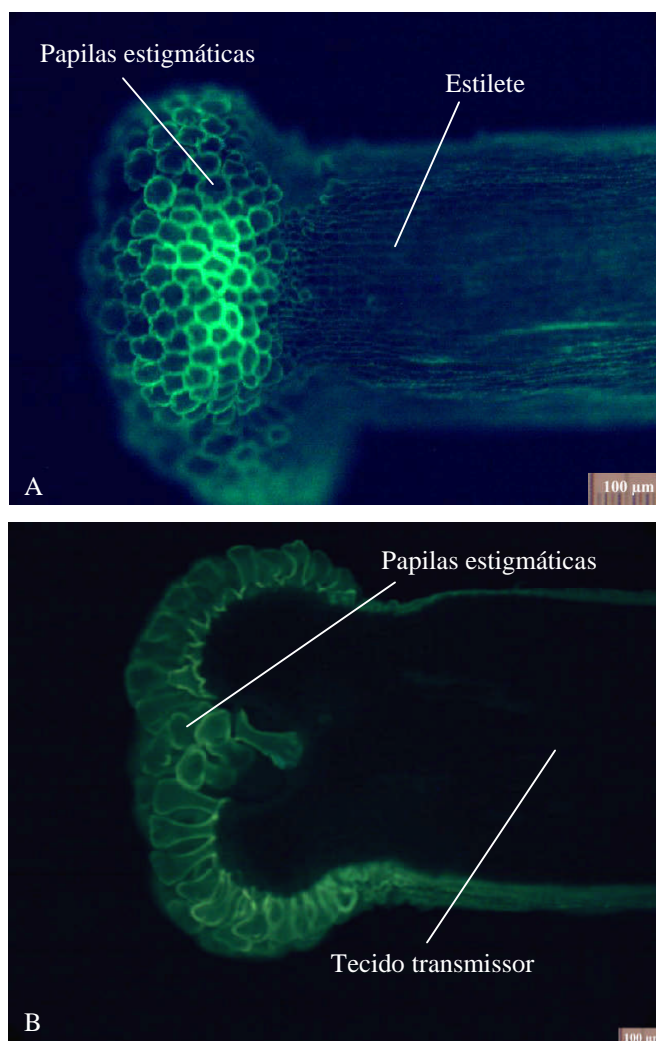


Figura 9: Microscopia de fluorescência em estigma de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM: A) Superfície externa do estigma; B) corte transversal do pistilo, evidenciando as papilas do estigma.

A antese inicia ainda na escuridão, às 3:00h, sendo que todas as flores encontravam-se abertas às 4:00h da manhã (n=150), diferentemente do observado em outros estudos (PINHEIRO e ALBUQUERQUE, 1964; MÜLLER *et al.*, 1980; MAUÉS, 2002) que verificaram que a antese ocorreu entre 4:30h e 5:30h.

O néctar era secretado na base das anteras, assim como na base dos estaminódios localizados na lígula. Ainda na fase de botão floral já se verificava a liberação de néctar, contrariamente a liberação de pólen. A maior liberação de pólen foi verificada por volta das 7:00 horas.

No período da tarde, após algumas visitas de abelhas de maior porte, a lígula da flor fica pendente, deixando expostos os órgãos reprodutivos (Figura 10), permitindo a visita de outras abelhas menores que não teriam condições de penetrar na flor normalmente. Porém, essas visitas, provavelmente, não acarretam em polinização efetiva, uma vez que a percentagem de fecundação de flores polinizadas a partir das 12:00 h é absolutamente nula (MÜLLER *et al.*, 1980). O período de duração da flor é sempre inferior a 24 h, sendo o pico de queda das flores 12h após antese, permanecendo na inflorescência apenas o ovário, que se polinizado formará o fruto.



Figura 10: Flores de *Bertholletia excelsa* em cultivo no município de Itacoatiara-AM com lígulas pendentes no período da tarde após várias visitas por abelhas.

5.2 Identificação dos visitantes florais e potenciais polinizadores

Foram observados visitando as flores de *B. excelsa*, himenópteros (abelhas), lepidópteros (borboletas e mariposas) e aves (beija-flores). Dentre os himenópteros, uma grande variedade de espécies de abelhas foram observadas e coletadas visitando as flores da castanheira-do-brasil. Essas abelhas pertenciam a três Famílias (Anthophoridae, Apidae e Megachilidae), sendo que das 19 espécies observadas, 16 foram tidas como potenciais polinizadoras. São elas: *Xylocopa frontalis* (Xylocopini); *Epicharis (Epicharana) flava*, *Epicharis (Epicharana) conica*, *Epicharis (Epicharis) umbraculata*, *Epicharis (Parepicharis) zonata*, *Centris (Ptilotopus) denudans*, *Centris (Ptilotopus) americana*, *Centris (Heterocentris) carrikeri*, *Centris (Xanthemisia) ferruginea*, *Centris (Ptilotopus) denudans* (Centridini); *Eulaema (Eulaema) meriana*, *Eulaema (Apeulaema) mocsaryi*, *Eulaema (Apeulaema) cingulata*, *Eufrisea purpurata*, *Eufrisea flaviventris* (Euglossina); *Bombus (Fervidobombus) transversalis* (Bombina); *Megachile* sp.1 (Megachilidae), conforme ilustrado na Tabela 4.

As espécies *Apis mellifera scutellata* e *Frieseomellita longipes* foram coletadas tentando penetrar nas flores, porém, em todo o período de observações, sem sucesso em adentrar às flores por parte das mesmas (Figura 11).



Figura 11: Abelhas tentando penetrar nas flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM: A) *Apis mellifera*; B) *Mellipona longipes*.

Além das abelhas, foram observados visitando a flor de *B. excelsa* borboletas, mariposas e beija-flores. Não foi realizada coleta desses animais, uma vez que eram poucos, muito velozes e/ou pousavam a uma distância que impossibilitava tal prática. Restando apenas fotografias das borboletas (Figura 12).



Figura 12: Borboletas coletando néctar nas flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM.

Tabela 4: Visitantes florais e potenciais polinizadores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM. 2007.

| Familia | Espécies | Sexo | Número |
|---------------|---|------|-----------|
| Anthophoridae | <i>Xylocopa frontalis</i> (Olivier, 1789) | ♂♀ | 19,1 |
| Anthophoridae | <i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900) | ♀ | 10 |
| Anthophoridae | <i>Epicharis (Epicharana) conica</i> (Smith, 1874) | ♂♀ | 12,9 |
| Anthophoridae | <i>Epicharis (Epicharis) umbraculata</i> (Fabricius, 1804) | ♀ | 21 |
| Anthophoridae | <i>Epicharis (Parepicharis) zonata</i> (Smith, 1854) | ♀ | 11 |
| Anthophoridae | <i>Centris (Ptilotopus) americana</i> (Klug, 1810) | ♀ | 5 |
| Anthophoridae | <i>Centris (Heterocentris) carrikeri</i> (Cockerell, 1919) | ♂ | 16 |
| Anthophoridae | <i>Centris (Xanthemisia) ferruginea</i> (Lepeletier, 1841) | ♀ | 17 |
| Anthophoridae | <i>Centris (Ptilotopus) denudans</i> (Lepeletier, 1841) | ♂♀ | 22,23 e 2 |
| Apidae | <i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789) | ♂♀ | 3,4 |
| Apidae | <i>Eulaema (Apeulaema) mocsaryi</i> (Friese, 1899) | ♂♀ | 14,8 |
| Apidae | <i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804) | ♀ | 18 |
| Apidae | <i>Bombus (Fervidobombus) transversalis</i> (Olivier, 1789) | ♀ | 6 |
| Apidae | <i>Eufrisea purpurata</i> (Mocsary, 1896) | ♀ | 7 |
| Apidae | <i>Eufrisea flaviventris</i> (Friese, 1899) | ♀ | 20 |
| Apidae | <i>Apis mellifera scutellata</i> (Lepeletier, 1836) | ♀ | 24 |
| Apidae | <i>Frieseomelitta longipes</i> (Smith, 1854) | ♀ | 23 |
| Apidae | <i>Melipona (Michmelia) lateralis</i> (Erichson, 1848) | ♀ | 25 |
| Megachilidae | <i>Megachile</i> sp. 1 | ♀ | 15 |



Figura 13: Diversidade de abelhas visitantes florais coletadas na castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM.



Figura 14: Espécies de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores da castaneira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, no município de Itacoatiara-AM, 2007. 1, 2) *Xylocopa frontalis* (♀ e ♂ respectivamente); 3) *Epicharis (Epicharana) flava* (♀); 4, 5) *Epicharis (Epicharana) conica* (♀ e ♂ respectivamente); 6) *Epicharis (Epicharis) umbraculata* (♀); 7) *Epicharis (Parepicharis) zonata* (♀); 8) *Centris (Ptilotopus) denudans* (♀); 9) *Centris ferruginea* (♀); 10) *Centris (Ptilotopus) americana* (♀); 11) *Eulaema (Eulaema) meriana* (♀); 12, 13) *Eulaema (Apeulaema) mocsaryi* (♂ e ♀ respectivamente); 14) *Eulaema (Apeulaema) cingulata* (♀); 15) *Bombus (Fervidobombus) transversalis* (♀); 16) *Eufrisea flaviventris* (♀); 17) *Megachile* sp.1.

5.3 Riqueza, diversidade e abundância de visitantes florais em função do período da florada.

No primeiro momento da florada, quando apenas 5% das árvores estavam florescendo, observou-se a presença de sete espécies de abelhas nas flores, das quais a de maior abundância relativa foi *Xylocopa frontalis* (72%), seguida da *Centris denudans* (8%) e da *Eulema meriana* (7%) (Figuras 15A e 16). No segundo momento (25% da florada) encontrou-se também sete espécies nas árvores, havendo uma redução da abundância relativa de *Xylocopa frontalis* para 69%, entretanto verificou-se a presença de novas espécies e ausência de outras que haviam no início do florescimento (Figuras 15B e 16). Já no terceiro momento (50% da florada) verificou-se nove espécies, havendo uma maior homogeneidade na abundância das espécies visitantes, com uma redução da *Xylocopa frontalis* (28%), fazendo com que *Eulaema mocsaryi* fosse a mais abundante (37%), e assim como anteriormente, observou-se novas espécies e ausência de outras nesse momento da florada das castanheiras (Figuras 15C e 16).

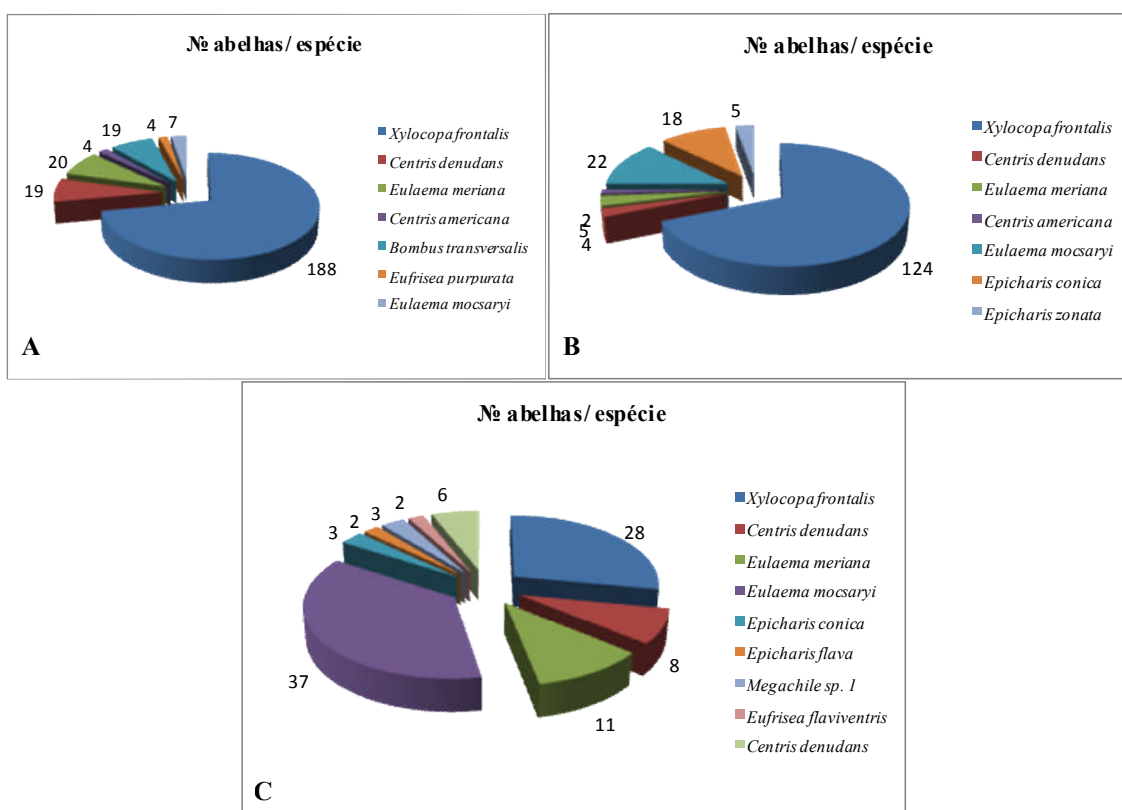


Figura 15: Abundância relativa das abelhas coletadas visitando as flores de três árvores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM, em 2007, em três momentos do florescimento: A) 5% da área florando, B) 25% da área florando e C) 50% da área florando.

Entretanto, considerando todo o período de floração das árvores estudadas, percebe-se uma dominância de *Xylocopa frontalis* (63%) na abundância das espécies de abelhas visitantes da castanheira, seguida por espécies de baixa abundância tais como: *Eulaema mocsaryi* (12%) e de forma mais homogênea, *Eulaema meriana* (7%), *Centris denudans* (6%), *Epicharis conica* (4%) e *Bombus transversalis* (3%), e em menores proporções as demais (Figura 17).

Essas 19 espécies foram observadas ao longo de toda a florada, entretanto como a maior disponibilidade de alimento na área era provinda de castanheiras, isso pode tê-las concentrado no início da florada nas poucas árvores onde havia muitas flores, provavelmente justificando a alta ocorrência de algumas espécies. Por outro lado, a não ocorrência de algumas espécies nesse período foi, provavelmente, em função da baixa atratividade deste estágio do florescimento, para aquelas espécies. À medida que a florada aumentou, a visitação das flores por novas espécies claramente demonstrou o aumento na atratividade da cultura, enquanto que o desaparecimento ou redução proporcional da frequência de outras espécies pode ter sido simplesmente por, não sendo abundantes, terem se dispersado mais na área com o aumento de opções de locais de forrageio. No entanto, não se pode descartar a possibilidade de uma redução quantitativa devido a sazonalidade da espécie.

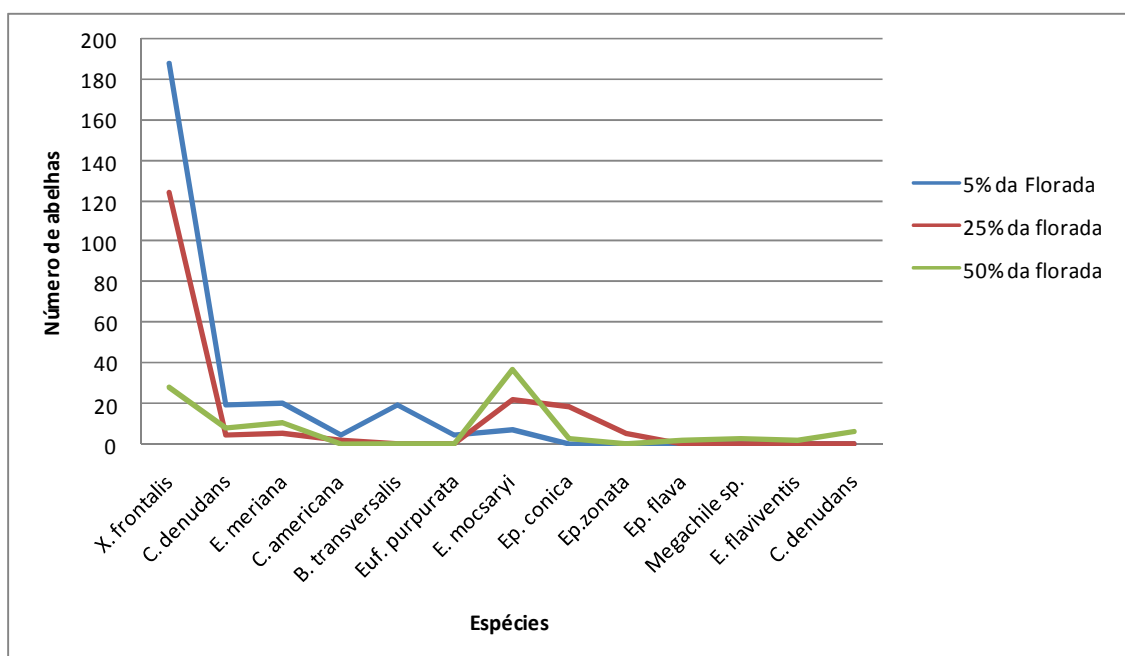


Figura 16: Curva de abundância de treze espécies de abelhas visitantes florais de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em cultivo no município de Itacoatiara-AM, em três momentos do florescimento.

Os índices de diversidade (Shannon-Weaver) de abelhas em cada florada foram estatisticamente diferentes, mostrando que houve variação significativa na riqueza e equabilidade de espécies ao longo da florada. No período de maior florada (C- 50%) verificou-se maior riqueza e equabilidade, onde os dois contribuíram para um maior índice de Shannon, assim como, o índice de equabilidade com valor mais próximo de 1 (um), demonstra que as espécies que estavam presentes naquele momento da florada estavam distribuídas de forma mais uniforme. A menor riqueza e forte dominância de um pequeno grupo de espécies geraram menores valores de diversidade e equabilidade nos outros dois períodos da florada (Tabela 5). Essa dominância foi mais evidente no primeiro momento da florada, onde apenas uma espécie (*X. frontalis*) representava 72% do total de 261 indivíduos amostrados, fazendo com que a diversidade e equabilidade obtivessem os menores valores.

Tabela 5: Riqueza de espécies, índice de diversidade e equabilidade das espécies de abelhas visitantes florais em três períodos da florada da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) sob cultivo em Itacoatiara-AM, em 2007.

| Índices | Períodos da florada | | |
|-----------------------------|---------------------|----------|----------|
| | A (5%) | B (25%) | C (50%) |
| Riqueza (S) | 7 | 7 | 9 |
| Índice de Diversidade (H') | 1,0397 c | 1,0775 b | 1,7048 a |
| Índice de Equabilidade (J') | 0,5044 | 0,5546 | 0,7758 |

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,01$).

Essa riqueza e diversidade de espécies de abelhas na área do estudo são favorecidas pela vegetação de mata nativa e secundária no entorno da cultura, uma vez que a cultura encontra-se localizada em área de Floresta Amazônica. Mesmo existindo uma fragmentação do ecossistema natural, através do plantio de grandes áreas de castanheiras, essas abelhas conseguem voar longas distâncias em busca dos recursos florais para alimentar suas crias e a si mesmas. Entretanto, KREMEN *et al.* (2007), afirmam que o desmatamento para a instalação de monoculturas leva à redução do hábitat natural e à perda da sua conectividade funcional, provocando alterações em larga escala na paisagem natural e criando um ambiente hostil para os polinizadores ao eliminar as fontes primárias de recursos alimentares e locais de nidificação (KREMEN *et al.*, 2002).

Assim como na floresta nativa, onde as castanheiras se encontram em pequenos agrupamentos, mas dispersos a grandes distâncias de outros agrupamentos, esses polinizadores nativos têm que voar longos percursos em busca do pólen e néctar dessas plantas, portanto, fundamentais para a manutenção e reprodução desta espécie vegetal.

RICKETTS *et al.* (2008) sintetizando resultados de 23 estudos (com 16 culturas em cinco continentes) para estimar o padrão geral do relacionamento entre os serviços de polinização e distância das áreas de habitat natural e semi natural, verificaram uma redução de 50% na riqueza de espécies à distâncias de 1500m e queda na taxa de visitação de 50% já com distâncias inferiores a 1km do habitat natural.

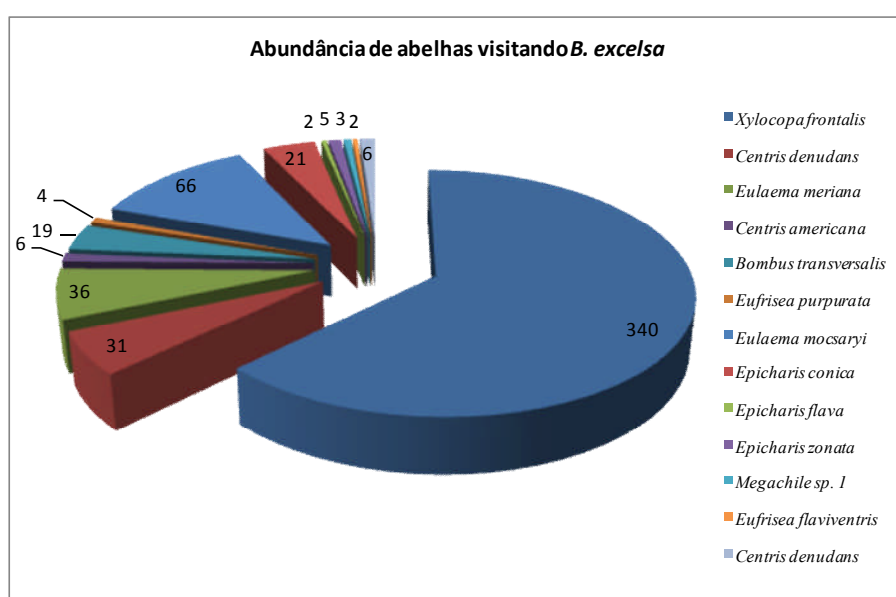


Figura 17: Abundância relativa das abelhas coletadas nas flores durante todo o período de floração da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), no município de Itacoatiara-AM, em 2007.

5.4 Comportamento de forrageio

As observações de comportamento de forrageamento dos visitantes e potenciais polinizadores nas flores da castanheira mostraram que as abelhas coletam tanto pólen quanto néctar das flores de castanha-do-brasil. O local de coleta de néctar pelas abelhas variava de acordo com a espécie, de forma que as espécies de maior porte coletavam da base da lígula, diferentemente das espécies menores que com dificuldades penetravam na flor e, coletavam o néctar presente na base das anteras.

As abelhas iniciavam suas atividades de coleta de néctar e pólen as 05:15h, atingindo o pico de forrageamento entre as 05:30h e 6:00h. Após as 10:00h a quantidade

de abelhas presentes nas flores cai vertiginosamente, tanto em função da redução nas quantidades dos recursos (néctar e pólen) como do aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar (Figura 18). Em noites de lua cheia ($n=2$), não foi constatado a chegada das abelhas nas copas mais cedo como registrado por MÜLLER *et al.* (1980).

No período da tarde ainda se verificava a presença de abelhas forrageando, mesmo que em pequenas quantidades, principalmente da espécie *Xylocopa frontalis*. Diferentemente do observado por MÜLLER *et al.* (1980), que trabalhando em Belém-PA, verificaram visitas apenas no período da manhã, das 05:30h às 11:00h, uma vez que, nesse estudo, no período da tarde o androceu e as pétalas caíam. Resultados semelhantes a MÜLLER *et al.* (1980) foram observados por NELSON *et al.* (1985); MAUÉS e OLIVEIRA (1996) e MAUÉS (2002).

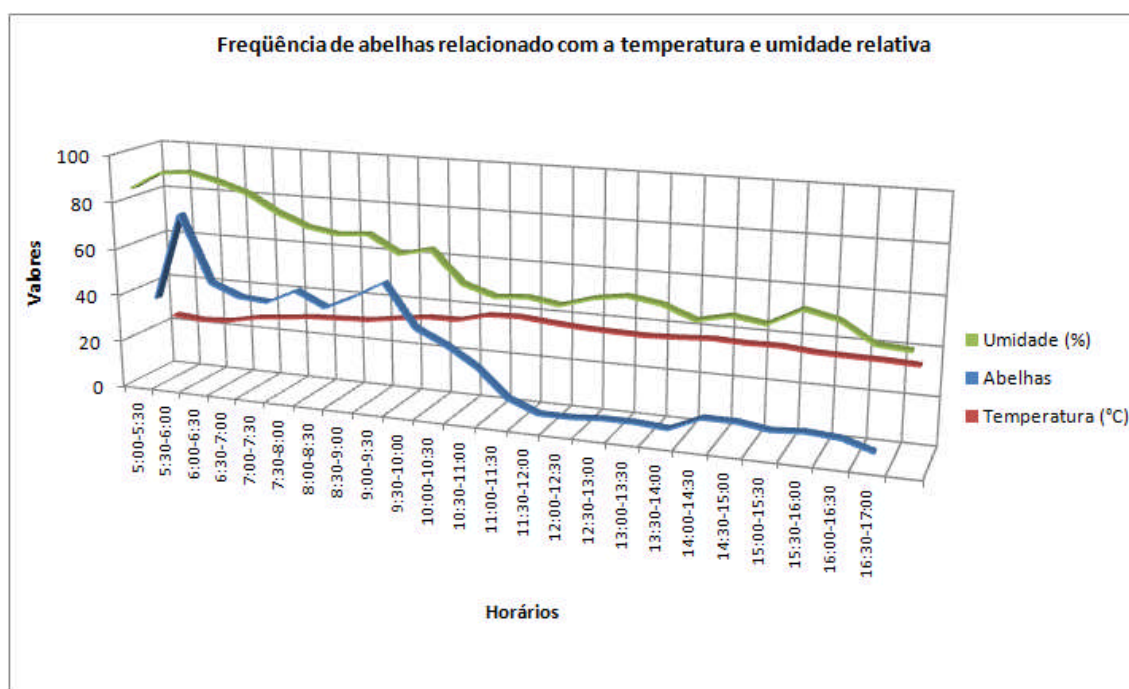


Figura 18: Frequência de visitantes florais associado a temperatura e umidade relativa (a cada 30 minutos) de *B. excelsa* enxertada em cultivo, no município de Itacoatiara-AM em 2007.

A espécie de abelha presente em maior quantidade nas copas e visitando as flores das castanheiras foi *Xylocopa frontalis*. Esta era a primeira a chegar às flores (sempre às 5:15 h) para coletar néctar e pólen, sendo encontrada em grandes quantidade e frequência em todo o período de floração das árvores do estudo (Figuras 20, 21 e 22). Ao chegar às flores, *X. frontalis* fazia uma breve inspeção e, quando não rejeitava, penetrava na flor utilizando a lígula da flor como plataforma para coletar néctar da base

da lígula. Essa espécie foi, aparentemente, a que carregava a maior quantidade de pólen no corpo, principalmente na parte superior do tórax e cabeça, assim como nas escopas. Entre uma visita e outra, pousada na flor, direcionava o pólen às escopas e retirava parte do excesso com as pernas dianteiras. Realizava em média 11,33 visitas por árvore (n=64), com um tempo médio de 11,63 segundos (n=136) por visita (Tabelas 6 e 7). Observou-se a presença de machos visitando as flores para coleta de néctar, contudo transportavam grandes quantidades de pólen na região do tórax. Esses resultados são diferentes dos observados por MÜLLER *et al.* (1980) que afirmam que *Xylocopa* só visita flores virgens, ou seja, rejeitam flores visitadas anteriormente.

Centris denudans foi observada nas copas e visitando as flores em todo o período de floração e em todas as árvores do estudo, preferencialmente no período da manhã, transportando pequenas quantidades de pólen na parte superior do tórax, apesar de seu grande porte. Frequentemente, entre uma visita e outra, realizava vôos rápidos por toda a copa, perseguindo outra abelha da mesma espécie, talvez uma tentativa de acasalamento ou para afugentá-la da fonte de alimento. Essa espécie foi uma das observadas forrageando no período da tarde, inclusive nas horas mais quentes do dia. Verificou-se um comportamento de abordagem à flor diferente da *X. frontalis*, uma vez que foram raras as rejeições às flores, penetrando imediatamente as mesmas ao chegar à copa e, durante suas visitas coletava néctar da base da lígula. Realizava em média 14,71 visitas por árvore (n=64), geralmente flores próximas, com um tempo médio de 11,96 segundos (n=35) por visita (Tabelas 6 e 7). Registrou-se com foto o acasalamento de dois espécimes dessa espécie (Figura 19), assim como, foram observados e coletados machos visitando as flores.



Figura 19: Casal de *Centris denudans* acasalando sobre uma flor de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*).

Eulaema meriana também esteve presente em todo o período de floração das árvores em estudo e apenas no período matutino. Igualmente *X. frontalis*, freqüentemente rejeitava algumas flores, entretanto transportava grande quantidade de pólen nas corbículas. Devido sua longa glossa, também coletava néctar da base da lígula, o que era facilitado pela lígula que servia de plataforma. Realizava em média 14,71 visitas por árvore (n=57), geralmente flores próximas, com um tempo médio de 11,96 segundos (n=17) por visita (Tabelas 6 e 7). Foi verificada a presença de machos dessa espécie visitando as flores da castanheira para coleta de néctar. Importante ressaltar que, segundo WILLIAMS & WHITTEN (1983), esses são os polinizadores primários de *Catasetum maculatum* (Orchidaceae), sugerindo uma interdependência entre essas três espécies, uma vez que a orquídea fornece apenas essências para os machos de *Eulaema meriana* atraírem suas fêmeas, mas o pólen e néctar necessários para a sobrevivência e reprodução da abelha têm que ser obtidos de outras espécies vegetais, como a castanha-do-brasil.

Centris americana foi observada apenas em alguns momentos da florada e em pequenas quantidades e freqüência, nunca observado mais de um espécime por árvore. A abordagem da flor, assim como das outras abelhas grandes, era da mesma forma, utilizando a lígula da flor como plataforma e coletando néctar da sua base; com um tempo médio gasto por visita de 7,73 segundos (n=4) (Tabela 7).

Bombus transversalis foi observada apenas no período inicial da florada e somente na variedade Abufari, no período da manhã. Foi uma das espécies que mais demorava visitando as flores, em média 27,61 segundos (n=42) chegando a passar mais de 90 segundos, entretanto transportava pouca quantidade de pólen (Tabela 7). Devido seu porte médio, ao visitar a flor penetrava quase totalmente para coletar o néctar da base da lígula. Portanto, essas observações estão em desacordo com LIMA citado por PINHEIRO E ALBUQUERQUE (1964) e por MÜLLER *et al.* (1980) quando afirmaram que as abelhas do gênero *Bombus* são os principais agentes polinizadores da castanheira-do-brasil.

Eulaema mocsaryi foi a segunda espécie mais freqüente e abundante durante todo o período de floração das castanheiras, principalmente no período da manhã, mas também registrada sua presença no período da tarde. Freqüentemente, rejeitava flores que possivelmente já haviam sido visitadas. Entre uma visita e outra, em vôo ou pendurada numa folha, direcionava o pólen do corpo para as corbículas que,

normalmente já estavam com grandes cargas polínicas. Essa abelha realizava em média 4,36 visitas (n=72) com um tempo médio por visita de 15,34 segundo (n=48) (Tabelas 6 e 7). Estudos realizados, na mesma área desse trabalho, com a biologia floral de *Bellucia grossularioides* (Melastomataceae) e com os visitantes florais de *Bixa orellana* (Bixaceae) reportaram *E. mocsaryi* e *X. frontalis* como os principais visitantes dessas plantas (RENNER, 1986; SANTIAGO, 1994). Entretanto, não existem registros na literatura de *E. mocsaryi* como importante visitante floral e potencial polinizador de *B. excelsa*.

Epicharis conica esteve presente em todo o período de floração e, assim como *E. mocsaryi*, foram observadas visitas no período da tarde, sendo mais freqüente pela manhã. Devido seu porte pequeno, penetrava quase totalmente na flor e diferentemente das espécies citadas anteriores, fazia uma volta dentro da flor, saindo de frente. Esse comportamento pode contribuir para a autopolinização pelo fato da abelha ter como tocar no estigma ao sair da flor com o pólen recém coletado. Registrou-se uma média de 2,75 visitas por planta (n=8) com um tempo gasto médio de 18,39 segundos por visita (n=7) (Tabelas 6 e 7). Observou-se a presença de machos dessa espécie visitando as flores, que penetravam totalmente ficando escondidos pela lígula durante a visita, só sendo percebidos pelo zumbido que faziam ao chegar na flor.

Epicharis flava esteve presente em pequenas quantidades e apenas quando existia uma grande quantidade de árvores em floração. Transportava bastante pólen na parte superior do tórax, podendo ser um polinizador efetivo da castanheira. Visitava uma média de 4,43 flores por árvore (n=7) com um tempo médio de 11,86 segundo por visita (n=45) (Tabelas 6 e 7). VILHENA e AUGUSTO (2007) identificaram *E. flava* como importante visitante floral de *Malpighia emarginata* em área de cerrado (Uberlândia-MG). Entretanto, essa espécie ainda não tinha sido reportada como visitante das flores de *B. excelsa*.

Epicharis zonata é uma abelha de porte pequeno, que assim como outras do seu tamanho penetrava totalmente na flor (ficando escondida) e saía de frente, carregando pequena quantidade de pólen. Foi encontrada quando já havia grande quantidade de árvores florescendo, principalmente no período da manhã por volta das 9:00 h (Figura 20). Sua velocidade de vôo dificultava as coletas de dados, contudo registrou-se uma média de 1,67 visitas (n=9) com uma duração média de 31,38 segundos por visita (n=3) (Tabelas 6 e 7).

Eufrisea flaviventris é uma espécie de porte médio e movimentação rápida. Realizava em média 7,33 visitas (n=6) com uma duração média de 5,96 segundos por visita (n=58) (Tabelas 6 e 7). Foi a única espécie observada com comportamento de coleta exclusiva de pólen, muitas vezes visitando, consecutivamente, a mesma flor. Entretanto, tinha hábito freqüente de rejeitar flores, talvez recém visitadas por outras abelhas. Entre uma visita e outra, em vôo, direcionava o pólen que se encontrava no tórax para as corbículas.

Centris ferruginea são abelhas de pequeno porte, muito rápidas e por isso penetram nas flores quase totalmente, utilizando a lígula como plataforma e saindo de frente, transportando pequenas quantidades de pólen na parte superior do tórax. Geralmente só eram percebidas nas copas pelo zumbir durante o vôo. Registrou-se uma média de 3,67 visitas (n=3) com uma duração média de 9,14 segundos por visita (n=31) (Tabelas 6 e 7).

Megachile sp. foi a espécie de menor porte observada visitando as flores. Penetrava totalmente, forçando-se por entre as pétalas e a lígula, e saindo de frente com pequena quantidade de pólen nas escopas ventrais. Pelo seu porte, provavelmente coletava néctar da base das anteras e estigma. Devido sua grande velocidade de vôo e pouca abundância, conseguia-se observar apenas uma visita.

Eulaema cingulata, *Epicharis umbraculata*, *Centris carrikeri* e *Eufrisea purpurata*, foram coletadas e observadas visitando as flores, porém em raríssimas ocasiões. Inclusive, o registro de fotos não foi possível para as duas últimas espécies. *Eulaema cingulata* é um dos polinizadores de *Ischnosiphon gracilis* (Rudge) Koern (Marantaceae) em fragmento de Floresta Atlântica no Nordeste (LEITE e MACHADO, 2007). Já BEZERRA E MACHADO (2002) observaram *E. cingulata* visitando flores de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica-PE.

Melipona lateralis foi observada uma única vez visitando a flor, quando em seguida foi capturada. Não sendo mais verificada na área até o final dos estudos.

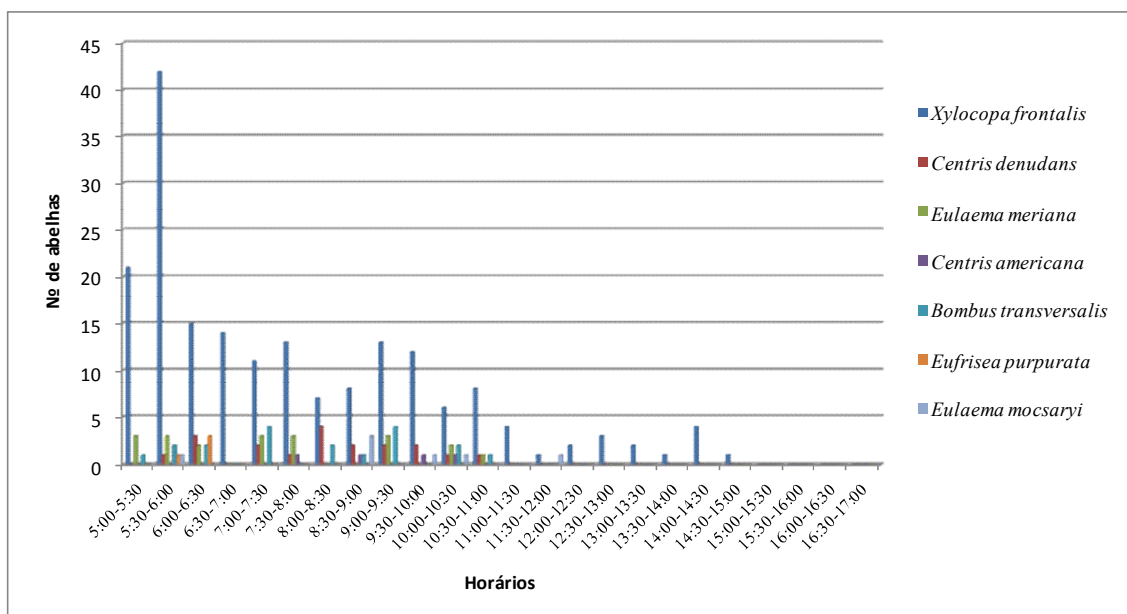


Figura 20: Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 5% do cultivo estava florescendo.

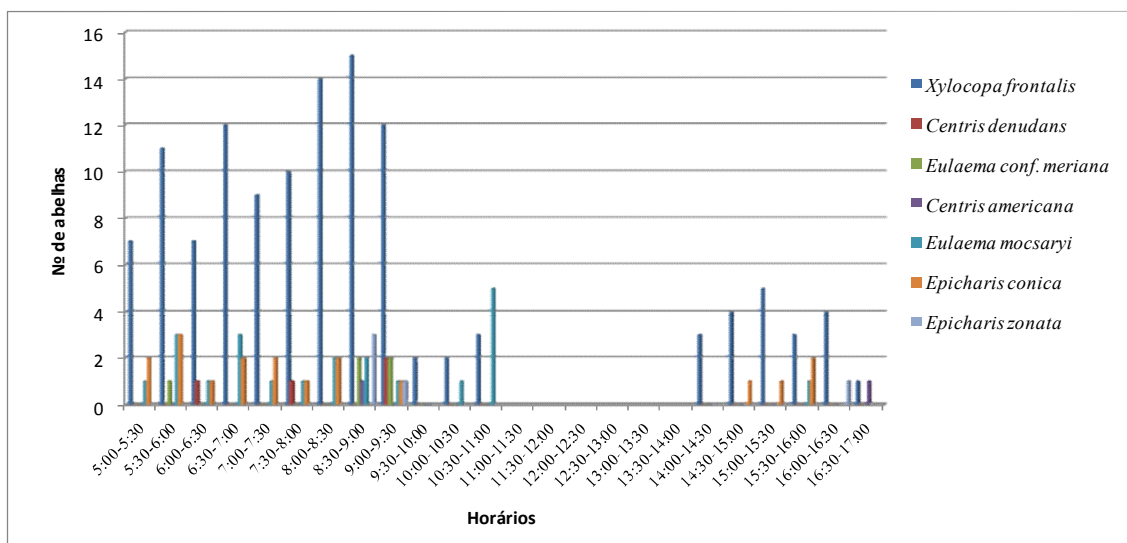


Figura 21: Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 25% do cultivo estava florescendo.

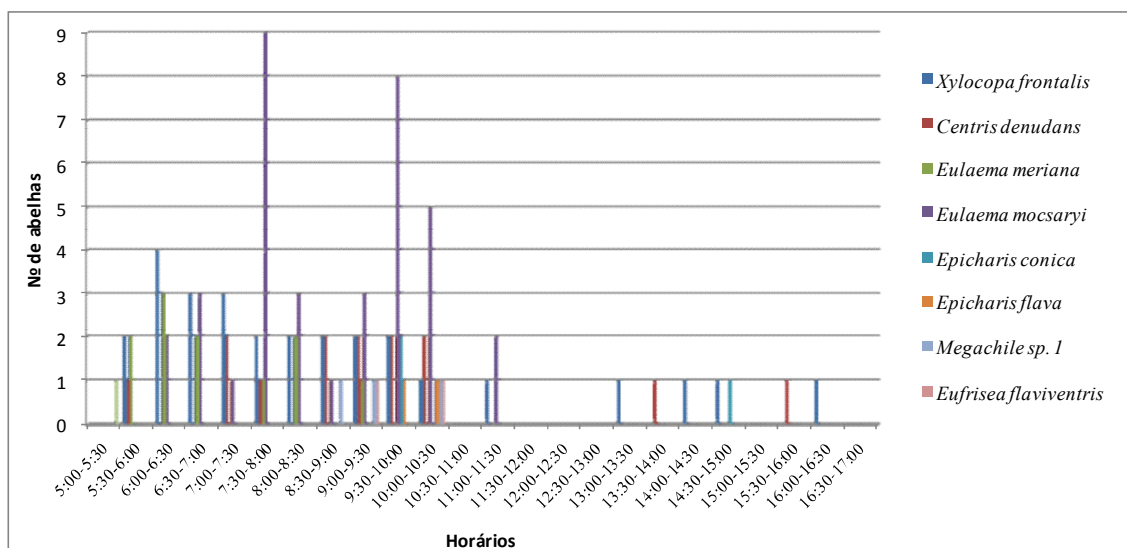


Figura 22: Frequência de abelhas nas flores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade Abufari (número de indivíduos a cada 30 minutos), quando 50% do cultivo estava florescendo.

Tabela 6: Número médio de flores visitadas (\pm Erro Padrão - E.P) por árvore de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade 609, na Floresta Amazônica, para dez espécies de abelhas. 2007.

| Espécies | Número de visitas | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-----|
| | n | X \pm E.P | |
| <i>Xylocopa frontalis</i> | 136 | 11,33 \pm 0,834 | abc |
| <i>Centris denudans</i> | 35 | 14,71 \pm 2,368 | bc |
| <i>Centris ferruginea</i> | 3 | 3,67 \pm 2,667 | c |
| <i>Eulaema meriana</i> | 17 | 15,1 \pm 2,358 | a |
| <i>Eulaema mocsaryi</i> | 72 | 4,36 \pm 0,514 | abc |
| <i>Eulaema mocsaryi (macho)</i> | 9 | 8,33 \pm 2,677 | abc |
| <i>Epicharis conica</i> | 8 | 2,75 \pm 0,773 | c |
| <i>Epicharis flava</i> | 7 | 4,43 \pm 1,288 | bc |
| <i>Epicharis zonata</i> | 9 | 1,67 \pm 0,289 | c |
| <i>Eufrisea flaviventris</i> | 6 | 7,33 \pm 3,373 | abc |
| <i>Bombus transversalis</i> | 3 | 6,33 \pm 2,963 | abc |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p > 0,01$).

Tabela 7: Tempo médio (\pm Erro Padrão - E.P) gasto por espécie de abelha por visita às flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, variedade 609, na Floresta Amazônica, para doze espécies de abelhas. 2007.

| Espécies | Tempo gasto por visita | | |
|---------------------------------|------------------------|--------------------|-----|
| | n | X \pm E.P | |
| <i>Xylocopa frontalis</i> | 64 | 11,63 \pm 0,754 | bcd |
| <i>Centris denudans</i> | 64 | 11,96 \pm 0,736 | bcd |
| <i>Centris americana</i> | 4 | 7,73 \pm 0,694 | cd |
| <i>Centris ferruginea</i> | 31 | 9,14 \pm 0,854 | cd |
| <i>Eulaema meriana</i> | 57 | 16,05 \pm 1,204 | bc |
| <i>Eulaema mocsaryi</i> | 48 | 15,34 \pm 1,488 | bc |
| <i>Eulaema mocsaryi (macho)</i> | 55 | 5,68 \pm 0,265 | d |
| <i>Epicharis conica</i> | 7 | 18,39 \pm 2,714 | bcd |
| <i>Epicharis flava</i> | 45 | 11,86 \pm 1,354 | bcd |
| <i>Epicharis zonata</i> | 3 | 31,38 \pm 13,090 | a |
| <i>Eufrisea flaviventris</i> | 58 | 5,96 \pm 0,983 | d |
| <i>Eufrisea purpurata</i> | 4 | 14,54 \pm 5,809 | bcd |
| <i>Bombus transversalis</i> | 42 | 27,61 \pm 1,928 | a |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p > 0,01$).

A espécie *Apis mellifera* estava presente na copa em pequenas quantidades, sendo o início da manhã o horário em que se encontrava mais freqüente. Em função do seu porte pequeno e pouco vigor físico limitava-se a sobrevoar as flores e coletar pequena quantidade de pólen que, porventura, era deixado nas pétalas e/ou lígula pelas outras abelhas visitantes.

Frieseomelitta longipes encontrava-se nas árvores durante todo o período da manhã e em maiores quantidades que *A. mellifera* e, pelas mesmas razões que esta, não conseguia acessar os recursos florais. Entretanto, *F. longipes* tinha o comportamento de tentar coletar o pólen das corbículas das outras espécies maiores no momento em que as mesmas estavam visitando as flores (Figura 23), fazendo com que, muitas vezes, essas abelhas maiores abandonassem a flor.



Figura 23: Abelha *Frieseomelitta longipes* tentando coletar pólen das corbículas de *Eulaema mocsaryi* ao visitar a flor de *Bertholletia excelsa* em cultivo no município de Itacoatiara-AM.

Além de abelhas, foram observados visitando a flor da castanheira, borboletas, mariposas e beija-flores. As borboletas pousavam sobre a flor e introduziam a probóscide para coletar néctar, não tendo horário definido para visitar as flores. As mariposas foram observadas visitando no horário de 4:30 h da manhã, sem haver pouso na flor, mantendo-se no ar batendo asas e penetrando apenas a glosa na flor para coletar néctar. Os beija-flores também visitavam a flor, sem horário definido, pairando no ar e introduzindo o bico para coleta de néctar.

5.5 Requerimentos de polinização

Os resultados de requerimentos de polinização de *B. excelsa* em cultivo, no município de Itacoatiara, mostraram que no tratamento onde as flores foram isoladas com saco de filó não vingou fruto, indicando a necessidade de polinizadores bióticos para a realização desse processo. A mesma ausência de vingamento foi verificada nos testes de autopolinização, mostrando a necessidade de pólen cruzado para a formação e desenvolvimento do fruto. O não vingamento de frutos observado na polinização por abelhas com uma única visita, evidencia a necessidade de a flor receber mais de uma visita pelas abelhas polinizadoras para que haja a formação do fruto. Através da geitonogamia, observou-se um percentual de vingamento muito baixo: apenas 3,85%, estatisticamente semelhante à polinização livre ($p > 0,05$). Isso demonstra que a espécie admite esse tipo de polinização, mas em pequena proporção para vingamento inicial. Já para a polinização cruzada manual, foram encontrados os maiores valores ($p > 0,01$): 19,33% das flores vingaram frutos (Tabela 8), demonstrando que a castanheira-do-brasil tem maior sucesso reprodutivo com esse tipo de polinização, uma forma de garantir a perpetuação da espécie com a maior variabilidade genética possível. Na polinização livre foi encontrado apenas 3,05% de vingamento, evidenciando uma deficiência de polinizadores na área em questão, e/ou os polinizadores presentes não estão sendo eficientes no processo de polinização. Essa ineficiência pode estar associada à quantidade de pólen depositado no estigma necessário para fertilizar os óvulos, sendo necessário um maior número de visitas na mesma flor e/ou, a abelha ter que estar com maior quantidade de pólen aderido nas regiões do corpo que entrarão em contato com o estigma da flor a ser visitada. Esses resultados são bem superiores aos observados por LIMA, citado por PINHEIRO E ALBUQUERQUE (1968) e ZUIDEMA (2003). Isso

pode ser devido o fato de ter-se trabalhado com o vingamento inicial (Figura 24), havendo a possibilidade de abortos até completado todo o ciclo de desenvolvimento do fruto e, os referidos autores terem trabalhado com vingamento final, o qual envolve todo o ciclo de maturação do fruto.

Tabela 8: Vingamento inicial de frutos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em flores submetidas à polinização livre, isoladas com filó, cruzada manual, autopolinização manual, geitonogamia e por única visita de abelhas. Itacoatiara-AM, 2007.

| Tratamentos | n | Frutos vingados | % vingamento |
|----------------------------|----------|------------------------|---------------------|
| Polinização livre | 655 | 20 | 3,05 b |
| Polinização restrita | 326 | 0 | 0 |
| Polinização cruzada manual | 159 | 29 | 19,33 a |
| Autopolinização | 98 | 0 | 0 |
| Geitonogamia | 78 | 3 | 3,85 b |

Valores seguidos por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

Esses resultados sugerem que a *B. excelsa* seja uma espécie de polinização cruzada (alógama), necessitando assim de agentes bióticos (abelhas) para vingamento de frutos e formação de sementes, mesmo admitindo pequenas proporções de autopolinizações (geitonogamia).



Figura 24: Diâmetro do fruto de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo, considerado vingado (vingamento inicial) e coletado para análises laboratoriais.

Portanto, há a necessidade de mais estudos no sentido de determinar os limites das áreas de cultivo de forma que promova atratividade às espécies de abelhas, mas também não favoreça tanto a dispersão das mesmas na área.

Em todos os tratamentos houve germinação do pólen e desenvolvimento do tubo polínico (Figura 25). Essa germinação ocorreu na superfície do estigma, entre as papilas estigmáticas, com os tubos polínicos direcionando-se ao tecido transmissor do estilete.

Isso sugere que a auto-incompatibilidade existente na espécie, provavelmente, ocorra após a etapa de reconhecimento do pólen pelas proteínas presentes no estigma.

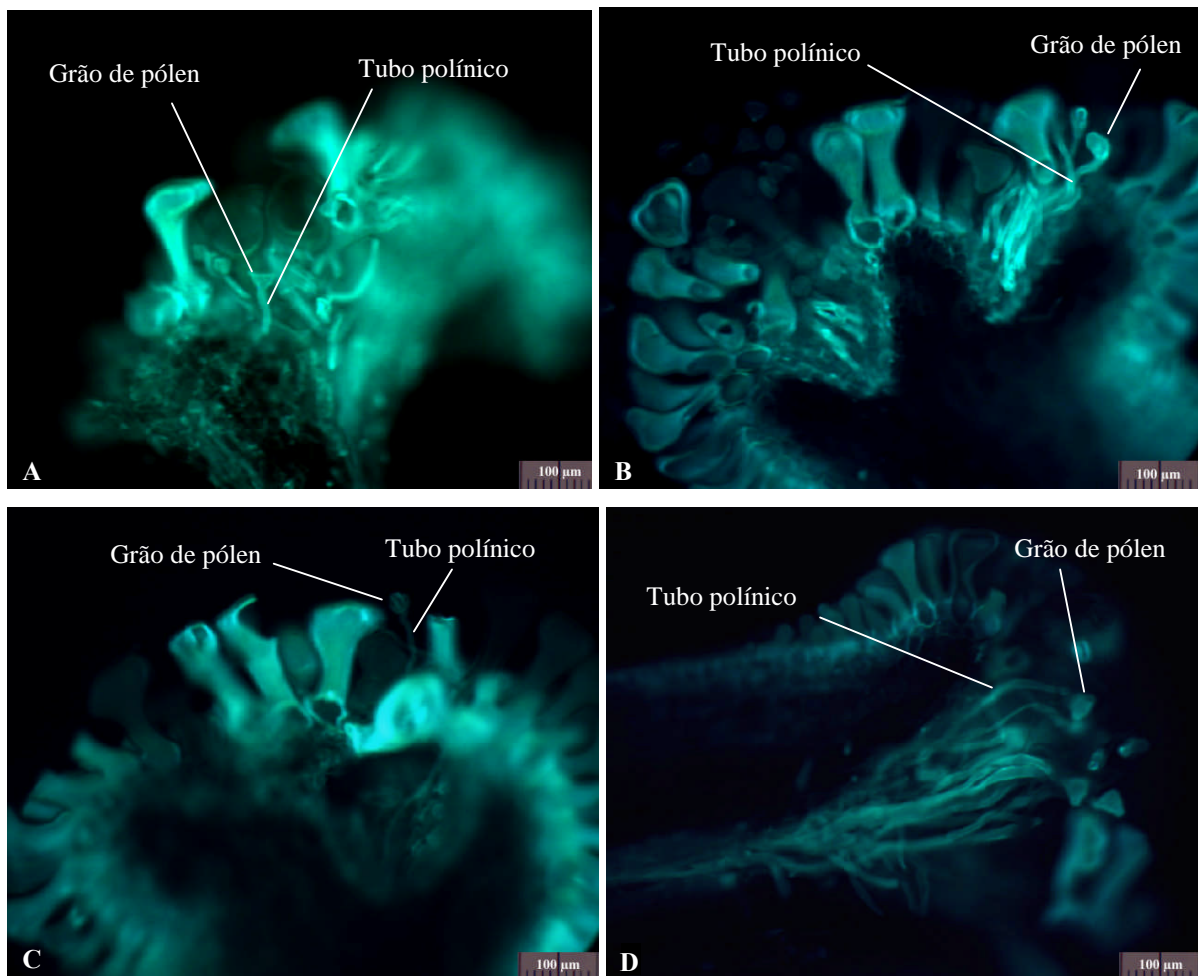


Figura 25: Microscopia de fluorescência em estigmas de flores de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo no município de Itacoatiara-AM: A) Autopolinização (72h após polinização); B) Polinização cruzada (24h após polinização); C) Geitonogamia (24h após polinização); D) Polinização livre (24h após polinização). (Corante: Solução de calcofluor).

5.6 Análises laboratoriais

5.6.1 Quantidade de sementes por fruto

Os resultados mostraram que houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$), entre os tratamentos, para o número de sementes viáveis, onde a polinização livre e polinização cruzada foram semelhantes e superiores a geitonogamia (Tabela 9). Isso denota a importância da polinização livre que é realizada por abelhas assim como a

importância da polinização com pólen cruzado. Mesmo admitindo pequena quantidade de autopolinizações, *B. excelsa* tem mais sucesso reprodutivo com a polinização cruzada, processo importante na manutenção do fluxo genético na Floresta Tropical (MAUÉS, 2002). Entretanto, para o número de óvulos não fecundados não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos, mostrando que essa característica não é influenciada pelo tipo de polinização. Mesmo havendo o vingamento inicial através da autopolinização, essa percentagem média de fecundação de óvulos (42,31 %) pode não ser suficiente para induzir a concentração de auxinas que assegure a frutificação. MÜLLER *et al.* (1980), estudando a fecundação dos óvulos em flores de polinização livre de *B. excelsa*, verificou que frutos colhidos com diâmetro superior a 2,0cm possuíam percentuais médios de fecundação de 85,3%. Sugerindo que esse seria o valor mínimo para que haja a indução da concentração de auxinas que assegure a frutificação. Entretanto, segundo os mesmo autores, a concentração de fitormônios pode variar entre plantas da mesma espécie.

Assim, os valores médios de percentagem de fecundação para polinização livre e polinização cruzada manual obtidos no presente trabalho podem ser suficientes para assegurar a frutificação. Portanto, há necessidade de estudos mais aprofundados no que diz respeito ao diâmetro e percentual de óvulos fecundados necessários para proporcionar o desenvolvimento e maturação do fruto de *B. excelsa*.

Tabela 9: Número de sementes, número de óvulos não fecundados e número de lóculos nos frutos de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) coletados aos 25 dias após os testes de polinização, para os tratamentos de polinização livre, polinização cruzada manual e geitonogamia.

| <i>Tratamentos</i> | <i>n</i> | <i>Nº de sementes</i> | <i>Nº de óvulos não fecundados</i> | <i>Nº de lóculos</i> | <i>% fecundação</i> |
|----------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | <i>X ± e.p</i> | <i>X ± e.p</i> | <i>X</i> | |
| Polinização livre | 10 | 14,2 ± 0,593 a | 7,3 ± 0,700 a | 4,10 | 65,89 |
| Polinização cruzada manual | 18 | 12,0 ± 0,719 a | 6,4 ± 0,759 a | 4,06 | 65,06 |
| Geitonogamia | 3 | 7,3 ± 0,667 b | 10,0 ± 0,577 a | 4,00 | 42,31 |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

6 CONCLUSÕES

Os principais visitantes florais da castanheira-do-brasil sob cultivo na Floresta amazônica são 19 espécies de Himenópteros, das Famílias Anthophoridae, Apidae e Megachilidae, dos quais, 16 podem ser consideradas potenciais polinizadoras da espécie vegetal.

Devido a frequência, abundância e comportamento de forrageio, as espécies *Eulaema mocsaryi* e *Xylocopa frontalis* podem ser considerados os principais visitantes florais e potenciais polinizadores da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) sob cultivo no município de Itacoatiara-AM.

O cultivo da castanheira-do-brasil na Floresta Amazônica mantém a diversidade de visitantes florais e polinizadores potenciais similares à de agrupamentos nativos dessa espécie, provavelmente em função da floresta do entorno e das faixas de mata secundária dentro do cultivo, que promove ambiente propício para manutenção dos polinizadores potenciais no período de não florescimento da cultura.

Embora a espécie em cultivo admita certo percentual de geitonogamia (3,85%), *B. excelsa* produz, significativamente, mais frutos através da polinização cruzada (19,33%), dependendo das abelhas grandes para realizá-la.

A cultura encontrava-se com déficit de polinização, uma vez que o percentual de vingamento inicial da polinização livre foi muito inferior ao potencial da cultura, que atingiu 19,33% de vingamento inicial.

O tamanho das áreas cultivadas com a castanheira-do-brasil não constituiu dificuldades para seus polinizadores, uma vez que essas abelhas normalmente voam longas distâncias entre agrupamentos isolados de castanheiras nativas em busca dos seus recursos florais.

O grande tamanho das áreas cultivadas com castanheira-do-brasil parece constituir problema para a cultura porque embora a diversidade de visitantes florais

aumente com o progresso da florada, a abundância de abelhas em cada árvore diminui e essa pode ser a razão para o déficit de polinização observado no cultivo estudado.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABSY, M. L.; CAMARGO, J. M. F.; KERR, W.E.; MIRANDA, I. P. A. 1984. **Espécies de plantas visitadas por Meliponinae (Hymenoptera, Apidae) para coleta de pólen na região do médio Amazonas.** *Revista Brasileira de Biologia* 44(2): 227-237.
- ALVES, J. E. 2000. **Eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.).** 140f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.
- ARAÚJO, A. P. de; JORDY FILHO, S; FONSECA, W. N. da. 1986. **A vegetação da Amazônia brasileira.** In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, I, Belém. 1984. Anais... Belém: EMBRAPA/CPATU. 6 v. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 36) p.135-144, v2.
- ARGOLO, V.; WADT, L.H.O. de. 2003. **Abelhas visitantes de flores de *Bertholletia excelsa* em área de plantio e floresta nativa – Rio Branco Acre.** In: VI CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Fortaleza. Anais de trabalhos completos. Fortaleza: Editora da Universidade do Ceará.
- BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. 2003. **Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (*Solanaceae*) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco.** *Acta Botânica Brasileira*, v.17, n.2, p. 247–257.
- CAMILLO, E. 1978. **Polinização do maracujazeiro.** Anais do II Simpósio sobre a cultura do Maracujazeiro. Jaboticabal, SP, p. 32-39.
- CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. 2000. **Conservação do leite de castanha-do-Pará.** *Cie. agric.*, v. 57, n. 4, p. 617.

- CORNEJO, F. 2003. **Historia natural de Castaña (*Bertholletia excelsa*: *Lecythidaceae*) y tecnicas para su manejo**. 50 p. Published by Asociación para Conservación de la Cuenca Amazonica, Lima, Peru, and The Amazon Conservation Association, Washington, DC.
- CORRÊA, M. PIO. 1931. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e da exótica cultivada**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, v. 2, p. 129-131.
- CYMERYS, M.; WADT, L.H.O.; KAINER, K.A.; ARGOLO, V.M. 2005. **Castanheira (*Bertholletia excelsa* H.&B.)**. In: Shanley, P.; Medina, G. (Ed). *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Belém: Cifor; Imazon, p. 61-73.
- ENDRESS, P. K. 1994. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. New York, Cambridge University. 511p.
- EMBRAPA. 2005. **Cultivo da Castanha-do-Brasil em Rondônia**. Sistemas de Produção, 7. ISSN 1807-1805. Versão Eletrônica disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Castanha/CultivodaCastanhadoBrasilRO/index.htm>
- FAO. 2004. **Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response**. In: Freitas, B.M.; Pereira, J.O.P. (eds.) *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária. Fortaleza, Brasil. p. 19-2.
- FREE, J.B. 1993. **Insect pollination of crops**. 2º ed. Academic Press, Londres - Reino Unido. 684 pp.
- FREITAS, B.M. 1994. **Beekeeping and cashew in north-eastern Brazil: the balance of honey and nut production**. *Bee World* 75(4): 168-177.
- FREITAS, B.M. 1995. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. 197p. Tese (PhD em Abelhas e Polinização) - University of Wales, Cardiff, UK.

- FREITAS, B.M. 1995 **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica Borkh*) and cashew (*Anacardium occidentale L.*)** University of Wales, Cardiff - Reino Unido. 197 pp. (Tese de PhD).
- FREITAS, B.M. 1996a. **A polinização do cajueiro.** In: SOUZA, D.C.; PEREIRA, F. de M.; ALCOFORADO FILHO, F.G.; BATISTA, M. das G. de S. (Orgs.) Anais do XI Cong. Brasil. de Apicultura. Pp. 143-156.
- FREITAS, B.M. 1996b. **Pasto apícola: Volume, concentração e açúcar total do néctar secretado por flores de distintos materiais genéticos de cajueiro (*Anacardium occidentale L.*).** Anais da XXXIII Reunião Anual da Soc. Brasil. de Zootecnia, Vol. 2. Pp. 395-397.
- FREITAS, B.M. 1997. **Number and distribution of cashew (*Anacardium occidentale*) pollen grains on the bodies of its pollinators, *Apis mellifera* and *Centris tarsata*.** J. Apic. Res. 36(1): 15-22.
- FREITAS, B. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 2005. **A importância econômica da polinização.** Mensagem Doce, São Paulo, v.80, p.44-46.
- FREITAS, B.M. & PAXTON, R.J. 1996. **The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil.** J. Agric. Sci., Camb. 126: 319-326.
- FREITAS, B.M.& PAXTON, B.M. 1998. **A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil.** Journal of Applied Ecology, v. 35, p. 109-121.
- GAHAN, P. B. 1984. **Plant Histochemistry and Cytochemistry an Introduction.** Academic Press – London. 301p.

- HARDER, L.D.& THOMSON, J.D. 1989. **Evolutionary options for maximizing pollen dispersal of animal-pollinated plants** *Amer. Naturalist* 133: 323-344.
- IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura.** 2006. (http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola)
- JANZEN, D.H., 1971. **Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants.** *Science*, 171: 203-205.
- KENMORE, P.& KRELL, R. 1998. **Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management.** In: International Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees. 7-9 de Outubro de 1998, São Paulo, Brasil.
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M., 1998. **Endangered mutualisms: the conservation of plant pollinator interactions.** *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, p. 83–112.
- KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2002. **Pollinating bees: the conservation link between Agriculture and Nature.** Brasília, DF: Ministry of Environment, 313p.
- KERR, W.E.; CARVALHO, G.A.; SILVA, A.C.; ASSIS, M.G.P. 2001. **Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica.** *Parcerias Estratégicas*, nº 12 : pp 20-41.
- KREMEN, C., WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. 2002. **Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification.** *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 99, 16812–16816.
- KREMEN, C., WILLIAMS, N.M., AIZEN, M.A., GEMMILL-HERREN, B., LEBUHN, G., MINCKLEY, R. 2007. **Pollination and other ecosystem services**

produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol. Lett.*, 10, 299–314.

LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, E. 2002. **Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation.** *Conservation Biology*, Boston, v. 13, n. 3, p. 605-618

LEITE, A.V. & MACHADO, I.C. 2007. **Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinizadores de duas espécies simpátricas de Marantaceae em um fragmento de Floresta Atlântica, Nordeste do Brasil.** *Rev. bras. Bot.*, abr./jun., vol.30, no.2, p.221-231. ISSN 0100-8404.

LEVIN, D.A. 1978. **Pollination behavior and the breeding structure of plant populations**, p.133-150. In A.J. Richards (ed.), *The pollination of flowers by insects*. London, Lennean Society of London by Academic Press, 213p.

LIMA, R.A. 1962. Relatório da Seção de Fitotecnia do IPEAN. Belém, IPEAN.

LOCATELLI, M.; MARTINS, E.P.; VIEIRA, A H.; PEQUENO, P.L. de L.; SILVA FILHO, E.P.; RAMALHO, A.R.. 2002. **Plantio de castanha-do-Brasil: uma opção para reflorestamento em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA:CPAF-Rondônia. (Recomendações Técnicas, 60).

LOCATELLI, M.; MARTINS, E.P.; VIEIRA, A H.; PEQUENO, P.L. DE L. 2003. **Estimativa de crescimento em diâmetro de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) cultivada no Estado de Rondônia.** Porto Velho, Embrapa Rondônia. 4p. (Circular Técnica 63).

LOUREIRO, A. A. & SILVA, M. F. 1968. **Catálogo das madeiras da Amazônia.** Belém: SUDAM. v. 1, p. 238-239.

- MARQUES-SOUZA, A.C. 1999. **Características da coleta de pólen de alguns meliponíneos da Amazônia Central**. Manaus: Fundação Universidade do Amazonas/INPA. 250p. (Tese - Doutorado).
- MARQUES-SOUZA, A.C.; ABSY, M.L.; CONDÉ, P.A.A.; COELHO, H.A. 1993. **Dados da obtenção de pólen por operárias de *Apis mellifera* no município de Ji-Paraná (RO) Brasil**. Acta Amazonica,23(10): 59-76.
- MARTIN, F. W. 1959. **Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence**. Stain Technology, v. 34, p. 125-128.
- MARTINS C. G. M.; LORENZON M. C. A.; BAPTISTA J. L. 1999. **Eficiência de tipos de polinização em acerola. Caatinga**. Dezembro.12(1/2): 55-59.
- MAUÉS, M. M. & OLIVEIRA, F. C. 1996. **Ecologia da polinização da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) no estado do Pará**. Congresso de Ecologia do Brasil Manejo de Ecossistemas e Mudanças Globais: Resumos. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, 539p.
- MAUÉS, M. M. 2002. **Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb.& Bonpl.) in eastern Amazônia**. In: Kevan P & Imperatriz fonseca. Pollinating Bees-The conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.245-254, 2002.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO. 2002 **Projeto de monitoramento da castanha-do-brasil. Relatório de atividades**. Brasília: MAPA, 60p.
- MORI, S.A.; PRANCE, G.; BOLTEN, A.B. 1978 **Additional notes on the floral biology of Neotropical Lecythidaceae**. Brittonia. 30(2): 113-30.

- MORI S.A.; SILVA, L.A.M.; SANTOS, T.S. 1980 **Observações sobre a fenologia e biologia floral de *Lecythis pisonis* Cambess. (Lecythidaceae)**. Revista Theobroma; 10(3): 103-11.
- MORI, S.A. & PRANCE, G.T., 1990. **Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb And Bonpl.: Lecythidaceae)**. Adv. Econ. Bot. 8, 130–150.
- MORITZ, A. 1984. **Estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-do-brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental**. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 29).
- MÜLLER, C.H.; RODRIGUES, I.A; MÜLLER, A.A.; MÜLLER, N.R.M.. 1980. **Castanha-do-Brasil, resultados de pesquisa**. Belém, EMBRAPA-CPATU. Miscelânea, n.2.
- NABHAN, G.P.; BUCHMANN, S.L. 1997. **Services provided by pollinators**. Pp. 133-50. In: G.C. Daily (ed.). Nature's service: Societal dependence on natural ecosystems. Washington, D.C., Island.
- NASCIMENTO, C.N.B. do. 1984. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém, EMBRAPA-CPATU. 282p. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 27).
- NELSON, B.W., M.L. ABSY, E.M. BARBOSA,; G.T. PRANCE. 1985. **Observation on flower visitors to *Bertholletia excelsa* H.B.K and *Couratari tenuicarpa* A.C. Sm. (Lecythidaceae)**. Acta Amazonica 15:225-234.
- NEVES, C. A. das. 1938. **A Castanheira do Pará**. Rev. de Agricultura, Piracicaba, 13 (10-12): 463-476.
- ORTIZ, E. 2002. **Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*)**. En: A. Guillen, S.A. Laird, P. Shanley; A.R. Pierce (eds.). Tapping the green market: certification and management of non-timber forest products. Earthscan.

- OSBORNE, J. L.; WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A. 1991. **Bees, pollination and habitat change in the European Community**. *Bee World*, n.72, p.99-116.
- PINHEIRO, E. & ALBUQUERQUE, M. de. 1968. **Castanha-do-pará**. In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Livro anual da agricultura. Brasília. P. 224-33.
- PRANCE, G.T. & MORI, S.A. 1979. **Lecythidaceae**. *Flora Neotropica*, v. 21, n. 1, p 1-270.
- RENNER, C. 1986. **Biologia reprodutiva de *Bellucia grossularoides* (Melastomataceae) na região de Manaus**. Teses de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas, 118pp.
- RICKETTS, T.H; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL-HERREN, B.; GREENLEAF, S.S; KLEIN, A.M; MAYFIELD, M.M; MORANDIN, L.A; OCHIENG, A; VIANA. B.F. 2008. **Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?**, *Ecology Letters*, 11, 499-515.
- SANTIAGO, F.F. 1994. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Bixa orellana* L. (Urucum) na Amazônia Central**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas, 95pp.
- SHANLEY, P.; CYMERYYS, M.; GALVÃO, J. (Ed) 1998. **Frutíferas da mata na vida amazônica**. Belém: Imazon, 1998. p. 21-27.
- SILVA, F.A. 2002. **Aplicação de microondas no processo de beneficiamento de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. Campinas. Tese (Mestrado), Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

- SOUSA, R. M. 2003. **Polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) por abelhas melíferas (*Apis mellifera*): Requerimentos da cultura e manejo das colônias.** 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- SPEARS, E.E. 1983 **A direct measure of pollinator effectiveness.** *Oecologia* (Berlin) 57: 196-199.
- STUBBS, C.S. & DRUMMOND, F.A. 2001 **Bees and Crop Pollination-Crisis, Crossroads, Conservation,** Thomas Say Publ. in Entomology: Proceedings, Entomological Society of America, Lanhan, MD, 156 p.
- TONINI, H. & ARCO-VERDE, M.F., 2004. **A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*): crescimento, potencialidades e usos.** EMBRAPA - Documento 03.
- VENTURIERI, G.A. 1994. **Floral biology of cupuassu [*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex. Sprengel Schumann)].** 211p. Ph.D Thesis. University of Reading, UK, Reading.
- VENTURIERI, G.C, RODRIGUES, S.T., PEREIRA, C.A.B. 2005. **As abelhas e as flores do açazeiro (*Euterpe oleracea* mart. - arecaceae)** Mensagem Doce 80.
- VIEIRA, L. S. & SANTOS, P.C.T.C. 1987. **Amazônia seus solos e outros recursos naturais.** Ed. Agronômica Ceres. São Paulo. 416 pp.
- VILHENA, A.M.G.F. & AUGUSTO, S.C. 2007. **Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (malpighiaceae) em área de cerrado no triângulo mineiro.** Biosci. J.,Uberlândia, v. 23, Supplement 1, p. 14-23
- WILLIAMS, I.H.; CORBET, S.A.; OSBORNE, J.L. 1991. **Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community.** *Bee World* 72(4): 170-180.

WILLIAMS, N. H. & WHITTEN, M.W. 1983. **Orchid floral fragrances and male euglossine bees: methods and advances in the last sesquidecade** Biol Bull. 164: 355-395.

YARED, J.A.G. 1990. **Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO; 6, Campos do Jordão. Anais... Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1990 V. 1 p. 119-122.

ZIMMERMAN, M. 1988. **Nectar production, flowering phenology, and strategies for pollination**. In: Lovett Doust J, Lovett Doust L (eds) Plant Reproductive Ecology. Oxford University Press: Oxford, pp 157–178.

ZUIDEMA, P.A. 2003. **Demography and management of the brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*)**. Riberalta: PROMAB, scientific series 6, 111 p. (Disponível em http://www.promab.org/index_esp.html)

ANEXOS

ANOVA

Número de sementes

| | S.Q | g.l | Q.M | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|--------|-------|------------|
| Tratamentos | 111,669 | 2 | 55,834 | 8,131 | 0,002 (**) |
| Resíduo | 192,267 | 28 | 6,867 | | |
| Total | 303,935 | 30 | | | |

(**) significativo

Número de óvulos não fecundados

| | S.Q | g.l | Q.M | F | p-valor |
|-------------|---------|-----|--------|-------|-----------|
| Tratamentos | 33,327 | 2 | 16,663 | 2,097 | 0,142(ns) |
| Resíduo | 222,544 | 28 | 7,948 | | |
| Total | 255,871 | 30 | | | |

Biologia floral

| Variáveis | | S.Q. | g.l | Q.M. | F | p-valor |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|-----|----------|--------|------------|
| Nº Inflorescência/ ramo | Entre grupos | 540,240 | 2 | 270,120 | 84,014 | 0,000 (**) |
| | Dentro do grupo | 694,482 | 216 | 3,215 | | |
| | Total | 1234,721 | 218 | | | |
| Nº Flores/ inflorescência | Entre grupos | 2314,117 | 2 | 1157,058 | 23,297 | 0,000 (**) |
| | Dentro do grupo | 8691,501 | 175 | 49,666 | | |
| | Total | 11005,618 | 177 | | | |
| Comprimento da inflorescência | Entre grupos | 274,960 | 2 | 137,480 | 7,892 | 0,001 (**) |
| | Dentro do grupo | 3118,189 | 179 | 17,420 | | |
| | Total | 3393,148 | 181 | | | |
| Nº Flores abertas/ infloresc/ dia | Entre grupos | 0,726 | 2 | 0,363 | 1,009 | 0,366 (ns) |
| | Dentro do grupo | 96,770 | 269 | 0,360 | | |
| | Total | 97,496 | 271 | | | |

(**) significativo