

A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização



A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização



Abelha mamangava, *Xylocopa aurulenta* (Apidae), abelha solitária.

A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização

AUTORES

Márcia Motta Maués

Cristiane Krug

Lúcia Helena Oliveira Wadt

Patrícia Maria Drumond

Marcelo Casimiro Cavalcante

Andréa Cristina Silva dos Santos

Funbio

Rio de Janeiro, 2015

Equipe técnica

PESQUISADORES

Cristiane Krug, Bióloga, Dra. em Entomologia Embrapa Amazônia Ocidental

Favízia Freitas de Oliveira, Bióloga, Dra. em Zoologia – UFBA

Francisco Plácido Magalhães, Eng. Agrônomo, Dr. em Ciências Biológicas (Botânica) – UFPA Altamira

Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Eng. Florestal Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas – Embrapa Acre

Marcelo Casimiro Cavalcante, Zootecnista, Dr. em Zootecnia – UFRPE

Márcia Motta Maués, Bióloga, Dra. em Ecologia – Embrapa Amazônia Oriental

Patrícia Maria Drumond, Bióloga, Dra. em Entomologia – Embrapa Acre

BOLSISTAS

Andréa Cristina Silva dos Santos, Eng^a Agrônoma, Embrapa Amazônia Oriental (CNPq e Funbio)

Fabício da Silva Corrêa, Eng^o Agrônomo, Embrapa Amazônia Oriental (CNPq e Funbio)

Francisco Pacheco Júnior, Biólogo, Embrapa Acre (CNPq)

Igor Martins do Nascimento, Graduando em Agronomia, UFPA Altamira (CNPq)

Irael Seixas de Menezes, estudante de Ensino Médio, Faz. Aruanã (Funbio)

Jean Fonseca Serrão, estudante de Ensino Médio, Faz. Aruanã (Funbio)

Jhuly Themys Alves de Souza, estudante de Ensino Médio, Embrapa Amazônia Oriental (Funbio)

Ligimara de Brito Ramos, graduanda em Biologia, Uninorte (CNPq)

Lilian Maria da Silva Lima, Bióloga, (CNPq/Embrapa Acre)

Luena da Silva Muniz da Costa, Bióloga, Embrapa Acre (Funbio)

Ronaldo Pereira Chaves, estudante de Ensino Médio, Faz. Aruanã (Funbio)

Suzana Vielmont Sozar Pereira, Bióloga, Embrapa Amazônia Oriental (Funbio)

Talyanne do Socorro Araújo Moura, Bióloga, Embrapa Amazônia Oriental (Funbio)

Valéria Rigamonte Azevedo, Bióloga, M.S., Embrapa Acre (CNPq)

TÉCNICOS

Fernanda Fonseca, Bióloga,
Embrapa Acre

Francisco Gomes da Silva Frota,
Embrapa Amazônia Oriental

João Batista Ferreira, Embrapa
Amazônia Oriental

PARCERIAS

Michinori Konagano, Eng. Agrônomo
– Produtor Rural e Presidente da
Cooperativa agrícola Mista de Tomé-Açu
(CAMTA);

Sérgio Vergueiro, Eng. Agrônomo –
Diretor Geral da Agropecuária Aruanã S/A;

Tomio Sasahara, produtor rural – SAF
com castanha-do-brasil em Tomé-Açu-PA;

APOIO FINANCEIRO

Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico
e Tecnológico – CNPq

Fundo Brasileiro para a
Biodiversidade – Funbio

GEF/UNEP/FAO/MMA INSTITUIÇÕES PARCEIRAS

Embrapa Amazônia Ocidental
(CPAA, Manaus), Laboratório de
Entomologia
www.cpaa.embrapa.br
Embrapa Amazônia Oriental
(CPATU, Belém/PA), instituição executora.
Laboratório de Entomologia
www.cpatu.embrapa.br
Embrapa Acre
(CPAFAC, Rio Branco/AC). Laboratório de
Biologia Molecular – LabMol
www.cpac.embrapa.br
Universidade Federal do Pará –
Campus de Altamira
(UFPA Altamira, Altamira/PA).
Laboratório de Palinologia
www3.ufpa.br/altamira/
Universidade Federal da Bahia
(UFBa, Salvador/BA).
Laboratório de Bionomia, Biogeografia
e Sistemática de Insetos
www.ufba.br
Agropecuária Aruanã S/A
(Itacoatiara/AM).
www.agropecuariaaruana.wordpress.com

Cooperativa Agrícola Mista de
Tomé-Açu
(C.A.M.T.A., Quatro-Bocas, Tomé-Açu/PA)
www.camta.com.br
Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico
e Tecnológico (CNPq)
www.cnpq.br
Ministério do Meio Ambiente
(MMA)
www.ministeriodomeioambiente.gov.br
Fundo Brasileiro para a
Biodiversidade (Funbio)
www.funbio.org.br
UNEP/GEF/FAO Global Pollinator
Project
[www.internationalpollinatorsinitiative.org/
jsp/globalpollproject.jsp](http://www.internationalpollinatorsinitiative.org/jsp/globalpollproject.jsp)

Este material foi produzido pela Rede de Pesquisa da Polinização da Castanheira-do-Brasil como parte do Projeto “Conservação e Manejo dos Polinizadores para a Agricultura Sustentável, através da Abordagem Ecosistêmica”. Esse Projeto é apoiado pelo Fundo Global para o Meio ambiente (GEF), sendo implementado em sete países: África do Sul, Brasil, Gana, Índia, Nepal, Paquistão e Quênia. O Projeto é coordenado em nível Global pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). No Brasil, é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO).

Catálogo na Fonte
Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio

C341 A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização / Márcia Motta Maués... [et al.]. – Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

84 p. : il. color.
ISBN 978-85-89368-29-2

1. Agricultura. 2. Polinização por inseto. 3. Castanheira-do-brasil. 4. Castanheira-do-pará. I. Márcia Motta Maués. II. Título.

CDD 634.1

Ficha técnica

COORDENAÇÃO EDITORIAL
Ceres Belchior
Vanina Zini Antunes de Mattos
Danielle Calandino

REVISÃO TÉCNICA
Ceres Belchior
Comitê Editorial do MMA
Vanina Zini Antunes de Mattos

REVISÃO ORTOGRÁFICA
Danúbia Cunha
Danielle Calandino

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Luxdev

EDITOR
Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
– FUNBIO

A reprodução total ou parcial desta obra é permitida desde que citada a fonte. VENDA PROIBIDA.

Introdução	8
Histórico e cenário da produção de castanheira-do-brasil	14
Descrição da espécie	18
Plantio, manejo e tratos culturais	23
Fenologia	27
Cultivo: sistemas agroflorestais e monocultivo	32
Biologia floral	43
O que é polinização?	46
Visitantes florais e polinizadores	52
É possível criar e manejar os polinizadores da castanheira-do-brasil?	68
Práticas amigáveis aos polinizadores	70
Agradecimentos	76
Referências bibliográficas	77

Introdução

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), também conhecida como castanheira-do-pará, é uma das mais exuberantes árvores da Floresta Amazônica.

Pertence à família Lecythidaceae, com cerca de 300 espécies distribuídas em 25 gêneros, dos quais apenas 150 espécies e 10 gêneros ocorrem no Brasil (Nascimento *et al.* 2010). Ocorre em agrupamentos chamados castanhais, concentrados principalmente na Amazônia brasileira, no planalto que separa a bacia formada pelos afluentes do baixo Amazonas, alto Tocantins e alto Moju, e em terras altas ao norte do rio Jari, no estado do Pará e nos estados do Amazonas e Acre (Müller 1995). Fora do Brasil, a espécie é encontrada no Peru, Bolívia, Venezuela, Guianas e Colômbia (Mori & Prance 1990). As populações naturais de casta-

nheira são densamente distribuídas em agrupamentos de 50-149 árvores (Peres & Baider 1997), mas podem ocorrer também com uma distribuição mais aleatória (Wadt *et al.* 2005). A produção de frutos é bastante variável entre anos para uma mesma árvore como também entre árvores em um mesmo ano; há relato na literatura de castanheiras que produzem mais de 800 frutos por árvore (em média 66,2/árvore) (Kainer *et al.* 2007).

De acordo com Diniz & Bastos (1974) a castanheira é encontrada em áreas com precipitação média anual de 1.400 a 2.800 mm, temperatura

anual média de 24 a 27° C e umidade relativa anual média de 79 a 86%. No leste da Amazônia a média de chuvas e umidade relativa do ar estão dentro ou perto dos limites inferiores desses intervalos mencionados, e a espécie é submetida a 2-7 meses de déficit hídrico (período seco = inferior a 100 mm de precipitação/mês). Dessa forma, Müller (1981) sugeriu que a castanheira-do-brasil requer dois a cinco meses de pouca chuva para se desenvolver adequadamente.

Os frutos da castanheira são lenhosos de forma esférica (arredondada), e chamados popularmente de ouriços. Em

condições naturais, os frutos são abertos pela fauna, sendo a cutia (*Dasyprocta* spp.) o animal mais comumente associado.

As cutias são roedores que se alimentam de sementes, desempenhando assim um papel importante na dispersão e na regeneração natural dessa espécie (Prance & Mori 1979; Terborgh et al. 1993; Baider 2000), embora alguns estudos sugiram influência do homem na distribuição dos castanhais de origem considerada natural (Balée 1989; Scoles & Gribel 2011). As sementes (20 a 25 por fruto) são angulosas e têm um tegumento (estrutura que encobre a semente) endurecido, contendo em seu interior a

amêndoa, que possui a maior utilidade e valor econômico, servindo para fins alimentícios, devido ao seu alto valor biológico, sendo chamadas de carne vegetal (Borges 1967), face à quantidade e qualidade dos aminoácidos que apresenta (Müller 1981).

Trata-se de um produto extrativista e não-madeireiro cujo comércio doméstico e internacional foi estabelecido há mais de 120 anos. O comércio e a indústria de castanha são atividades social e ecologicamente corretas, pois aumentam a renda dos produtores extrativistas e promovem a conservação de grandes extensões da floresta

amazônica (Zuidema & Boot 2002).

A metodologia para cultivo de *B. excelsa* em larga escala foi desenvolvida por Müller e colaboradores na Embrapa Amazônia Oriental, Belém, na década de 1980, (Müller *et al.* 1980; Müller 1981) e vem sendo adotada desde então por alguns produtores. Existem plantios de castanheira em Sistemas Agroflorestais (SAFs) e em áreas contínuas de monocultivo de larga escala (Cavalcante *et al.* 2012). Atualmente vem sendo discutida a economicidade do plantio de castanheiras em monocultivos, em SAFs ou na recomposição de Áreas de

Reserva Legal e de Preservação Permanente, seja em pé franco ou com enxertia (Homma *et al.* 2014). Entretanto, pouco se fala sobre a eficiência dos agentes polinizadores nesses sistemas, especialmente com relação à restrição da frutificação por falta de polinização adequada. Como a castanheira é uma espécie que depende da polinização cruzada para a formação dos frutos e sementes, e seus principais polinizadores são abelhas dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Xylocopa*, *Eulaema*, *Eufriesea* e *Epicharis* (Müller *et al.* 1980; Maués 2002; Cavalcante *et al.* 2012), conhecidas como mamangavas, é fundamental oferecer condições para que esses polini-

zadores estejam presentes nas áreas de cultivo.

Para evitar o decréscimo nas populações de polinizadores naturais em plantações comerciais e, consequentemente, a baixa produção de frutos, faz-se necessário buscar alternativas para garantir a permanência dos polinizadores nesses agroecossistemas, seja através do manejo direto dos polinizadores ou da adoção de medidas que beneficiem o estabelecimento de populações desses agentes de polinização nas áreas agrícolas.

Entre todas as interações planta-animal, as interações

planta-polinizador podem ser consideradas as mais importantes do ponto de vista econômico (Kearns *et al.* 1998), uma vez que promovem a diversidade genética vegetal, incrementando a resiliência dos ecossistemas terrestres, além de proverem benefícios na produção de alimentos, fibras e medicamentos (através dos princípios ativos encontrados nas plantas) (MEA 2005). A perda de polinizadores ou o declínio de suas populações naturais acirrou as discussões científicas e entre o público em geral sobre os serviços de polinização e sua importância para o bem-estar do homem, uma vez que até um terço dos

Polinizadores como as abelhas, aves e morcegos podem aumentar em 35% a produção mundial de alimentos, incrementando a colheita de pelo menos 87 culturas agrícolas, das principais culturas alimentares (Klein *et al.* 2007)

principais produtos agrícolas que fazem parte direta ou indiretamente na alimentação humana, depende da ação dos polinizadores (Klein *et al.* 2007). Considerando que o valor monetário dos serviços de polinização foi estimado em 153 bilhões de euros por ano, ou 9,5% de toda produção agrícola global, é possível entender a relação entre a perda dos polinizadores e a economia agrícola mundial, pois quanto menos polinizadores existirem, mais valorizados ficam os serviços de polinização e, conseqüentemente a produção de alimentos (Gallai *et al.* 2009).

Este documento tem como objetivo trazer informações sobre o cultivo da castanheira-do-brasil, sua biologia floral, o processo de polinização, a fenologia e os agentes polinizadores, com vistas a indicar práticas amigáveis aos polinizadores deste cultivo para favorecer a polinização adequada e a produção de frutos em agroecossistemas.

Castanheira-do-brasil
(*Bertholletia excelsa* Bonpl.
Lecythidaceae).
Foto: Márcia Maués.



Histórico e cenário da produção de castanheira-do-brasil

Apesar dos plantios existentes, a grande produção de castanha-do-brasil sempre dependeu da coleta de frutos em castanhais nativos. Trata-se de um produto que foi exportado desde os tempos de Brasil Colônia, cujo comércio foi ampliado após a crise da borracha na década de 1920, até a década de 1970. Nesta época, cerca de 80% da produção de castanha era destinada à exportação, volume este que vem sendo gradativamente reduzido, pois atualmente a maior parte das castanhas são destinadas para o consumo interno (Homma *et al.* 2014).

Atualmente a produção de castanha-do-brasil concentra-se na Região Norte, sendo responsável por 95,8% da produção nacional. Nessa região, os esta-

dos do Acre (35,5%), Amazonas (30,8) e Pará (23,5%) produzem 89,8% da produção brasileira (IBGE 2013) e praticamente toda essa produção é oriunda do extrativismo. Faz-se importante registrar que hoje cerca de 2% da produção nacional já é proveniente de áreas cultivadas (Homma *et al.* 2014).

Em meados da década de 1980, os resultados de pesquisa da Embrapa Amazônia Oriental na formação de mudas incentivaram o plantio da castanheira, apesar de inúmeras dificuldades enfrentadas no processo desde a germinação até a produção de frutos (Nascimento & Homma 1984). No entanto, ainda hoje, são muitos os desafios para tornar a castanheira uma planta cultivada.

Os dados de produtividade da castanheira-do-brasil em áreas cultivadas são inconsistentes e há uma percepção de que podem melhorar muito, pois práticas culturais e de manejo ainda não estão disponíveis para esta cultura. Além disso, não existem clones nem variedades definidas e devidamente lançadas para a castanheira-do-brasil, apesar de haver quatro cultivares de *Bertholletia excelsa* registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os poucos pomares estabelecidos provêm de sementes retiradas de plantas de populações naturais. Há registros de que castanheiras provenientes de sementes (pé franco) iniciam a frutificação aos oito anos,

desde que não recebam sombreamento, enquanto as plantas enxertadas podem iniciar a produção com 3,5 anos, intensificando-se a partir do sexto ano (Müller 1981). No entanto, esses dados são pontuais, sendo necessários estudos mais sistematizados para a definição da idade mínima para início da produção.

Com relação à produção em cultivos comerciais, produtores de Tomé-Açu/PA relatam produtividades entre 6,0 a 8,8 kg de amêndoas/planta⁻¹ em plantios consorciados com cerca de 30 anos de idade (Homma *et al.* 2014). Na fazenda Aruanã, estimativas de produção de frutos baseadas nos dados obtidos de clones enxertados mostram que aos seis anos de

idade a produção foi de 1,5 kg.planta⁻¹; aos 12 anos foi de 3,5 kg.planta⁻¹; aos 20 anos foi de 10 kg.planta⁻¹; e no 21º ano foi de 12,5 kg.planta⁻¹ (Pimentel *et al.* 2007).

Estudos desenvolvidos com plantas enxertadas e adubadas na Embrapa Amazônia Oriental obtiveram produção de 25 litros de castanha por planta aos 12 anos após a enxertia. Esses resultados foram considerados promissores, quando comparados aos obtidos em castanhais nativos, onde plantas com idade superior a 50 anos produziam entre 16 a 55 litros por hectare/ano, dependendo da densidade de árvores. O controle de produtividade feito em plantas aos seis anos após a enxertia indicou que as castanheiras poderiam

produzir cerca de 300 litros/ha/ano e, aos doze anos, o total poderia chegar até 700 a 800 litros/ha/ano. As primeiras estimativas de produtividade após a estabilização giraram em torno de 5 mil litros/ha/ano, com variações de ano para ano (Müller 1995). O que se encontra hoje é uma realidade bem diferente, embora não se tenha muitos estudos sistematizados, sabe-se que na Fazenda Aruanã a produção estimada para os clones aos 21 anos de plantio foi de 1.562,5 litros por ha.ano⁻¹ (Pimentel *et al.* 2007). Em castanhais nativos, onde a densidade de plantas é menor, há estimativas variando de 15,6 a 199,2 litros por ha.ano⁻¹ (Neves 2013).

Em um plantio comercial, observou-se que a produção de

castanheiras enxertadas ocorre em média a partir do oitavo ano, estabilizando-se a partir do 15º ano (Sérgio Vergueiro, informação pessoal). Nesse plantio, a produtividade de castanha nos anos de 2010 e 2011 foi de aproximadamente 3 ouriços/árvore-, e ainda foi considerada muito baixa (Homma *et al.* 2014).

O que fazer
para aumentar
ou manter a
produtividade
de frutos de
castanheira-do-
brasil?

Para aumentar a produção de frutos de uma determinada espécie é necessário conhecer sua biologia floral, ou seja, os processos que envolvem a transformação da flor em fruto. Esses processos são: a fenologia da planta (ocorrência de eventos biológicos); a biologia floral (disponibilidade de recursos da flor, tais como pólen viável e estigma receptivo) e a ocorrência do processo de polinização.

Além disso, é necessário que a planta não apresente déficit de macro e micronutrientes, que não haja problemas fitossanitários, que esteja em condições ótimas de clima e solo, entre outros fatores. Somando-se a esses fatores, a presença de polinizadores nas áreas cultivadas é imprescindível, pois sem eles não ocorrerá a frutificação.

Descrição da espécie



FIGURA 1

Árvore de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em área cultivada com cacau (*Theobroma cacao*). Foto: Márcia Maués.

A) Hábito

As árvores podem alcançar altura de até 60 m, com diâmetro na base do tronco de até 4 m e diâmetro à altura do peito (DAP) variando entre 1 m até 1,80 m. O tronco é reto, cilíndrico e desprovido de ramos (FIG. 1) (Mori & Prance 1990).

B) Arquitetura

Os galhos são encurvados nas extremidades, compostos de folhas esparsas e alternadas (Mori e Prance, 1990).

FIGURA 2

Flores e inflorescências da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*).

Foto: Márcia Maués.



C) Grupo ecológico

É uma planta clímax, naturalmente encontrada em áreas preservadas (florestas primárias), onde ocupa o estrato superior da floresta com melhor acesso à luz (heliófila) (Lorenzi 2000). Trata-se de uma planta demandante por luz na fase inicial de seu desenvolvimento.

D) Folhas

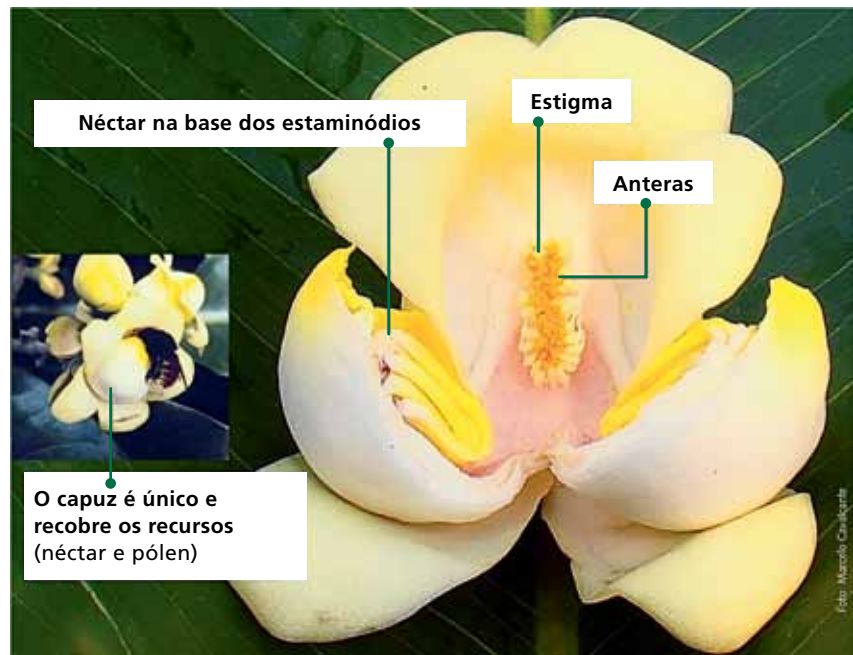
Estão unidas ao caule através do pecíolo de 5-6 cm de comprimento, apresentam coloração verde-brilhosa na face superior e verde-pálido na face inferior, medindo geralmente de 25-35 cm de comprimento por 8-12 cm de largura. A forma é oval alongada com margens onduladas; nervura central ressaltada na face inferior. Tem nervuras laterais abundantes, delicadas e retas (adaptado de Cavalcante 1976).

E) Flores e Inflorescência:

As inflorescências estão dispostas nos ramos terminais da planta (FIG. 2) em ramos eretos de 12 a 17 cm de comprimento. As flores praticamente não têm pedúnculo, e apresentam simetria bilateral. A corola (parte mais vistosa da flor) tem coloração variando entre o branco e o amarelo, é suavemente perfumada, com seis pétalas livres.

FIGURA 3

Flor da castanheira em corte longitudinal, evidenciando os órgãos feminino (gineceu: estigma) e masculino (androceu: estaminódios, estames e anteras), a corola e o capuz ou elmo. Foto: Marcelo Cavalcante.

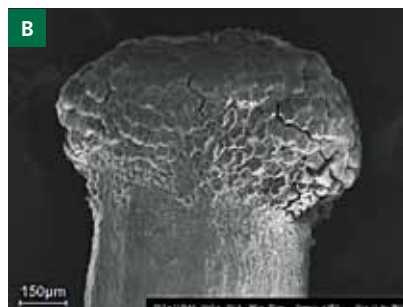


O conjunto dos órgãos masculinos da flor é um diferencial em comparação com a maioria das flores tropicais. Está dividido em três partes:

- I) o **anel estaminal** que reúne um conjunto de estames em uma estrutura ovalada que circunda o estilete e estigma;
- II) a **lígula estaminal**, uma área livre entre o anel estaminal e o capuz ou elmo, de coloração levemente purpúrea;

FIGURA 4

Detalhes do órgão feminino e órgão masculino da flor da castanheira em microscópio: (A) Corte transversal do ovário exibindo quatro cavidades e óvulos; (B) Estigma bem desenvolvido e intumescido; (C) Estames exibindo os filetes e anteras. Fotos: Andréa Santos.



III) e por último o **elmo ou capuz**, que é resultante da união de uma pétala modificada e numerosos estaminódios curvos e unidos, que recobrem o anel estaminal e bloqueiam a entrada da flor (Nascimento *et al.* 2010) (FIG. 3).

Os estames são sustentados por uma pequena haste. Na base

dos estaminódios, junto à face interna da pétala modificada, encontram-se os nectários. O órgão reprodutor feminino é formado pelo estilete (estrutura semelhante à um fio) e estigma, ovário com quatro lóculos, cada um com 4 a 5 (ou raramente 6) óvulos por lóculo, totalizando, em média, 20 óvulos por flor (FIG. 4) (Cavalcante 1976).



FIGURA 5

(A) Fruto ou ouriço fechado; (B) ouriço aberto mostrando as sementes; (C) sementes (amêndoas) da castanheira-do-brasil. Fotos: Márcia Maués.

A) Frutos

São do tipo seco em forma de cápsula esférica, pesando entre 200 g a 1,5 kg; contendo de 12 a 25 sementes (FIG. 5), as quais pesam de 4 a 10 g cada (Tonini & Arco-Verde 2004).

B) Sementes

Apresentam formato triangular-anguloso, com superfície muito rígida e rugosa (FIG. 6). O comprimento varia entre 4 e 7 cm (Tonini & Arco-Verde 2004).

FIGURA 6

Sementes (amêndoas) da castanheira-do-brasil. Foto: Ronaldo Rosa.



Plantio, manejo e tratos culturais

A germinação da semente da castanheira sempre foi um grande entrave à formação de mudas de castanheira, e, conseqüentemente, para a formação de cultivos racionais, pois normalmente a germinação ocorre entre doze a 18 meses após a semeadura.

Os processos mais utilizados para germinar as sementes podem ser divididos da seguinte forma [adaptado de Müller (1981)]:

A) Germinação de sementes com casca

Para este processo devem ser usadas sementes intactas, semeadas a uma profundidade de 2 cm abaixo do nível superior do substrato, o qual é composto da mistura de uma parte de terra vegetal com uma parte de serragem curtida. O início da germinação deverá ocorrer por volta do sexto mês após a semeadura. Estima-se que após 18 meses cerca de 25% das sementes estarão germinadas (Figueiredo *et al.* 1980). Entretanto, esse método é muito vagaroso e a germinação ocorre de forma desuniforme, uma vez que algumas sementes podem levar até 700 dias para germinar (Nascimento *et al.* 2010).

B) Germinação de sementes com casca escarificada

Sementes com as quinas (estrias) e polos germinativos esmerilados são semeadas da mesma forma que foi descrita acima. O uso de esmeril elétrico é recomendado, estimando-se que uma pessoa pode escarificar até 1.000 sementes por dia. Cerca de 18 meses após a semeadura 41% das sementes estarão germinadas (Pereira *et al.* 1980).

C) Germinação através da sementeira de amêndoa (sementes sem casca)

Este processo apresenta maior eficácia, porém demanda muito cuidado na remoção da casca da semente, para não causar danos à amêndoa. A técnica estimula a emergência do caulículo das sementes, o que acontece cerca de 20 a 30 dias após a sementeira. Para facilitar a remoção do tegumento das sementes, estas devem ser imersas em água por 24 até 72 horas, trocando a água diariamente (Nascimento *et al.* 2010). As sementes que flutuarem devem ser descartadas. Em seguida

utiliza-se uma prensa para rachar a casca (FIG. 7), a qual em seguida deve ser retirada totalmente com ajuda de um canivete ou alicate especial, com uma ponta semelhante a um bico de papagaio. Após a remoção do tegumento, Nascimento e colaboradores (2010) recomendam imergir as amêndoas durante 90 minutos em uma solução de fungicida. Entretanto, é importante destacar que ainda não há produtos registrados pelo MAPA. Posteriormente as amêndoas devem ser postas

a secar à sombra, sendo em seguida sementeiras. O substrato utilizado pode consistir em uma mistura de areia branca e serragem fina, na proporção 1:1, evitando o uso de matéria orgânica e tratando o substrato com fungicida (Nascimento *et al.* 2010). As caixas-sementeiras devem ser suspensas, havendo ainda necessidade de proteção contra o ataque de roedores, principalmente ratos. Através deste processo pode-se obter cerca de 78% de germinação, com apenas três a cinco meses da sementeira.



FIGURA 7

Prensa artesanal utilizada para rachar a casca das amêndoas. Foto: Márcia Maués.

A muda de castanha-do-brasil está no ponto de plantio quando atinge em torno de 25 cm de altura e apresenta pelo menos 16 folhas abertas. Antes do plantio, é importante fazer a exposição gradativa das mudas ao sol devendo as mesmas ficarem por um período de quinze a 30 dias a "céu aberto" para fase de adaptação (Müller 1981).

O plantio das mudas, em áreas não irrigadas, deve ser efetuado no início do período de chuvas, em covas com dimensões de 40 x 40 x 40 cm (Müller 1995), previamente adubadas com 10 litros de esterco bovino ou 2 a 3 litros de esterco de galinha e 100 gramas de superfosfato triplo. Em grandes áreas aplica-se somente o superfosfato triplo. Os talhões devem ser formados

por plantas de desenvolvimento semelhante, selecionando-se as mudas de acordo com a sua altura, para economizar tempo, evitando vistorias desnecessárias antes da enxertia (Müller 1981).

As mudas de castanha-do-brasil, por se tratar de uma planta heliófila ou demandante por luz (Lorenzi 2000), devem ser plantadas e mantidas em área livre de vegetação circundante, para não haver competição e sombreamento.

Os tratos culturais aplicados na castanheira-do-brasil, de acordo com Müller (1981), são os seguintes:

Coroamento

remoção das plantas que surgirem ao redor da muda, feita de quatro em quatro meses.

Roçagem

as entrelinhas de plantio devem ser roçadas, manualmente ou com máquinas, no momento da realização do coroamento. Essa vegetação removida pode ser aproveitada como cobertura morta, prática importante em regiões onde ocorrem longos períodos de estiagens.

Poda

para o adequado desenvolvimento da castanheira-do-brasil, devem ser realizados dois tipos:

(A) poda para formação do fuste — que consiste em eliminar gradualmente os ramos mais baixos, até dois metros de altura do solo, sendo efetuada em plantas enxertadas há mais de dois anos;

(B) poda de formação da copa — somente é feita quando o enxerto apresenta poucas ramificações, que tem como objetivo aumentar o número de ramos responsáveis pela frutificação. Os ramos devem ser podados a uma distância de 1,0 a 1,5 m do tronco, eliminando-se, em seguida, quatro ou cinco folhas logo abaixo do corte, para estimular a formação de novos ramos. A poda de formação da copa é feita em brotações de ramos com crescimento lateral (plagiotrópicos).

Fenologia

A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos que se repetem nas plantas, como a troca de folhas, floração e frutificação, e os efeitos responsáveis pelo desencadeamento destes eventos em relação a fatores biológicos e climáticos e/ou edáficos entre indivíduos de uma mesma espécie ou entre diferentes espécies de plantas (Morellato *et al.* 1990). A principal importância do estudo da fenologia está na necessidade de conhecer a biologia reprodutiva das plantas para que se possam definir estratégias sustentáveis de uso, como por exemplo, a época de colheita dos frutos.

Os eventos fenológicos aqui considerados são: presença de botões florais; presença de flores (floração); presença de frutos em desenvolvimento

(frutificação); período de desenvolvimento e disseminação de frutos (queda dos frutos); presença de folhas novas e folhas maduras, desfolhamento parcial e desfolhamento total (mudanças foliares).

O florescimento da castanheira-do-brasil (FIG. 8) está intimamente ligado às condições climáticas de cada região onde a mesma ocorre, havendo variações quanto à época e período de floração (Pardo 2001). No sudeste da Amazônia (Acre, Rondônia, Bolívia e Peru), as flores geralmente começam a abrir em outubro e novembro, e o pico de floração inicia-se nos meses de novembro e dezembro e encerra no final de janeiro. Por outro lado, na

FIGURA 8

Floração de *Bertholletia excelsa*. Foto: Márcia Maués.



TABELA 1
Período de florescimento de *Bertholletia excelsa* em diferente locais da Amazônia.

Local	Período de florescimento	Referência
Pará	Março a Junho / Setembro a Dezembro / Setembro a Março	Maués 2002; Santos <i>et al.</i> 2012
Roraima	Outubro a Fevereiro	Tonini 2011
Bolívia	Dezembro a Janeiro	Ortiz 2002
Amazonas	Outubro a Dezembro	Cavalcante 2008
Rondônia	Setembro a Janeiro	Vieira <i>et al.</i> 2007
Amapá	Janeiro a Maio / Agosto a Setembro	Campos <i>et al.</i> 2013
Acre	Novembro a Fevereiro	Lima <i>et al.</i> 2012
Peru	Novembro a Dezembro	Ortiz 2002

TABELA 2
Período de dispersão de frutos de *Bertholletia excelsa* em diferentes locais da Amazônia.

Local	Período de dispersão de frutos	Referência
Pará	Janeiro a Março	Maués 2002
Roraima	Janeiro a Fevereiro	Tonini 2011
Bolívia	Novembro a Fevereiro	Zudeima & Boot 2002
Amazonas	Janeiro a Abril	Clay <i>et al.</i> 2000
Rondônia	Junho a Janeiro	Vieira <i>et al.</i> 2009
Amapá	Junho a Agosto / Janeiro a Março / Dezembro a Junho	Campos <i>et al.</i> 2013; Haddad & Bonelli 2006
Acre	Novembro a Fevereiro	Lima <i>et al.</i> 2012
Peru	Janeiro a Abril	Rockwell <i>et al.</i> 2015

região de Belém (PA) a floração de árvores cultivadas ocorre um pouco mais cedo, de agosto a novembro e também entre os meses de março a junho, como observado no Amapá (Maués 2002; Campos *et al.* 2013).

Observações feitas no Acre indicam que, em área cultivada, a floração começa mais cedo que em florestas naturais. Pode ser que em populações naturais de castanheiras na região de Belém a floração ocorra em época semelhante à das castanheiras do sudeste da Amazônia. No sul do estado de Roraima a floração ocorre em época totalmente distinta do resto da Amazônia, de janeiro a março (Tonini 2011). As **TABELAS 1 E 2** resumizam resultados de estudos da fenologia da castanheira em diferentes locais da Amazônia.

Do início do desenvolvimento dos frutos até a maturação decorrem aproximadamente 15 meses (Cymerys *et al.* 2005), ou seja, durante a floração e o desenvolvimento dos frutos novos, a castanheira-do-brasil conserva

os frutos bem desenvolvidos ou quase maduros (Moritz 1984), sendo comum encontrar frutos de diferentes estágios de desenvolvimento em uma mesma planta durante todo o ano (Maués 2002).

A mudança foliar estende-se durante todos os meses do ano, onde se observa o aparecimento de folhas novas durante os meses que antecedem o florescimento. O desfolhamento parcial das árvores da castanheira ocorre principalmente no período de estiagem, assim como o aparecimento de uma nova folhagem, que precede o surgimento dos botões florais. Folhas maduras são encontradas durante quase todos os meses do ano (**FIG. 9**). As folhas novas são caracterizadas por uma coloração marrom-avermelhada, que quando maduras, tornam-se verde-escuras. A queda dessas folhas promove a cobertura do solo, 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).

FIGURA 9

Árvore adulta de castanheira-do-brasil com folhas maduras. Foto: Márcia Maués.



Floração

“Inicia principalmente no mês de **setembro**, quando algumas plantas apresentam botões florais e algumas flores, com pico de **novembro a janeiro**, estendendo-se às vezes até fevereiro, ou raramente março”

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Os frutos verdes de castanheira-do-brasil podem ser vistos durante o ano inteiro, podendo-se encontrar frutos em diferentes fases de desenvolvimento em uma mesma planta. O fruto no tamanho total alcançado após o completo amadurecimento é perceptível durante a estação chuvosa (novembro a março) na maior parte da Amazônia (Maués 2002), porém no Amapá a frutificação ocorre em dois períodos, na estação chuvosa (janeiro a março), quando registra-se a maior parte da disseminação dos frutos maduros, e no começo do período de estiagem (junho a agosto) (Campos *et al.* 2013).

Mudança Foliar

“As folhas novas começam a surgir no início do período de estiagem, precedendo a floração — de maio a novembro, início do período chuvoso. As folhas novas possuem um tom avermelhado, diferindo-se do tom verde das folhas maduras”.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Formação dos Frutos

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FIGURA 9A

Ouriço (fruto) da castanheira-do-brasil. Foto: Márcia Maués.

FIGURA 9B

Sementes (amêndoas) da castanheira-do-brasil. Foto: Márcia Maués.

Disseminação de sementes

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

“A formação do fruto de castanha-do-brasil abrange um ano inteiro (ou até 14 meses), desde a fertilização até a maturação”.



“E o período de queda dos frutos e a disseminação das sementes ocorrem entre os meses de janeiro a junho”.

Cultivo: sistemas agroflorestais e monocultivo

No Brasil, a castanheira-do-brasil é encontrada basicamente sob duas formas de cultivo, em sistemas agroflorestais (SAFs) e em monocultivos.

O cultivo da castanheira-do-brasil teve início a partir da década de 1930, a partir de uma remessa de mudas enviadas aos colonos japoneses em Parintins, estado do Amazonas. Nesse primeiro plantio já foi adotado o espaçamento de 20 x 20 m, intercalado com o plantio de essências florestais e culturas alimentares (Homma *et al.* 2014).

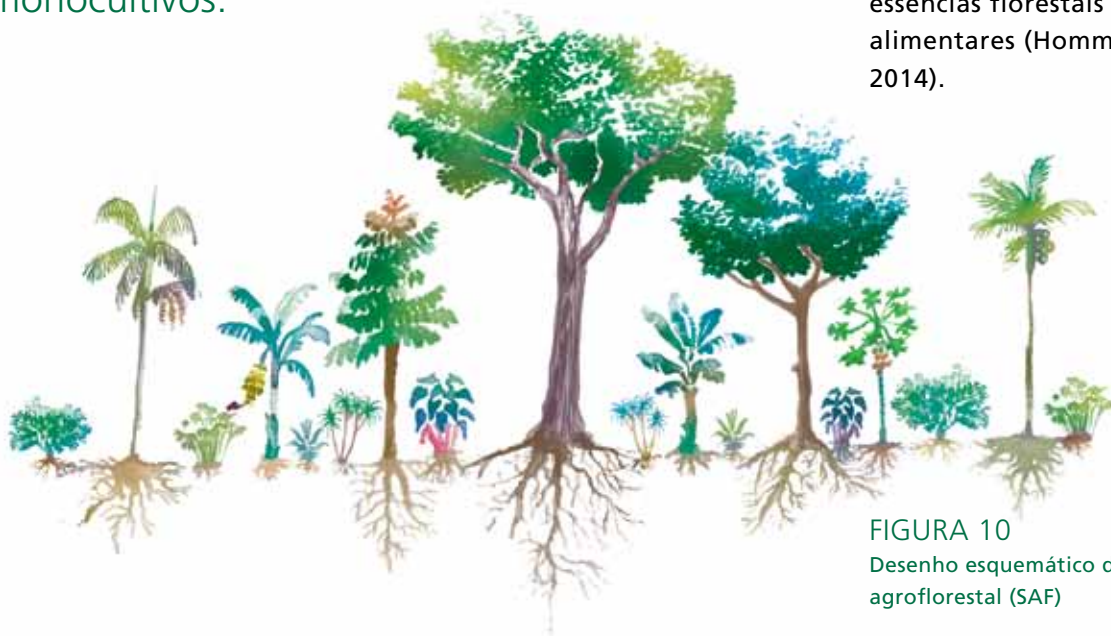


FIGURA 10
Desenho esquemático de um sistema agroflorestal (SAF)

Esse modelo continuou sendo adotado na colônia japonesa do município de Tomé-Açu, estado do Pará, na década de 1980, persistindo até os dias atuais (Barros *et al.* 2009).

Para Carvalho (2006) deve-se considerar diversos aspectos para a escolha da espécie frutífera a ser utilizada em SAFs (FIG. 10), como a integração entre as espécies, sustentabilidade econômica, impacto sobre a mão-de-obra, variedades, métodos de propagação, manejo, espaçamento e distância do mercado consumidor. A integração das espécies deve levar em consideração as características das plantas tanto no que diz respeito ao melhor aproveitamento da radiação solar, da água e dos nutrientes, quanto aos aspectos relacionados com

a época de produção de frutos. Dessa forma, a castanheira-do-brasil destaca-se como uma espécie adequada ao consórcio com o cacau, cupuaçu, guaraná e pimenta-do-reino, e dependendo da espécie consorciada, os espaçamentos recomendados podem aumentar para 10 x 25 m ou 15 x 25m (Müller 1995).

O cultivo da castanheira na forma solteira, ou em monocultivo, teve início na década de 1980. Hoje o maior plantio de castanheiras no mundo, com 318 mil mudas enxertadas (3 mil hectares), está localizado na Fazenda Aruanã, na margem esquerda da Estrada Manaus-Itacoatiara, km 215, município de Itacoatiara, estado do Amazonas, em uma área de 14.300 hectares, originalmente projetada em 1970 para criação

de gado bovino. O plantio de castanheiras foi iniciado em 1981, com as mudas obtidas dos ouriços coletados no Lago do Abufari, Alto Solimões, que recebeu a denominação de variedade Abufari, conhecida pela alta produtividade local (Homma *et al.* 2014).

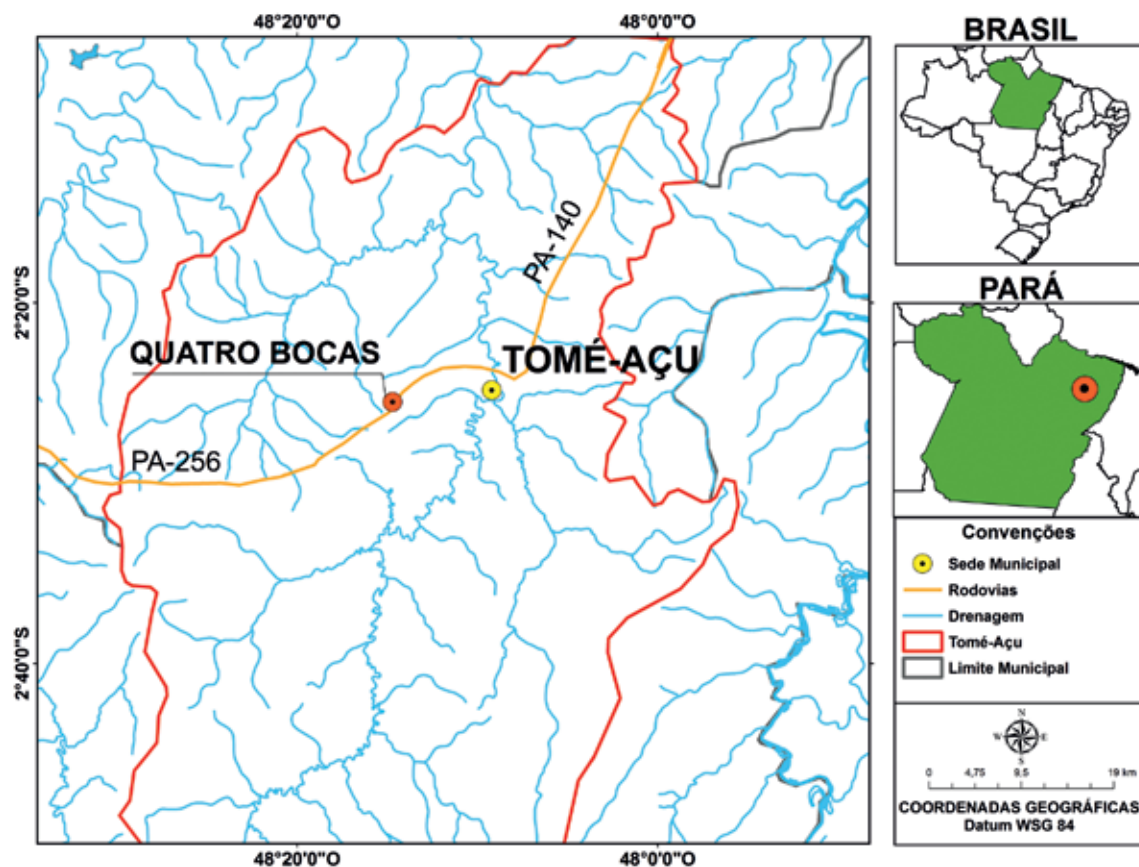
Um exemplo de cultivo de castanheira-do-brasil em SAFs pode ser encontrado em Tomé-Açu, uma pequena cidade localizada na mesorregião do nordeste do estado do Pará (02° 40'54 "S e 48 ° 16'11" W), a 200 km de distância de Belém (FIG. 11). O clima é tropical úmido com um período de seca bem definido, a temperatura média anual e umidade relativa do ar são 26,3°C e 82%, respectivamente. A média de precipitação anual é de 2.400

milímetros, com distribuição mensal irregular, mas a principal estação chuvosa se estende de novembro a junho (Rodrigues *et al.* 2001; Frazão 2005). Tomé-Açu compreende uma área de 5.179 km² e é a terceira maior colônia japonesa do Brasil (Homma 2007).

Os primeiros imigrantes chegaram em 1929 e eram basicamente dedicados à agricultura (arroz e horticultura). Entre os anos de 1950-1960, a pimenta-do-reino tornou-se uma das culturas mais importantes na região amazônica, com até 50 toneladas por ano sendo comercializadas no mercado local e internacional. No entanto, em 1957, os primeiros sintomas da doença causada pelo fungo *Fusarium* foram

FIGURA 11

Localização da área de estudo em Tomé-Açu (PA), localidade de Quatro-Bocas. Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa Amazônia Oriental.



observadas em árvores de pimenta-do-reino, espalhando-se rapidamente, causando o colapso da produção “diamante negro” na década de 1970 e forçando os produtores a descobrir outros sistemas de cultivo para se sustentar (Barros 2009).

O cultivo da castanheira-do-brasil foi trazido pelos colonos japoneses para Tomé-Açu a partir de uma experiência realizada no estado do Amazonas, para uso da castanheira em sistema consorciado de cultivo com essências florestais e culturas alimentares.

Um estudo realizado em 2006 nesse município paraense, no qual 96 produtores nipo-brasileiros, do universo de

122 cooperados da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), foram entrevistados na Colônia Japonesa de Tomé-Açu, sob a supervisão da Associação Cultural e Fomento Agrícola de Tomé-Açu (ACTA), e 29 produtores declararam possuir castanheiras plantadas em suas propriedades. No total, foram registradas 21.414 castanheiras plantadas em 548,82 hectares de consórcios diversos, perfazendo uma média de 39 pés/hectare (Barros et al. 2009).

Dentre essas propriedades, destaca-se a Fazenda Sasahara (FIG. 12), localizada no Km 2 da “Estrada da Colônia Jamic”, na localidade de Quatro-Bocas Tomé-Açu/PA. O principal acesso é através da Rodovia PA-256. O dono da fazenda é o Sr. Tomio Sasahara, um agricul-

tor com nacionalidade japonesa, que imigrou para o Brasil há pouco mais de 50 anos. A fazenda Sasahara compreende uma área de 50 ha, dos quais 25 ha são utilizados em um sistema de agricultura familiar com o plantio consorciado (Sistema Agroflorestal).

As principais culturas na Fazenda Sasahara são o cacau (*Theobroma cacao*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e o açaí (*Euterpe oleracea*). Essências florestais como o mogno (*Swietenia macrophylla*), cedro-vermelho (*Cedrella odorata*), andiroba (*Carapa guianensis*), seringueira (*Hevea brasiliensis*) entre outros também são cultivadas (FIG. 12).

FAZENDA SASAHARA

FIGURA 12

Sistema agroflorestal com cacau, cedro-vermelho, mogno, andiroba e castanha-do-brasil na Fazenda Sasahara, Tomé-Açu (PA).

Em Tomé-Açu, a maioria das áreas da colônia japonesa foi convertida em paisagens agrícolas. Muito pouco restou da vegetação natural (florestas). Os esforços devem ser dirigidos para fazer os proprietários de terra atenderem a legislação ambiental, que determina que as propriedades da Amazônia devem restringir o uso de 20% de sua área total para

qualquer atividade econômica e/ou edificações. Ao conservar os habitats naturais, polinizadores serão consequentemente protegidos.

Este modelo é encontrado em outras fazendas, apesar de que somente poucas propriedades cultivam castanheiras. Nestes casos, castanheiras são normalmente associadas ao sombreamento do cacau.



A outra forma de cultivo da castanheira, o monocultivo, é encontrada no estado do Amazonas, município de Itacoatiara, fundado em meados do século XVIII, como um pequeno vilarejo pelos padres jesuítas. Em 1874 foi elevada à categoria de cidade.

O modelo de cultivo solteiro, ou monocultivo, foi encontrado na Fazenda Aruanã, cujo proprietário faz um relato sobre esse empreendimento, resumido a seguir:

Profile do Projeto Global dos Polinizadores da FAO de Sérgio Vergueiro, FAO 2014.

“Meu nome é Sérgio Vergueiro, nasci em São Paulo em 1939 e formei-me em Agronomia na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, em Piracicaba, na turma de 1960. A partir de 1965, o Governo Federal iniciou um programa de incentivos fiscais para formação de empresas na Amazônia a fim de desenvolver e ocupar a região através de indústrias e agropecuárias. Fiz meus primeiros projetos a partir de 1965, inicialmente na região do Norte de Mato Grosso, e em Tomé-Açu no Pará.

Em 1966, vim conhecer o Amazonas a convite do Governo do Estado, então, governado por Danilo Areosa. Achei a região excelente para o desenvolvimento da agropecuária, pelo relevo, fartura de água, e proximidade de estradas, então de terra, ligando Manaus a Itacoatiara e em construção para a ligação com Boa Vista e Caracas, hoje a BR-174. Outro fator preponderante foi a ausência de malária nessas regiões. Como não havia propriedades privadas nessas regiões, recomendei à minha família e amigos que aceitassem o convite do Governo Estadual e adquirissem terras do Estado para a implantação de projetos agropecuários destinados à cria, recria e engorda de bovinos. Em 1970 iniciou-se a implantação da AGROPECUÁRIA ARUANÃ, em Itacoatiara, que se tornou a Fazenda Aruanã, situada no atual km 213 da Rodovia Manaus-Itacoatiara (AM-010). Na época, a área de reserva florestal legal na Amazônia era de 50% da área da propriedade, onde adotei a prática de evitar desmatamentos contínuos, dividindo a fazenda em blocos separados entre si por faixas contínuas de floresta primária preservada, com 500 metros de largura. Nesses blocos, de no máximo 500 hectares cada (aproximadamente 2.000 x 2.500 m), foram preservadas todas as áreas de nascentes e margens de cursos d’água (Áreas de Preservação Permanente – APPs), prática que aprendemos em nossa faculdade. A implantação física da Fazenda Aruanã começou em 1971 e, até 1973, foram desmatados

3.000 hectares em seis blocos separados por faixas de 500 metros de floresta nativa intacta. Dentro dessa área, foram preservadas todas as APPs. Seguiu-se o plantio de gramíneas, instalações zootécnicas (cercas, porteiras, currais) e iniciada a cria, recria e engorda com a introdução de gado regional (fêmeas e novilhos), oriundo dos municípios de Alenquer e Monte Alegre (Estado do Pará), e touros Nellore do Estado de São Paulo. Da mesma forma que ocorreu em outras regiões da Amazônia, as áreas de pasto degradaram-se, sendo dominados pela vegetação invasora denominada “juquira”, reduzindo gradativamente a capacidade de suporte do rebanho. Tornou-se evidente que, para recuperar essas pastagens, seria necessária a mecanização da limpeza, obrigatoriamente precedida da destoca de toda a área. Essa operação exigia grande investimento e passamos a procurar uma cultura que pudesse ser associada à pastagem a fim de custeá-lo. Encontramos no CPATU (Centro de Pesquisas do Trópico Úmido) — antigo nome do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, ou simplesmente Embrapa Amazônia Oriental — na Embrapa de Belém, o Dr. Carlos Hans Müller que pesquisava o cultivo da castanha-do-brasil a partir de antigos trabalhos iniciados no tradicional Instituto Agrônomo do Norte (IAN, que depois tornou-se o Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, IPEAN, antes de tornar-se uma unidade de pesquisa da Embrapa em 1976). Já havia um banco de germoplasma constituído por uma seleção massal de castanhas de diversas regiões da Amazônia, experimentos de produção de mudas e enxertia. Considerando que a castanha-do-brasil é um produto conhecido e atuante em mercados de todos os países do mundo há muito tempo, e cuja árvore produtora é nativa da Amazônia, animamo-nos a tentar cultivá-la em espaçamento de 20 x 20 m (25 árvores por hectare), almejando utilizar o espaço intercalar como pastagem. Apresentamos então um projeto ao IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), então órgão do Ministério da Agricultura, o qual foi aprovado

e iniciamos o primeiro plantio de castanha-do-brasil em 1981. Desde o início, sempre com auxílio do Dr. Hans Müller e do Dr. José Edmar Urano da Embrapa, aprendemos a produzir mudas, plantá-las e enxertá-las (na época a recomendação para a enxertia era aos 12 meses). Implantamos um Jardim Clonal e fizemos a enxertia com material comprado do CPATU e a ajuda técnica do Dr. Hans Müller. Logo que começamos, surgiram dois problemas: 1º) o gado pisoteava ou se coçava nas árvores maiores prejudicando a formação do Castanhal, e 2º) a enxertia estava com baixo “pegamento” devido à incompatibilidade de diâmetro entre o doador e o receptor (a enxertia da castanheira é por borbúlia com janela aberta). Assim, desistimos de associar o gado ao castanhal, passando a plantá-lo no espaçamento de 10 x 10 m (100 árvores por hectare) e aguardamos o terceiro ano após o plantio para fazer a enxertia. O pegamento da enxertia passou para 95%, sem problemas com a gema dormente quando adotamos o anelamento do cavalo acima do enxerto. Vencida essa etapa, restava uma grave preocupação de minha parte: a homogeneização do plantio com uma única espécie, pois me lembrava do que ocorreu com a seringueira cultivada pela empresa Ford, em Fordlândia. Já tínhamos plantado mais de 200.000 castanheiras e nada havia ocorrido até então (as mais velhas estavam com 4 anos), entretanto, ainda estavam na fase juvenil e a minha preocupação aumentava. Nessa ocasião recebi a visita de uma equipe do Banco Mundial, chefiada pelo Dr. Norman Borlaug. Na visita do ilustre Prêmio Nobel da Paz (1970), corremos todos os plantios e no final, antes de sua partida, fiz a pergunta que me preocupava: o que achava o Dr. Norman das eventuais consequências desse plantio homogêneo? Ele me respondeu: “O senhor me contou que ficou impressionado com a extensão dos castanhais nativos de Marabá, sobrevoando por horas essas populações de “copas topadas”. Pois é, eu também vi isso e esse fato demonstra que a Castanheira naturalmente ocorre em populações homogêneas tendo, portanto, resistência aos patógenos

da floresta, ao contrário da seringueira (*Hevea brasiliensis*) que, para evitar o “mal das folhas” e outras doenças e pragas, ocorre distante uma das outras. Com a Castanheira não haverá problema”. Hoje, após mais de 20 anos e com um milhão e trezentas mil castanheiras adultas, plantadas em 3.700 ha, podemos afirmar que o Dr. Norman Borlaug estava certo. Nunca tivemos problemas fitossanitários nem de pragas, e jamais tivemos que usar qualquer defensivo nos cultivos da Fazenda Aruanã. Resolvida a enxertia e despreocupados quanto ao plantio homogêneo, prosseguimos com projetos aprovados pelo IBDF no plantio de castanheiras, reflorestando toda a área de 3.000 ha que havíamos desmatado para pastagens e mais 700 hectares, também de antigas pastagens degradadas, que adquirimos de nosso vizinho. Paguei com juros o desmatamento de 3.000 ha, reflorestando 3.700 ha com castanheiras. Desde o início dos trabalhos da Fazenda Aruanã, mantive contato no INPA com o Prof. Warwick Kerr, de quem fui aluno em Piracicaba, juntamente com o Eng. Agr. Gabriel Teixeira de Paula Neto, meu colega de turma e amigo, que é o responsável técnico pela Aruanã há mais de 20 anos. O Prof. Warwick sempre se preocupou com a polinização da castanheira. A conselho dele, semeamos maracujá (*Passiflora edulis*) nas leiras da destoca e plantamos urucum (*Bixa orellana*), para aumentar a oferta de pólen ao *Bombus*, que acreditávamos ser o principal polinizador da castanheira. Aliás, gostaria de registrar que a milionésima castanheira da Fazenda Aruanã foi plantada pelo Prof. Warwick e lá está desenvolvida e frutificando. Verificamos que o projeto da Aruanã, mantendo todas as APPs e faixas de floresta nativa separando os blocos de desmatamento, resultou em que nenhuma castanheira plantada nessa área dista mais do que 1.500 m de uma área de floresta nativa. Isso é essencial para o alcance dos polinizadores que têm seu habitat na floresta. Agradeço ao meu curso de agronomia por ter tomado essa cautela ao projetar a Fazenda”.

FAZENDA ARUANÃ

Na fazenda Aruanã (FIG. 13) a paisagem está em conformidade com a Lei n. 12651, de 25 de maio de 2012) sobre a proteção da vegetação nativa, preservando 80% da vegetação natural (floresta). Houve uma preocupação de se manter faixas com 500 m de vegetação nativa (floresta) entre os blocos de 600 ha

com cultivo de castanheira, para manter populações de polinizadores. Neste caso, os esforços devem ser concentrados na compreensão de como o sistema de acasalamento está acontecendo, uma vez que as parcelas de castanha-do-brasil devem ser compostas de clones ou variedades diferentes, para evitar que se favoreça

a autofecundação (cruzamento entre plantas irmãs), que não resultaria na formação de frutos. A diversidade de polinizadores é alta, mas se as abelhas estiverem visitando árvores "irmãs", a frutificação será baixa, pois estaria aumentando as chances de cruzamentos por geitonogamia (nas flores de uma mesma planta).

FIGURA 13

Vista aérea do "mar de copas" de árvores de castanheira-do-brasil na Fazenda Aruanã, Itacoatiara (AM). Foto: Marcelo Cavalcante.



Biologia floral



FIGURA 14

Xylocopa frontalis (mamangava) visitando flor de castanheira-do-brasil: (A) ilustração da abelha entrando na flor, em corte transversal, mostrando o seu posicionamento no interior da corola; (B) abelha chegando na flor com o dorso e cabeça cobertos de pólen. Foto: Márcia Maués.

A) Morfologia floral

A biologia floral inclui o estudo de todas as manifestações de vida da flor, inclusive a fertilização. Neste sentido a biologia floral mescla-se com a ecologia da polinização, que engloba estudos de interação entre flores e seus visitantes/polinizadores.

A interação com polinizadores é influenciada por diversas características florais como antese (abertura das flores), recurso ofertado, cor, forma, tamanho, entre outras caracte-

rísticas, que devem funcionar harmonicamente para o bom funcionamento da interação (Endress 1994). Como mencionado anteriormente, a flor da castanheira-do-brasil é hermafrodita, ou seja, apresenta os órgãos reprodutores masculinos e femininos. Possui ainda uma estrutura chamada capuz que protege o acesso aos recursos florais e restringe o acesso dos visitantes florais (FIG. 14). Estas características restringem a entrada dos visitantes florais,

permitindo que apenas abelhas corpulentas como as mamangavas, com força suficiente para forçar a entrada, levantando esse capuz, consigam entrar na flor (Maués 2002).

As flores de castanheira-do-brasil são hermafroditas, reunindo os dois sexos na mesma flor. Porém, não ocorre autopolinização, sendo necessária a transferência de pólen entre duas ou mais árvores para que ocorra a formação de frutos.

FIGURA 15

Flor da castanheira-do-brasil desde o início da abertura até a plena antese. Fotos: Andréa Santos.

B) Abertura da flor (antese)

A antese da flor de castanheira-do-brasil ocorre bem lentamente. No Pará, no município de Tomé-Açu, observou-se que o início da antese se dá a partir das 20h00, estando a flor completamente aberta à 01h00 (FIG. 15), semelhante aos resultados obtidos por Lima *et al.* (2009), que observaram a flor em processo de antese das 19h00 as 03h00. Entretanto, no Estado do Acre, no Amazonas e em outros estudos realizados na parte Oriental da Amazônia (Pinheiro & Albuquerque 1968; Müller *et al.* 1980; Maués 2002) verificou-se que a antese pode ocorrer entre as 3h30 e 5h00.



C) Receptividade do estigma:

O estigma é a parte da flor que recebe o grão de pólen e dá condições para que ele germine; o estilete é a estrutura que liga o estigma ao ovário e pela qual o grão de pólen emite um tubo que cresce e leva seus gametas até os óvulos contidos no ovário. É neste local que ocorre a fecundação. Todas essas estruturas formam o aparelho sexual feminino da flor.

Para que todo esse processo de fecundação ocorra é necessário sabermos quando ocorre a receptividade do estigma de uma flor, ou seja, quando o estigma está “pronto” para receber o grão de pólen viável à fecundação.

Estudos realizados na Amazônia Central indicam que o estigma está receptivo nas primeiras horas da manhã, perdendo gradativamente a receptividade após às 11h30.

FIGURA 16

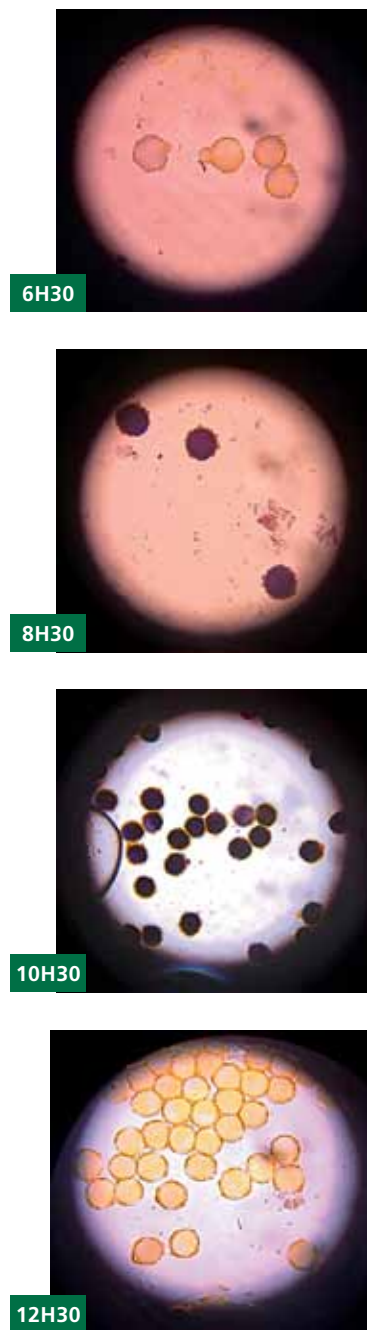
Grãos de pólen da castanheira-do-brasil vistos sob microscópio ótico em diferentes horários do dia, evidenciando os que estavam viáveis (cor escura) e não viáveis (cor clara).

Fotos: Márcia Maués.

D) Viabilidade do Pólen

Assim como a receptividade do estigma, a viabilidade do pólen também é de grande importância para a formação do fruto de castanheira-do-brasil. Apesar das flores abrirem na madrugada, a viabilidade do pólen ocorre entre às 6h00 e 12h00 (FIG. 16), com maior expressividade entre às 6h30 e 10h00.

Esse horário coincide com o período mais intenso de visita dos polinizadores.



O que é polinização?

Polinização é a transferência de grãos de pólen (**gametas masculinos**) da antera de uma flor para o estigma (**parte do órgão reprodutor feminino**) da mesma flor, de outra flor da mesma planta (**autopolinização**) ou de flores de outra planta da mesma espécie (**polinização cruzada**), mediada por **agentes abióticos** (vento e água) ou **bióticos** (animais).

(FIG. 17)



FIGURA 17

Desenho esquemático de uma abelha visitando a flor.

É um serviço ambiental que forma frutos e sementes em maior quantidade, e com melhor qualidade: maiores, mais bonitos, mais saborosos, mais atrativos aos consumidores, e, portanto, com maior valor de mercado (Free 1993).

De cada três alimentos que consumimos, um depende direta ou indiretamente dos serviços de polinização prestados pelos animais (McGregor 1976; Klein *et al.* 2007).

Destes alimentos, um terço faz parte da nossa dieta e da



FIGURA 18

Abelhas polinizadoras da castanheira-do-brasil em visita às flores. **(A)** *Xylocopa frontalis* abrindo uma flor em busca de recursos; **(B)** Casal de *Centris denudans* em cópula; **(C)** *Eulaema mocsaryi* coletando pólen. Fotos: Marcelo Cavalcante.

alimentação dos animais silvestres (Mader *et al.* 2010).

Segundo a FAO (2004), aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo são polinizadas por abelhas, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas.

A polinização das flores da castanheira-do-brasil é do tipo entomófila, ou seja, realizada pelos insetos. Os insetos responsáveis por este importante processo são abelhas grandes

(conhecidas como mamangavas) dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Eulaema*, *Eufriesea*, *Epicharis* e *Xylocopa* (Müller 1981; Maués 2002, Cavalcante *et al.* 2012). Essas abelhas têm tamanho que varia entre 2,5 e 4 cm, são capazes de voar longas distâncias, e quando pousam na flor forçam a abertura do capuz com movimentos vigorosos das pernas anteriores, abaixando o capuz e conseguindo entrar total ou parcialmente na câmara corolífera. Dessa forma, aproveitam todos os seus recursos. Neste caso o percentual de vigamentos dos frutos vai depender do

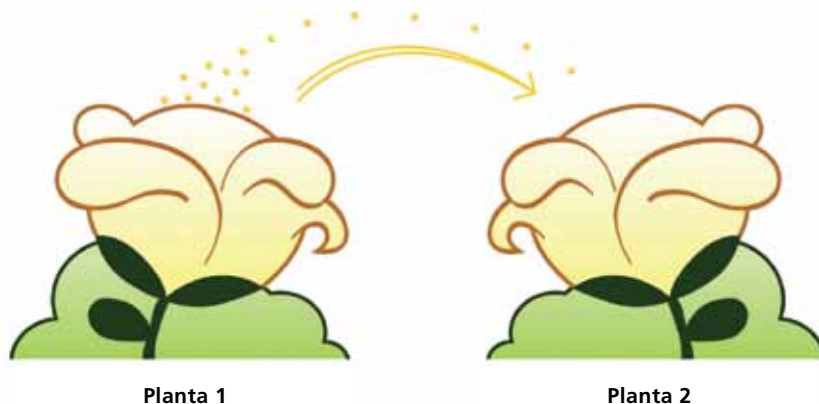
número de insetos presentes na área.

Os polinizadores visitam as flores em busca de alimento (néctar e pólen) ou local para acasalamento. Ao entrarem nas flores para realizar essas tarefas, tocam nos órgãos reprodutivos masculinos da flor (estames), sujam-se de pólen que adere ao seu corpo e, ao visitarem outras flores, acidentalmente transferem o pólen para a parte feminina da flor (estigma) de outras flores e promovem a polinização (FIG. 18).

Ilustrações de Lúcio Cavalcanti.

A) Polinização Cruzada ou Xenogamia:

flores de uma planta são polinizadas com pólen de flores de outra planta.

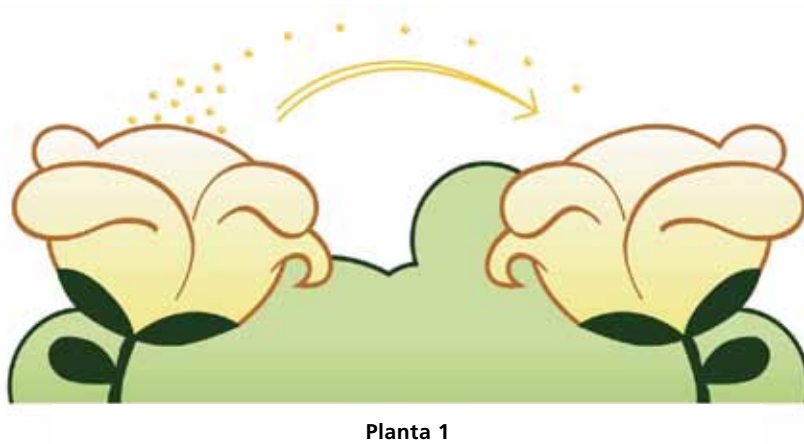


As abelhas fêmeas visitam as flores em busca de néctar e pólen, que são usados para sua própria alimentação e para a alimentação de sua cria. As abelhas machos vão em busca de alimento (néctar) e de fêmeas para acasalar. O néctar é a fonte de energia e o pólen contém a proteína utilizadas por esses insetos.

Para saber como funciona o sistema reprodutivo da castanheira-do-brasil, foram feitos cruzamentos controlados, usando os seguintes procedimentos:

B) Autopolinização por Geitonogamia:

flores são polinizadas com pólen de flores da mesma planta.



- C) Autopolinização Espontânea:
as flores são isoladas com
sacos e não há interferência
de visitantes, nem polinização
manual.



Planta 1

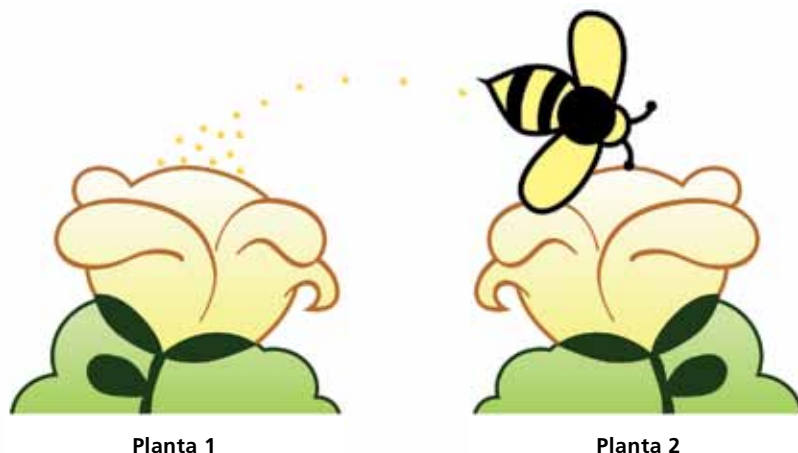
- D) Autopolinização Induzida:
flores são polinizadas com
pólen da mesma flor.



Planta 1

E) Polinização Livre (controle):

as flores são marcadas e não isoladas, permitindo a visita dos polinizadores.



Constatamos que a castanheira-do-brasil é uma planta predominantemente alógama, ou seja, depende quase que totalmente da polinização cruzada, como observado na formação inicial de frutos de pistilos autopolinizados em testes de polinização manual (FIG. 19) (Cavalcante *et al.* 2012; Santos *et al.* 2012). O elevado índice de abortamento de frutos observado após as polinizações

controladas indica autoincompatibilidade pós-zigótica, e merece um estudo mais detalhado para o entendimento das causas desse baixo vingamento de frutos.

Todos os testes de polinização manual realizados no Acre, Amazonas e Pará (Lima *et al.* 2009; Cavalcante *et al.* 2012; Santos *et al.* 2012) não deram bons resultados na formação



FIGURA 19

Polinização manual das flores da castanheira-do-brasil. **(A)** Transferência manual de pólen com pincel; **(B)** uso da acetona para limpar o pincel; **(C)** marcação da flor polinizada. Fotos: Márcia Maués.

de frutos. A taxa de conversão flor/fruto não pôde ser medida, uma vez que os raros frutos que começaram a se formar, não chegaram ao estágio final de maturação. Ainda assim, em Itacoatiara/AM (Cavalcante *et al.* 2012) e em Tomé-Açu/PA (Santos *et al.* 2012) houve formação inicial de frutos até 45 dias após as polinizações tanto nos cruzamentos entre plantas diferentes (xenogamia), como

na autopolinização (geitonogamia). Nas flores que foram deixadas para serem polinizadas naturalmente pelos visitantes florais (polinização livre), a formação de frutos foi inferior ao resultado da polinização cruzada, indicando um possível déficit de polinização nas áreas cultivadas. Estudo realizado em Rio Branco-AC, onde foram avaliados aspectos visuais do desenvolvimento de frutos da

castanheira, registrou-se um número médio de 139,6 flores por inflorescência. Nas inflorescências manipuladas apenas 2,7% das flores contadas geraram frutos, enquanto que em inflorescências não manipuladas esse valor foi da ordem de 10%. Observou-se 75% de aborto nas inflorescências manipuladas e nas não manipuladas nenhum aborto foi observado após 70 dias (Reis *et al.* 2014).

Visitantes florais e polinizadores

Uma grande diversidade de insetos (mais de 30 espécies) visita as flores da castanheira (TABELA 3). Podemos agrupá-los em 3 categorias, de acordo com o seu comportamento durante as visitas e contato (ou não) com os órgãos reprodutivos da flor:

1. Polinizadores

São aqueles que abaixam o capuz, entram na flor, coletam néctar e, acidentalmente, tocam nas anteras com a cabeça e o tórax se sujando de pólen, e ao visitar outra flor, transferem esse pólen para o estigma. Os polinizadores podem ser divididos em duas categorias: **Polinizadores Efetivos (P)**, aqueles que quando tocam as estruturas masculinas e/ou femininas da flor e/ou têm frequência de visitas mais elevada e **Polinizadores Ocasionais (O)**, os que nem sempre entram em contato com os órgãos reprodutivos e/ou visitam esporadicamente as flores. São conhecidas **25 espécies de polinizadores da castanheira-do-brasil**. (TABELA 3).

2. Pilhadores (R)

Roubam o pólen das corbículas dos polinizadores ou perfuram a flor para ter acesso aos recursos florais. (ex. abelhas-sem-ferrão – FIG. 20). **Seis espécies de visitantes florais se encaixam nesta categoria.**

3. Visitantes (V)

São aqueles que visitam as flores sem entrar em contato com o estigma ou coletam pólen caído na flor após a ação dos polinizadores (ex. lepidópteros – FIG. 21). **Pelo menos cinco espécies de visitantes estão nesta categoria.**

FIGURA 20

Abelhas-sem-ferrão (*Trigona chanchamayoensis*) perfurando o capuz da flor de castanheira-do-brasil. Sítio São Vicente Altamira-PA. Fotos: Igor Nascimento.



FIGURA 21

Visitantes florais de *Bertholletia excelsa* que não contribuem à polinização. (A) Hesperíidae: *Chrysoplectrum perniciosus*; (B) Hesperíidae: *Pyrrhopyge* sp.; (C) abelha-africanizada (Apidae: *Apis mellifera*); (D) Riodinídae: *Synargis mycone*. Fotos: Márcia Maués.



TABELA 3
Lista de visitantes florais (V), pilhadores (R) e polinizadores ocasionais (O) e efetivos (P) da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) coletados nas flores de plantios situados nos municípios de Itacoatiara/AM (I); Tomé-Açu/PA (TA) e Belém/PA (B).

Visitantes e polinizadores		Local			Tipo
NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	I	TA	B	
Abelha-do-mel, -melífera, -europeia ou -africanizada	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	X	X	X	V
Mamangava, mangangá	<i>Bombus (Fervidobombus) brevivillus</i> Franklin, 1913			X	P
Mamangava, mangangá	<i>Bombus (Fervidobombus) transversalis</i> (Olivier, 1789)	X	X	X	P
Abelha solitária	<i>Centris (Ptilotopus) americana</i> (Klug, 1810)	X			P
Abelha solitária	<i>Centris (Trachina) carrikeri</i> Cockerell, 1919	X			P
Abelha solitária	<i>Centris (Ptilotopus) denudans</i> Lepeletier, 1841	X			P
Abelha solitária	<i>Centris (Xanthemisia) ferruginea</i> Lepeletier, 1841	X			O
Abelha solitária	<i>Centris (Trachina) similis</i> (Fabricius, 1804)			X	O
Abelha solitária	<i>Centris</i> sp. Fabricius, 1804		X	X	O
Abelha solitária	<i>Epicharis (Hoplepicharis) affinis</i> Smith, 1874			X	P
Abelha solitária	<i>Epicharis (Epicharana) conica</i> Smith, 1874	X			O
Abelha solitária	<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> Friese, 1900	X			P
Abelha solitária	<i>Epicharis (Epicharana) rustica</i> Olivier, 1789			X	P
Abelha solitária	<i>Epicharis</i> sp. Klug, 1807			X	P
Abelha solitária	<i>Epicharis (Epicharis) umbraculata</i> Fabricius, 1804	X			P

Visitantes e polinizadores		Local			Tipo
NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	I	TA	B	
Abelha solitária	<i>Epicharis (Parepicharis) zonata</i> Smith, 1854	X			O
Abelha-das-orquídeas	<i>Eufriesea flaviventris</i> (Fries, 1899)	X			P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eufriesea purpurata</i> (Mocsáry, 1896)	X			P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eufriesea</i> sp. Cockerell, 1908			X	P
Abelha-das-orquídeas	<i>Euglossa</i> sp. Latreille, 1802			X	V
Abelha-das-orquídeas	<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789)	X	X	X	P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eulaema (Eulaema) bombiformis</i>	X	X	X	P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eulaema (Apeulaema) mocsaryi</i> (Fries, 1899)	X			P
Abelha-das-orquídeas	<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841			X	P
Mirim	<i>Frieseomelitta longipes</i> (Smith, 1854)	X			R
Abelha solitária	<i>Megachile</i> sp. Latreille, 1802	X	X		O
Nariz-de-anta	<i>Melipona (Michmelia) lateralis</i> Erichson, 1848	X			V
Irapuá	<i>Trigona chanchamayoensis</i> Schwarz, 1948		X	X	R
Mamangava, mangangá	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) aurulenta</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	P

1 Müller *et al.* 1980; Moritz 1984;
Maués 2002; Cavalcante *et al.* 2012
2 Identificação das abelhas: Favízia
Oliveira; Identificação das
borboletas: Fernando Carvalho Filho

Visitantes e polinizadores		Local			Tipo
NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	I	TA	B	
Mamangava, mangangá	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	X	X	X	P
Borboleta	<i>Chrysoplectrum perniciosus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)		X		V
Borboleta	<i>Pyrrhopyge</i> sp.		X		V
Borboleta	<i>Synargis mycone</i> (Hewitson, 1865)		X		V
Besouro	Coleoptera	X	X	X	V
Beija-flor	Trochilidae	X	X	X	V

Dentre as categorias acima mencionadas, serão feitas descrições mais detalhadas do comportamento dos polinizadores efetivos e ocasionais, a saber:

A) Polinizadores

O comportamento de forrageamento dos visitantes e polinizadores nas flores da castanheira mostra que as abelhas coletam tanto pólen quanto néctar das flores de castanha-do-brasil. As abelhas iniciam suas atividades de coleta de néctar e pólen nas primeiras horas do dia, atingindo o pico de forrageamento entre as 05h30 e 6h00. Após as 10h00 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. Entretanto, um pequeno número de abelhas permanece forrageando no período da tarde, especialmente a espécie de mamangava-de-toco *Xylocopa frontalis* (FIG. 22).



FIGURA 22

Abelha mamangava *Xylocopa frontalis*. Foto: Marcelo Cavalcante.

O visitante mais abundante nas copas da castanheira é a mamangava *Xylocopa frontalis*. Estas abelhas são as primeiras a chegar às flores (por volta das 5h15 em Itacoatiara/AM, e às 6h30 em Belém e Tomé-Açu/PA, e em Rio Branco/AC) para coletar néctar e pólen, sendo encontrada em grandes quantidade e frequência em todo o período de floração. Ao chegar às flores, *X. frontalis* faz uma breve inspeção,

escolhendo a flor, penetra na flor utilizando a lígula da flor como plataforma para coletar néctar da base da lígula. Essa espécie aparentemente carrega 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, direciona o pólen às escopas e retira o excesso com as pernas dianteiras.

* Escopa é um tufo de pêlos no terceiro para de pernas usado para transportar o pólen.



FIGURA 23

Abelha mamangava *Xylocopa aurulenta*. Foto: Márcia Maués.

Xylocopa aurulenta (FIG. 23) só foi registrada em Belém e Tomé-Açu/PA, onde costuma chegar cedo às flores, sendo uma das primeiras visitantes, e devido ao seu tamanho reduzido em comparação com a *X. frontalis*, tem a capacidade de entrar totalmente na flor, girar e sair de frente, transportando uma grande quantidade de pólen na porção superior do tórax e na cabeça.

Centris denudans (FIG. 24) foi observada nas copas e visitando as flores nas árvores de Ita-coatiara/AM, durante todo o período de floração, 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, realiza voos rápidos por toda a copa, perseguindo outras abelhas da mesma espécie, provavelmente

FIGURA 24

Abelha solitária *Centris denudans*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

FIGURA 25

Abelha solitária *Eulaema bombiformis*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

em tentativa de acasalamento ou para afugentá-la da fonte de alimento. Essa espécie pode ser observada forrageando no período da tarde, inclusive nas horas mais quentes do dia. Seu comportamento de abordagem à flor é diferente de *X. frontalis*. Sem apresentar preferência de escolha de flores, penetra imediatamente nas mesmas ao chegar à copa, e durante suas visitas coletava néctar da base da lígula.

As espécies *Eulaema bombiformis* (FIG. 25) e *E. meriana* também estiveram presentes em todo o período de floração em Itacoatiara/AM e Tomé-Açu/PA, mas apenas no período matutino. Apresentam comportamento de escolha das flores semelhante à *X. frontalis*, frequentemente rejeitando





FIGURA 26

Abelha social *Bombus transversalis*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

algumas flores, entretanto, transportam grande quantidade de pólen nas corbículas. Devido à sua longa glossa (língua), também coletam néctar da base da lígula, sendo isto facilitado pela lígula que serve de plataforma. Já a espécie *Centris americana* foi observada apenas em alguns momentos da floração e em pequenas quantidade e frequência (nunca mais de um espécime por árvore). Ao abordar a flor, segue o mesmo

movimento das outras abelhas grandes, utilizando a lígula da flor como plataforma e coletando néctar da sua base.

Bombus transversalis (FIG. 26) aparentemente tem distribuição mais restrita na Amazônia Central, pois raramente foi vista nas castanheiras de Itacoatiara/AM, e é uma espécie comum em Tomé-Açu e Belém/PA, observada apenas no período inicial da floração e somente na variedade Abufari, no período da manhã. Era uma das espécies que mais demorava visitando as flores, podendo passar mais de 90 segundos em seu interior, entretanto, transportava pouca quantidade de pólen. Devido ao seu porte médio, ao visitar a flor penetra quase totalmente para coletar o néctar da base da lígula.

FIGURA 27

Abelha solitária *Eulaema mocsaryi*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

Bombus brevivillus teve comportamento compatível com o de polinizador efetivo, porém só foi registrada em um cultivo de Belém/PA.

Eulaema mocsaryi (FIG. 27) foi a segunda espécie mais frequente em Itacoatiara/AM e abundante durante todo o período de floração das castanheiras, principalmente no período da manhã, também sendo registrada sua presença no período da tarde. Porém, foi pouco frequente em Tomé-Açu/PA. Frequentemente, rejeitava flores que possivelmente já haviam sido visitadas. Entre uma visita e outra, em voo ou pendurada em uma folha, direcionava o pólen do corpo para as corbículas, que normalmente já estavam com grandes cargas polínicas.



Eulaema nigrita foi muito frequente em um cultivo na área experimental da Embrapa em Belém, e não foi observada nas demais áreas. Essa espécie é típica de áreas alteradas e, considerando que o plantio situa-se em uma área periurbana, é importante registrar sua presença como um polinizador efetivo da castanheira.



FIGURA 28

Abelha solitária *Epicharis conica*.

Foto: Marcelo Cavalcante.



FIGURA 29

Abelha solitária *Epicharis flava*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

Epicharis conica (FIG. 28) esteve presente em todo o período de floração nas castanheiras de Itacoatiara/AM e, assim como *E. mocsaryi*, foram observadas visitando no período da tarde, sendo mais frequente pela manhã. Devido ao seu porte pequeno, penetra quase totalmente na flor e diferentemente das espécies citadas anteriores, girava todo o corpo dentro da flor, saindo de frente.

Epicharis flava (FIG. 29) também só foi encontrada em Itacoatiara/AM, e esteve presente em pequenas quantidades e apenas quando existia uma grande quantidade de árvores em floração. Transporta bastante pólen na parte superior do tórax, podendo ser um polinizador efetivo da castanheira

FIGURA 30

Abelha solitária *Epicharis zonata*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

FIGURA 31

Abelha solitária *Epicharis flaviventris*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

Epicharis zonata (FIG. 30) é uma abelha de porte pequeno, que assim como outras do seu tamanho penetra totalmente na flor (ficando escondida) e sai de frente, carregando pequena quantidade de pólen. Foi encontrada apenas em Itacoatiara/AM, quando já havia grande quantidade de árvores florescendo, principalmente no período da manhã por volta das 9h00.

Eufriesea flaviventris (FIG. 31) é uma espécie de porte médio e movimentação rápida. Foi a única espécie observada com comportamento de coleta exclusiva de pólen, muitas vezes visitando, consecutivamente, a mesma flor. Entretanto, apresenta hábito frequente de rejeitar flores, talvez recém visitadas





FIGURA 32

Abelha solitária *Centris ferruginea*.

Foto: Marcelo Cavalcante.

FIGURA 33

Abelha solitária *Megachile* sp.

Foto: Marcelo Cavalcante.



por outras abelhas. Entre uma visita e outra, em voo, direcionava o pólen que se encontrava no tórax para as corbículas. Só foi registrada no plantio de Itacoatiara/Am.

Centris ferruginea (FIG. 32)

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. Essa abelha só foi encontrada em Itacoatiara/AM.

Megachile sp. (FIG. 33) foi a espécie de menor porte observada visitando as flores. Entrava totalmente na flor, forçando-se por entre as pétalas e a lígula, e saindo de frente com pequena

FIGURA 34

Abelhas solitárias: (A) *Eufriesea purpurata*; (B) *Eulaema cingulata*.
Fotos: Marcelo Cavalcante.

quantidade de pólen nas escovas ventrais. Pelo seu porte, provavelmente coletava néctar da base das anteras e estigma. Devido à sua grande velocidade de voo e pouca abundância, conseguia-se observar apenas uma visita. Registrou-se sua presença nos plantios de Itacoatiara/AM e Tomé-Açu/PA.

Eulaema cingulata (FIG. 34A), *Epicharis umbraculata*, *Centris carrikeri* e *Eufriesea purpurata* (FIG. 34B), foram coletadas e observadas visitando as flores, porém em raríssimas ocasiões, e somente em Itacoatiara.

Outras espécies como *E. rustica*, *E. affinis*, *Epicharis* spp., *Centris similis* e *Centris* spp. foram polinizadores comuns no plantio da Embrapa em Belém/PA, mas não encontradas no Amazonas.





FIGURA 35

Abelha-melífera (*Apis mellifera*).

Foto: Márcia Maués.

FIGURA 36

Frieseomelitta longipes roubando pólen de *Eulaema mocsaryi*. Foto:

Marcelo Cavalcante.



B) Visitantes florais e/ou pilhadores

Algumas abelhas se aproximavam das flores da castanheira em busca dos recursos florais, porém não conseguiam realizar visitas legítimas, isto é, aquelas que podem efetivamente contribuir para a polinização. Os principais motivos dessa ilegitimidade nas visitas foi a incapacidade de entrarem na flor e fazerem contato com os órgãos reprodutivos (anteras e estigma), o que impossibilita a deposição adequada de pólen. Dentre essas abelhas, a espécie *Apis mellifera* (FIG. 35) estava presente nas árvores em pequenas quantidades, sendo o início da manhã o horário em que se encontrava mais frequente. 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 (FIG. 36) encontrava-se nas árvores durante todo o período da manhã e em maiores quantidades que *A. mellifera* e, pelas mesmas razões que aquela, não conseguia acessar os recursos florais. Entretanto, *F. longipes* apresentou o comportamento de tentar coletar o pólen das corbículas das outras espécies maiores no momento em que as mesmas estavam visitando as flores, fazendo com que, muitas vezes, essas abelhas maiores abandonassem a flor.

Melipona laterallis e *Euglossa* sp. também se aproximaram das flores, mas o máximo que conseguiam fazer era recolher o pólen caído sobre as pétalas após as visitas dos polinizadores efetivos.

Sem a ação das abelhas polinizadoras da castanheira não haverá produção de castanhas-do-brasil.

É possível criar e manejar os polinizadores da castanheira-do-brasil?

FIGURA 37

Substrato artificial com pedaços de madeira perfurada e bambu ofertados para ocupação por abelhas solitárias.

Foto: Márcia Maués



Apesar de já existirem diversos casos de sucesso na criação racional de abelhas mamangavas dos gêneros *Bombus* e *Xylocopa* tanto nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, como no exterior, ainda se faz necessária a adaptação das metodologias específicas para a criação racional das espécies de abelhas encontradas polinizando a castanheira na região Norte. As espécies de *Bombus* da Amazônia são particularmente agressivas, e as tentativas de coleta de ninhos para criação racional ainda não têm tido o sucesso esperado. No caso da *Xylocopa frontalis*, ninhos artificiais desenvolvidos por Freitas & Oliveira Filho (2003) instalados em áreas de

FIGURA 38

Criação de abelhas solitárias e semi-sociais. (A) Ninhos de *Eulaema nigrita*. Foto: Marcelo Cavalcante; (B) e (C) Ninhos de *Xylocopa frontalis*. Fotos: Anderson Vieira.

cultivo de castanheira tiveram baixa ocupação, provavelmente devido ao fato de que nas proximidades dos plantios há plena oferta de substratos naturais para a nidificação destas abelhas na natureza, o que é característico da região Amazônica (FIG. 37).

Até o momento, muito pouco se sabe sobre a biologia destes polinizadores na Amazônia, em particular *Xylocopa*, *Eulaema* spp., *Centris* spp. e *Bombus* spp. (FIG. 38). Essa falta de informações dificulta a sua criação e manejo, reforçando a necessidade de maiores estudos para o entendimento dos procedimentos necessários à sua criação racional.



Práticas amigáveis aos polinizadores

FIGURA 39

Vista aérea de uma paisagem fragmentada, com baixa conectividade entre os fragmentos florestais. Curuá-Una/PA. Foto: José Benito Guerrero.



A conservação dos polinizadores nas áreas cultivadas é essencial para assegurar boas colheitas. A perda de habitat decorrente do uso alternativo do solo leva à redução da população de polinizadores. Além disso, outros fatores que contribuem para o declínio dos polinizadores podem ser mencionados:

1. Fragmentação do habitat

A remoção da vegetação natural por práticas de desflorestamento, conversão para agricultura (FIG. 39), obras de infraestrutura e/ou habitação reduzem a disponibilidade de alimentos e locais de nidificação das abelhas, e podem dificultar a sua mobilidade pela falta de conectividade entre os fragmentos (Biesmeijer *et al.* 2006; Kremen *et al.* 2007).

FIGURA 40

Área com monocultivo. Foto: Marcia Maués.



2. Agricultura em larga escala
Monoculturas (FIG. 40), cultivo intensivo do solo, uso de maquinário agrícola, irrigação, remoção da vegetação herbácea e introdução de variedades vegetais geneticamente melhoradas reduzem a diversidade e quantidade de fontes alternativas de alimentação e locais de nidificação para as abelhas e polinizadores em geral (Biesmeijer *et al.* 2006).

3. Uso indiscriminado de agrotóxicos

A aplicação de agrotóxicos para controle químico de pragas e patógenos, com alta toxicidade aos polinizadores e sem observar o seu horário de visitas, pode levar à morte, atuar como repelente e ainda provocar efeitos tóxicos subletais (desorientação de voo, redução na

produção de crias, entre outros) (Pinheiro & Freitas 2010; Freitas & Pinheiro 2010) (FIG. 41). O emprego de agrotóxicos pode suprimir ou reduzir a produção de néctar e pólen em algumas plantas, diminuindo a oferta de alimentos aos polinizadores (Johansen & Mayer 1990).



FIGURA 41

Uso de agrotóxicos e seus impactos nos polinizadores. Livro Polinizadores e Pesticidas.

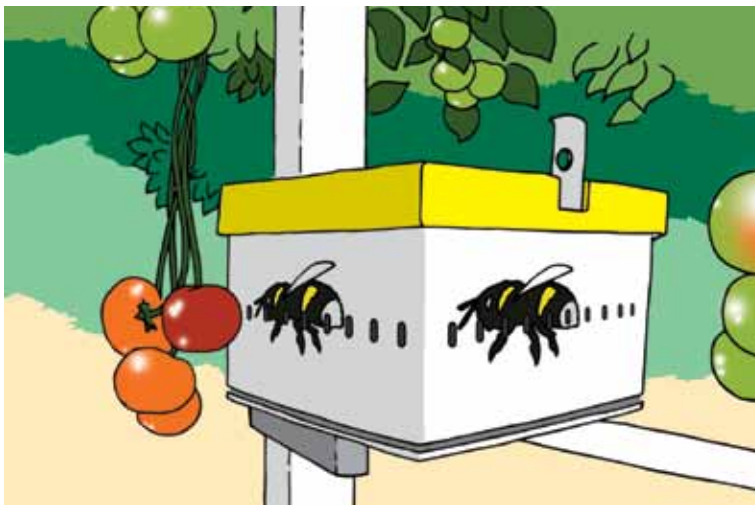
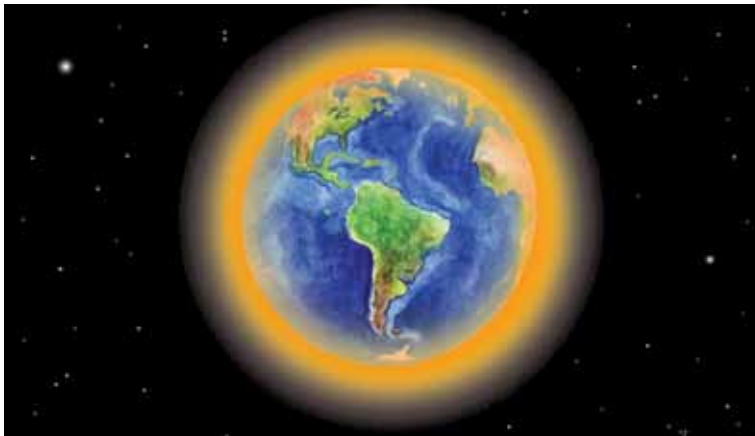


FIGURA 42
Mudanças climáticas globais.

FIGURA 43
Criação de polinizadores exóticos
(*Bombus terrestris*).

4. Mudanças climáticas globais

Mudanças bruscas na temperatura do ar, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos meteorológicos (FIG. 42) podem levar a alterações na distribuição geográfica das espécies de abelhas e plantas. Além disso, podem mudar seus ciclos reprodutivos, e, nos casos mais drásticos, levar à ruptura das interações abelha-planta (Hegland *et al.* 2009).

5. Introdução de espécies exóticas

Polinizadores exóticos (FIG. 43) podem competir por recursos florais e locais de nidificação com as espécies nativas, além de possibilitar a entrada de novos parasitas e patógenos (Potts *et al.* 2010).

Para mitigar esses impactos, deve-se incentivar a adoção de medidas que favoreçam a atração e permanência de polinizadores em áreas de plantio, e que contribuam para a

FIGURA 44

(A) Ninhos-armadilha com bambu. Foto Anderson Vieira; (B e C) Rancho entomológico ou hotel de abelhas com ninhos artificiais de madeira e bambu. Fotos: Márcia Maués; (D) Detalhe de uma *Xylocopa frontalis* usando o ninho artificial de madeira. Foto: Cristiane Krug.



A



B



C



D

produção de frutos e sementes, conservação ambiental e equilíbrio ecológico.

O conjunto de ações que auxiliam na manutenção de populações adequadas de polinizadores em agroecossistemas vem sendo chamado de Práticas Amigáveis ao Polinizadores.

Dentre as práticas amigáveis aos polinizadores da castanheira, podemos destacar:

A. Conhecer os polinizadores presentes na propriedade e os locais onde eles nidificam;

B. Evitar o uso de agrotóxicos, especialmente de inseticidas, dando preferência ao controle biológico;

C. Evitar o uso do fogo/queimadas na limpeza de áreas;

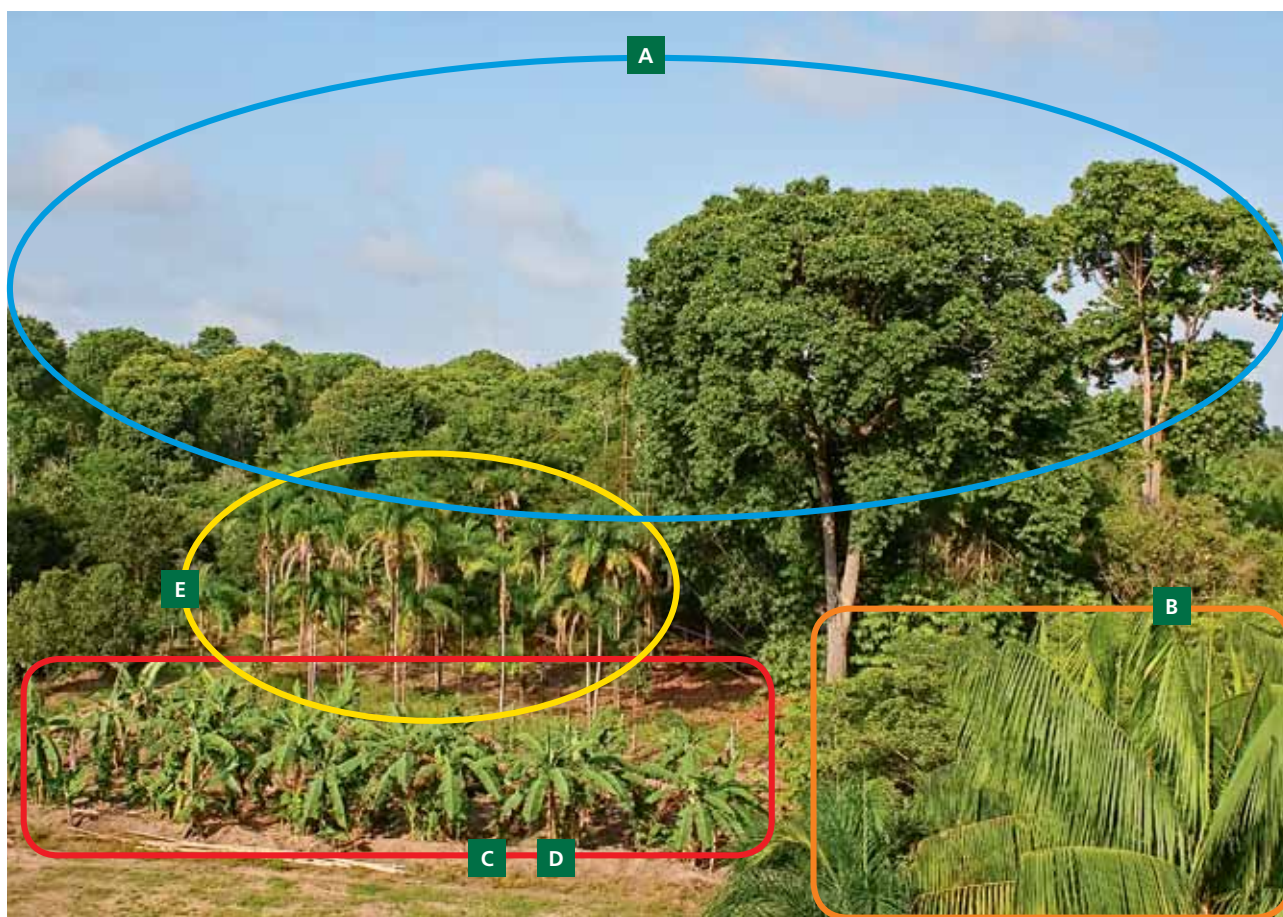
D. Conservar as áreas de floresta e vegetação secundária na propriedade rural (APPs e Reserva Legal — respeito à Lei sobre Proteção

da Vegetação Nativa), plantas complementares, importantes para a alimentação e nidificação das abelhas;

E. Oferecer locais para nidificação das abelhas (troncos de árvores, blocos de madeira, entrenós de bambu, moirões de cerca, barrancos e árvores de grande porte) (FIG. 44);

FIGURA 45

Sistema agroflorestal com: **(A)** castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*); **(B)** açaí (*Euterpe oleracea*); **(C)** banana (*Musa sp.*); **(D)** pimenta-do-reino (*Piper nigrum*); **(E)** pupunha (*Bastris gasipaes*).



F. Cultivar plantas produtoras de néctar e pólen atrativas aos polinizadores da castanheira-do-brasil, como por exemplo urucum (*Bixa orellana*), maracujá (*Passiflora* spp.), cajá ou taperebá (*Spondias mombin*), acerola (*Malpighia emarginata*);

G. Incentivar o plantio da castanheira em sistemas agroflorestais (SAFs) (FIG. 45) ou sistemas agroecológicos;

H. Manter a conectividade das áreas remanescentes de vegetação nativa para facilitar o fluxo de polinizadores, fortalecendo os corredores ecológicos;

I. Divulgar a importância das práticas agrícolas amigáveis aos polinizadores e compartilhar experiências.

É importante destacar que a recomposição da vegetação suprimida em Área de Preservação Permanente (APP) é obrigatória, ressalvados os usos autorizados previstos pela Lei nº 12.651/2012.

Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, com finalidade de conservação e uso sustentável, à título de Reserva Legal (RL). Áreas de RL desmatadas irregularmente devem ter a vegetação

recomposta (saiba mais em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm; http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm).

Ao promover a recomposição da APP e RL, recomendamos utilizar plantas nativas com potencial de atração aos polinizadores.

Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos ao Sr. Tomio Sasahara, ao Sr. Edegar Sasahara e ao Sr. Michinori Konagano, da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (Camta), pelo apoio aos estudos na localidade de Quatro Bocas, Tomé-Açu/PA; ao Dr. Sérgio Vergueiro, ao Eng.-agrôn. Gabriel Teixeira de Paula Neto e ao Sr. Nonato Chaves, pelo apoio aos estudos na Fazenda Aruanã, em Itacoatiara/AM; à Embrapa Amazônia Oriental, especialmente à equipe do Laboratório de Entomologia e Setor de Veículos e Transporte (SVT), à Embrapa Amazônia Ocidental, à Embrapa Acre, à Universidade Federal do Pará (UFPA – Campus de Altamira), à Universidade Federal do Ceará (UFC), à Universidade Federal da Bahia (UFBA), à Universidade

Estadual do Pará (Uepa), ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), por ceder seus funcionários para atuar nesse projeto; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento por meio da Rede sobre Polinização da Castanheira – Processo nº 556406/2009-5, e à Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), ao Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF), ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), pelo apoio financeiro por meio do Projeto Global Polinizadores.

Referências bibliográficas

Baider, C. 2000. *Demografia e ecologia de dispersão de frutos de Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae) em castanhais silvestres da Amazônia Oriental*. Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Balée, W. 1989. The culture of Amazonian forests. In: D.A.Posey and W. Balée, eds., *Resource Management in Amazonia: Indigenous and Folk Strategies*, 1-21. *Advances in Economic Botany* nº7. Bronx: New York Botanical Garden.

Barros, A. V. L.; A. K. O. Homma; J. A. Takamatsu; T. Takamatsu & M. Konagano, 2009. Evolução e percepção dos sistemas agroflorestais desenvolvidos pelos agricultores nipobrasileiros do município de Tomé-Açu, estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento* 5(9): 7-37.

Biesmeijer, J. C.; Roberts, S.P.M.; Reemer, M.; Ohlemuller, R.; Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G.; Kleukers, R.; Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313:351–354.

Borges, P. 1967. *Do valor alimentar da castanha-do-pará*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Serviço de Informação Agrícola. 38p. (Estudos Técnicos, 39).

Campos, A.L.; Freitas, J.L.; Santos, E.S. & Silva, R.B.L. 2013. Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá. *Biota Amazônia* 3(1):1-8.

- Carvalho, J. E. U. 2006. Utilização de espécies frutíferas em sistema agroflorestais na Amazônia. In: Gama-Rodrigues, A. C. et al. (Ed.) *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense, p.169-176.
- Cavalcante, M. C. 2008. *Visitantes florais e polinização da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa H. & B.) em cultivo na Amazônia central*. Unpublished M.Sc Thesis, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 77p.
- Cavalcante, M.C.; Oliveira, F.; Maués, M.M. & Freitas, B.M. 2012. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) trees in Central Amazon Rainforest. *Psyche: A Journal of Entomology*, Article ID 978019.
- Cavalcante, P. B. 1976. *Frutos comestíveis da Amazônia*. 3ª ed. Belém, INPA, 279p.
- Clay, J.W.; Sampaio, P.T.B. Clement, C.R. 2000. *Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização*. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, Manaus-AM. 409p.
- Cymerys, M.; Wadt, L.H.O.; Kainer, K.; Argolo, V. 2005. Castanheira. p.61-73. In: Shanley, P.; Medina, G. (Eds.) *Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica*. Belém: CIFOR & Imazon. 304p.
- Diniz, T. D. de A. S.; Bastos, T. X. 1974. Contribuição ao conhecimento do clima típico da castanha-do-brasil. Belém, PA: IPEAN, 1974. p.59-71. il. (IPEAN. *Boletim técnico*, 64).

- Drummont, P. Silva, F. O. Viana, B. F. 2008. Ninhos de *Centris* (*Heterocentris*) *terminata* Smith (Hymenoptera: Apidae, Centridini) em Fragmentos de Mata Atlântica Secundária, Salvador, BA. *Neotropical Entomology* 37(3):239-246.
- Endress, P. K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge University Press, Cambridge. 511p.
- FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. p.19-25. In: B. M. Freitas & J.O.B. Portela (Eds.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Imprensa Universitária UFC, Fortaleza. 285p.
- Figueiredo, F. J. C.; Müller. C. H.; Müller, A. A.; Frazão, D. A. C. & Pereira, L. A. F. 1980. Tratamento físico na germinação de sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.). Belém, EMBRAPA-CPATU. 13p. (EMBRAPA-CPATU. *Boletim de Pesquisa*, 12).
- Frazão, D. A. C. 2005. Indicadores tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé-Açu, Pará. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 57p. (*Documentos*, 229).
- Free, J. B. 1993. *Insect Pollination of Crops*. Academic Press. 768p.
- Freitas, B. M. & Oliveira-Filho, J. H. 2003. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciencia Rural*, 33(6):1135-1139.
- Freitas, B. M.; Pinheiro, J. N. 2010. Efeitos sub-letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, 14:282-298.
- Gallai, N.; Salles, J.; Settele, J & Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-21.
- Haddad, C. J.; Bonelli, M. F. *Projeto Castanha-do-Brasil: Amapá*. [s. l.]: Fundação Getúlio Vargas, 2006. (Projeto Conexão Local, II). 32p.
- Hegland, S. J.; Nielsen, A.; Lázaro, A.; Bjerknes, A. L. & Totland, Ø. 2009. How does climate warming affect plant–pollinator interactions? *Ecology Letters* 12:184-195

- Homma, A. K. O. 2007. *A Imigração Japonesa na Amazônia: sua contribuição ao desenvolvimento agrícola*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: FIEPA. 217p.
- Homma, A. K. O; Menezes, A. J. E. A. & Maués, M. M. 2014. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas / Brazil nut tree: the challenges of extractivism for agricultural plantations. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém 9(2): 293-306.
- IBGE. 2013. *Produção da extração vegetal e da silvicultura*. (http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola)
- Johansen, C. A. & Mayer, D. F. 1990. *Pollinator protection. A bee and pesticide handbook*. Cherise, CT: Wickwas Press. 212p.
- Kainer, K. A.; Wadt, L. H. O. & Staudhammer, C. L. 2007. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*. 250: 244-255.
- Kearns, C. A.; D. W. Inouye & N. Waser. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83–112.
- Klein, A. M.; Vaissiere, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C. & Tscharntke, T. 2007. Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274(1608):303–313.
- 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. *Ecological Letters*, 10:299-314.

- Lima, L. M. da S.; Wadt, L. H. O.; Silva, L. M.; Azevedo, V. R.; Maués, M. M. 2009. Biologia reprodutiva de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em um plantio no Acre/AP. 43p. São Lourenço, MG. *Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia*/2009.
- Lima, L. M. Da S.; Fonseca, F. L.; Correia, M. F.; Wadt, L. H. O.; Guarino, E. S. G. 2012. Fenologia de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira-do-brasil), *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba) e *Copaifera* spp. (copaíba), na Amazônia Sul-ocidental. 64ª Reunião Anual da SBPC. Resumos expandidos.
- Lorenzi, H. 2000. *Árvores brasileiras*, 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, v.1. 368p.
- Mader, E.; Spivak, M. & Evans, E. 2010. *Managing Alternative Pollinators: A Handbook for Beekeepers, Growers, and Conservationists*. NRAES, 186. Ithaca, New York. 170p.
- Maués M. M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb.& Bonpl.) in eastern Amazônia. p.245-254. In: Kevan P & V.L. Imperatriz Fonseca. Pollinating Bees – The conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 313p.
- McGregor, S. E. 1976. *Insect pollination of cultivated crop plants*. USDA *Agriculture Handbook* nº494. 411p.
- MEA. 2005. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, DC: Island Press; Disponível em <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (acessado em 10.11.2014).
- Morellato, L. P. C. & Leitão Filho, H. F. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. *Revista brasileira de Biologia* 50(1): 163-173.
- Mori, S. A.; Prance, G. T. 1990. Taxonomy, ecology and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Humb & Bonpl: Lecythidaceae). In: Prance, G. T.; Balick, M. J. (Eds.). New directions in the study of plants and people: research contributions from the Institute of Economic Botany. New York: *The New York Botanical Garden*, 8:130-150. (*Advances in economic botany*).
- Moritz, A. 1984. Estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-do-Brasil. *Documentos EMBRAPA/CPATU* 29: 1-78.

- Müller, C. H. 1995. *A cultura da castanha-do-brasil*. Brasília: EMBRAPA-SPI. 65p. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. (Coleção Plantar, 23).
- Müller, C. H. 1981. Castanha-do-Brasil; estudos agronômicos. EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. (Embrapa-CPATU Documentos 2) 25p.
- Müller, C. H.; Rodrigues, I. A.; Müller, A. A. & Müller, N. R. M. 1980. Castanha-do-brasil: resultados de pesquisa. (Embrapa-CPATU. *Miscelânea*, 2). 25p.
- Nascimento, C. N. B.; Homma, A. K. O. 1984. *Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola*. Belém, Pará: Embrapa-CPATU, 1984. 282p.
- Nascimento, W. M. O.; Carvalho, J. E. U. & Müller, C. H. 2010. *Castanha-do-brasil*. Jaboticabal, FUNPE, 41p.
- Neves, E. S. 2013. *Potencial produtivo da castanheira-da-amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) em duas regiões da Amazônia brasileira*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC. 64p.
- Ortiz, E. G. 2002. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). p.61-7. In: Shanley, P., Pierce, A. R., Laird, S. A., Guillen, A. (Eds.). Tapping the green market: Certification and management of non-timber forest products. London: Earthscan Publications Ltda. 456p.
- Pardo, M. 2001. Estrutura Genética de Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em Floresta e em Pastagens no Leste do Estado do Acre. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP.

- Pereira, L. A. F.; Müller, C. H.; Müller, A. A.; Figueiredo, F. J. C. & Frazão, D. A. C. 1980. Escarificação mecânica e embebição na germinação de sementes de castanha-do-brasil. (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). (Belém EMBRAPA/CPATU, *Boletim de Pesquisa*, 56). 13p.
- Peres, C. A. & Baider, C. 1997. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 13:595-616.
- Pimentel, L. D.; Júnior, A. W.; Santos, C. E. M.; Bruckner, C. H. 2007. Estimativa de viabilidade econômica de cultivo de castanha-do-Brasil. *Informações Econômicas*, SP, 37(6): 26-36.
- Pinheiro, E. & Albuquerque, M. 1968. Castanha-do-pará. In: BRASIL. Ministério da Agricultura. *Livro anual da agricultura: revolução tecnológica*. Brasília. p.224-233.
- Pinheiro, J. N.; Freitas, B. M. 2010. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Australis*, 14:266-281.
- Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25:345-353.
- Prance, G. T. & Mori, S. A. 1979. Lecythidaceae – Part I: the actinomorphic – flowered New World Lecythidaceae. *Flora Neotropica. Monograph* nº 21. 270p.
- Reis, S. F.; Evangelista, J. S.; Wadt, L. H. O. 2014. Taxa de fertilização e vingamento de frutos de *Bertholletia excelsa*. II Seminário de Iniciação Científica, Embrapa Acre.
- Rockwell C. A.; Guariguata M. R.; Menton, M.; Arroyo Quispe E.; Quaadvlieg J.; Warren-Thomas E., et al. (2015) Nut Production in *Bertholletia excelsa* across a Logged Forest Mosaic: Implications for Multiple Forest Use. *PLoS ONE* 10(8): e0135464.
- Rodrigues, T.; Santos, P. L. Dos; Valente, M. A.; Rego, R. S.; Gama, J. R. N. F.; Silva, J. M. L. Da; Santos, E. Da S.; Rollin, P. A. M. 2001. Zoneamento agroecológico da município de Tomé-Açu, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 81p. (Embrapa Amazônia Oriental, *Documentos*, 118).
- Santos, A. C.; Maués, M. M.; Correa, F. S.; Moura, T. A. 2012. Biologia da polinização da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em Tomé-Açu, Pará. II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2012, Belém: *Anais II CBRG*.

- Scoles, R. & Gribel, R. 2011. Population Structure of Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) Stands in Two Areas with Different Occupation Histories in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 107/108:375-386.
- Terborgh, J.; Losos, E.; Riley, M. P. Riley, M. B. 1993. Predation by vertebrates and invertebrates on the seeds of five canopy tree species of an Amazonian forest. *Vegetatio*, v.107/108, p.375-386.
- Tonini, H. & Arco-Verde, M. F. O 2004. Crescimento da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima (Embrapa Roraima. *Comunicado Técnico*, 5). 6p.
- Tonini, H. 2011. Fenologia da castanheira do brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do Estado de Roraima. *Cerne*, 17:123-131.
- Vieira, A. H.; M. M. Bentes-Gama; A. C. Oliveira & R. B. Rocha, 2007. Contribuições sobre a fenologia da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. Bonpl.) em Porto Velho (RO). *Anais do Congresso de Ecologia do Brasil 7*: 1 CD-ROM.
- Vieira, L. S. & Santos, P. C. T. C. 1987. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres, 1987. 416p.
- Wadt L. H. O; Kainer K. A.; Gomes-Silva D. A. P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211:371 384.
- Zuidema, P. A.; Boot, R. G. A. 2002. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. *Journal of Tropical Ecology*, 18:1-31.



Apoio:



Realização:



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

Ministério do
Meio Ambiente

