

Giulia Rury Venturieri

ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea*) COM E SEM A INTRODUÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA URUÇU-AMARELA (*Melipona flavolineata*)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. PhD. Giorgini Augusto Venturieri

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Luciane Cristina Ouriques

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Venturieri, Giulia Rury
ECOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DO AÇAIZEIRO (*Euterpa oleracea*)
COM E SEM A INTRODUÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA URUÇU-AMARELA
(*Melipona flavolineata*) / Giulia Rury Venturieri ;
orientador, Georgini Augusto Venturieri ; coorientadora,
Luciane Cristina Oriques. - Florianópolis, SC, 2015.
122 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Açaí. 3. Fruticultura em terra-
firma. 4. Amazônia. 5. Abelha-sem-farro. I. Venturieri,
Georgini Augusto. II. Oriques, Luciane Cristina. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

“Ecologia da Polinização do Açaizeiro (Euterpe oleracea) com e sem a introdução de colônias da abelha uruçú- amarela (Melipona flavolineata)”

Por

Giulia Rury Venturieri

Dissertação julgada adequada, em 14 de julho de 2015, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.

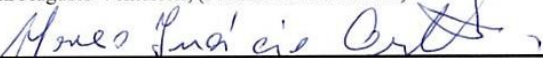


Prof. Dr. Ademir Antonio Cazella (Coordenador do Programa)

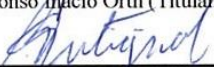
Banca Examinadora:




Dr. Giorgini Augusto Venturieri, (Presidente/Orientador)



Dr. Afonso Inácio Orth (Titular/FIT-UFSC)



Dr. César Assis Butignol (Titular Externo/FIT-UFSC)



Dr. Maurício Sedrez dos Reis (Titular Externo/FIT-UFSC)

Candidata ao título:



Giulia Rury Venturieri

Florianópolis, 14 de julho de 2015

Dedico este trabalho aos seres que
atizam minha curiosidade: os
insetos, as plantas e os homens que
lhes observam.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luzia Obara e Giorgi Venturieri, por serem meus exemplos e por tudo o que fizeram para eu chegar até aqui.

Ao Prof. Dr. Giorgini Augusto Venturieri por ter aceitado orientar-me no tema “polinização”, tanto na parte teórica, como na prática.

À Profa. Dra. Luciane Cristina Ouriques, pela coorientação no decorrer do projeto, sempre muito prestativa.

Ao Dr. Giorgio Cristino Venturieri, por apresentar-me à polinização e, também, por toda atenção e ajuda no desenvolvimento do tema.

A todos do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, em especial à Sra. Marlene, servidora técnica, profissional exemplar e de admirável presteza.

Aos professores Mauricio Sedrez dos Reis e Ilyas Siddique por terem me recebido, com paciência, nos momentos de dúvida e por incentivarem-me a continuar no caminho da pesquisa.

Ao Dr. Tomé de Farias Neto, que permitiu que meus estudos fossem feitos em sua propriedade e, ainda, por todas as nossas conversas.

À Dona Luzia e sua família em Igarapé-Açu que acolheram em sua casa meus colaboradores e eu.

À Clarissa pela revisão do texto em português, ao Caio e Maíra pela revisão do inglês. Ao Hugo, Dalmo, Elizangela, Giorgi e Luzia pela colaboração e apoio logístico nas coletas de campo.

Agradeço também ao meu namorado, Hugo, pela paciência e cumplicidade nos meus planos mirabolantes. Aos meus irmãos Maissara, Clarissa e Dalmo, pela nossa união e amizade. A todos os meus amigos, em especial, Paulo, Cintia, Luciana, Flávio, Bruno, Luan, Marinice, Elizangela e aos abelhudos da EMBRAPA/ CPATU, que me ajudaram nesta caminhada, por darem-me a felicidade de tê-los por perto e por darem-me a esperança de dias melhores. Aos meus padrinhos do coração, Katie e Gilberto, por adotarem a minha família e eu como parte de sua família. À família Obara e Venturieri pelos ensinamentos, em especial ao Takashi Obara “ditian”, que há mais de 80 anos continua a trabalhar com ânimo e respeito à terra.

Ao CNPq, pelo financiamento do projeto Bio-Norte e bolsa de estudo, n° 554318/2010-5 e à CAPES, pela continuidade da bolsa de estudo.

A todos, o meu muito obrigado, pois sem a ajuda de vocês esta caminhada não seria possível, ou pelo menos seria muito mais árdua.

“Eis aqui um que não fará grande carreira no mundo, por menos que as emoções o dominem”.
(Dom Casmurro-Machado de Assis, 1900)

RESUMO

A demanda crescente de polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) para o abastecimento das agroindústrias vem sendo uma alternativa atrativa para os produtores rurais, principalmente do estado do Pará. Dentre os sistemas de cultivo do açaizeiro, para fins de produção de frutos, consta o de cultivo em “terra-firme” irrigado, do qual pouco se tem conhecimento sobre o efeito na frutificação decorrente dos polinizadores nele existente. O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da polinização aberta (ao natural) e induzida com a introdução massiva da abelha-sem-ferrão urucu-amarela (*Melipona flavolineata*), na produção de frutos do açaizeiro (*E. oleracea*). Os estudos foram conduzidos em uma fazenda localizada em Igarapé-Açu no estado do Pará que tem por finalidade a produção comercial de frutos. Na descrição das estruturas sexuais do açaizeiro, foram compilados os dados pré-existentes na literatura complementados com a morfometria do cacho e macrofotografias coloridas e de microscopia de varredura das flores. Para determinar o momento mais propício para a polinização foi avaliada a fenologia da disponibilidade de pólen, de néctar e da receptividade do estigma. Os insetos visitantes das flores de *E. oleracea*, classificados como polinizadores potenciais, o foram com base: na frequência de visitação; no recurso explorado; na abundância de pelos na parte ventral; compatibilidade do seu tamanho corporal para o toque às anteras e ao estigma; e atividade de forrageamento nas flores de *E. oleracea* no período de maior probabilidade de ocorrência da polinização. No entanto, a introdução de 72 colônias de abelhas não interferiu na produção de frutos, atribuído à: forte influência ambiental sobre o forrageamento das abelhas; limitações na capacidade trófica das plantas para sustentarem os frutos pegos; e ao modelo experimental usado, já que o alcance de voo das abelhas, por ser elevado, pode ter possibilitado a elas a busca por recursos mais compensadores fora da área avaliada.

Palavras-chave: Açaí. Fruticultura em terra-firme. Amazônia.

ABSTRACT

The growing demand for assai pulp (*Euterpe oleracea*) to supply the agribusiness industries represents an attractive alternative for its rural producers, mainly in the state of Pará. Several cultivation systems are used to produce assai fruit, among them the upland irrigation supplemental system; however, little is known about the effects on fructification derived from pollinators present at the upland irrigation supplemental system of assai palm trees. This work investigated the effects of open pollination (natural) and the effects of induced pollination with mass introduction of stingless bee (*Melipona flavolineata*) colonies in the production of assai fruit (*E. oleracea*). The studies were conducted in a farm dedicated to the commercial production of assai fruit that is located in the city of Igarapé-Açu, in the state of Pará. The description of sexual structures of the assai palms was compiled using preexisting data available in the literature, complemented by the morphometry of the assai bunches and by scanning electron microscopy and color macrophotography of the assai flowers. To determine the most favorable moment of the pollination, the nectar phenology, the pollen availability, and the stigma receptivity were analyzed. The flower-visiting insects in *E. oleracea* were classified as pollinators based on the insect's visitation frequency and the resource foraged. Also considered was the abundance of hairs on their ventral part, compatibility between their body size and capacity to touch the anthers and stigma of *E. oleracea* flowers. However, the introduction of 72 colonies of stingless bee did not interfere in fruit production. This result was attributed to strong environmental influence on the bees foraging behavior, limitations on the trophic capacity of the plants to sustain their fruit, and the experimental model used, since the bee's flight range was extrapolated from the experimental area, which may have allowed them to find more profitable resources outside of the experimental area.

Keywords: Assai. Horticulture in upland. Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- a) Touceira de açazeiros (<i>E. oleracea</i>) com inflorescências em diferentes estágios de desenvolvimento; b) Emissão da inflorescência na planta; c) Tríade de flores nas cavidades das ráquulas; d-e) Distribuição de ráquulas ao longo de uma inflorescência semos frutos para melhor visualização. (BF= botão feminino; BM= botão masculino; DF = face dorsal; FF- flor feminina, FM – flor masculina; Ra- ráquila; Sp- espata (spathe); Spl– espatela); VF= face ventral. 34	
Figura 2.2- a) Detalhes de uma flor masculina; b) Detalhes de uma flor feminina. (Se- sépalas; St- estigma; Pt – pétalas; Fl– filete; An – anteras; seta mostrando o estilódio).....	36
Figura 2.3- Vista frontal de uma flor feminina com os três carpelos, sendo os assinalados com as letras b o que mais se desenvolveu e c e d os que pouco se desenvolveram. (Ov- óvulo). Barra para comparação de 500µm.	36
Figura 2.4- a) Vista frontal do estigma de uma flor feminina; b) Detalhe das papilas da face ventral de um dos braços estigmático posicionadas no retângulo da figura anterior; c) Canal estilar que conecta o estigma ao topo do lóculo; d) Detalhe das papilas interna do canal estilar posicionadas no retângulo da figura anterior.....	37
Figura 2.5- a) Corte transversal de um botão masculino; b) corte transversal das anteras; c) grão de pólen. (Se- sépalas; Pt – pétalas; St – estiloide; An – anteras; Fl- filete).....	37
Figura 2.6- Detalhes do fruto de açaí (<i>E. oleracea</i>). a) Fruto verde ainda em desenvolvimento; b) Fruto maduro; c) Fruto em estado avançado de maturação; d) Fruto com o mesocarpo a mostra; e) Fruto com o endocarpo; f) Semente. (Hí- hilo; Pg- poro germinativo; Ra- rafe; St- estigma persistente).....	38
Figura 2.7- Distribuição do número de ráquulas ao longo do terço proximal, mediano e apical da ráquis de cachos de açaí (N=11). Médias ($\bar{X} \pm DP$) seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$).	41
Figura 2.8- Distribuição do número de ráquulas em função da posição que ocupam na raque. a) No terço proximal; b) No terço mediano; c) No terço apical e respectivas equações de regressão, sendo número total de ráquulas a variável preditora.....	42
Figura 2.9- Comprimento das ráquulas em função da posição que ocupam na raque. a) no terço proximal; b) no terço mediano; c) no terço apical. Médias ($\bar{X} \pm DP$) seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).	43
Figura 3.1- Escala de intensidade da receptividade do estigma de <i>E. oleracea</i> a partir da reação da superfície estigmática em solução aquosa de 0,3% de Peridrol (contendo 30% de peróxido de oxigênio). a- Receptividade nula (0); b- Receptividade fraca (1); c- Receptividade moderada (2); d- Receptividade forte (3).	56

Figura 3.2- Distribuições da pluviosidade e da temperatura média na região no período estudado. Igarapé-Açú, PA. As barras verticais para a variável temperatura simbolizam o valor médio mensal, com os extremos de mínimo e máximo.....	58
Figura 3.3- Distribuição da intensidade da receptividade do estigma a partir do índice de receptividade (N=5 árvores), desde a antese até a senescência da flor de <i>E. oleracea</i> . Período de janeiro a fevereiro, 2014. Igarapé-Açú, PA.....	58
Figura 3.4- Distribuição da produção de néctar acumulado em flores de <i>E. oleracea</i> cultivado em terra firme. Igarapé-Açú, PA. Janeiro a julho de 2014....	60
Figura 3.5- Néctar produzido por flores de <i>E. oleracea</i> em dois períodos e em função do sexo das flores: a- Volume de néctar; b- Produção de açúcares; c- Término da produção de néctar. Barra vertical ($\bar{X} \pm DP$).	63
Figura 3.6- Diagrama de comparação qualitativa da disponibilidade de pólen e néctar (em volume e em produção de açúcar) em flores masculinas e femininas e a receptividade do estigma de <i>E. oleracea</i> . Igarapé-Açú, Pará.....	65
Figura 4.1- Mapa representativo da área de plantio estudado e dos tipos de cobertura vegetal predominantes em um raio de até 500m, com a indicação do ponto central da área de estudo aonde foram colocadas as colônias de <i>Melipona flavolineata</i> . Igarapé-Açú, Pará 1°01'47,76" S e 47°35'08,95" O. Os números de 1 a 4 localizam os quadrantes dentro da área de estudo.....	75
Figura 4.2- Interação entre quadrante (1 a 4) e época para a variável abundância de espécies (escala vertical). Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	78
Figura 4.3- Abundância de insetos visitantes de flores de <i>E. oleracea</i> (em unidades de score Z) por classe de hora. a) Abundância de insetos silvestres; b) Abundância de <i>A. mellifera</i> . IM- Inflorescência masculina; IF- inflorescência feminina. O retângulo cinza claro delimita o período determinado como o mais propício para a polinização de <i>E. oleracea</i>	84
Figura 4.4- Insetos visitantes de flores de <i>E. oleracea</i> . Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará. a) <i>Partamona combinata</i> ; b) <i>P. cupira</i> ; c) <i>Melipona flavolineata</i> ; d) <i>Apis mellifera</i> ; e) <i>Sarcodaxia lambens</i> ; f) <i>Protopolybia rejecta</i>	85
Figura 5.1- Croqui da área de estudo e faixas de acompanhamento de frutos formados e abortados após 10, 30 e 180 dias da exposição do estigma. Igarapé-açú, Pará.....	98
Figura 5.2- Temperatura e precipitação diárias nas épocas das avaliações.....	99
Figura 5.3- Análise da carga da corbícula das <i>M. flavolineata</i> observadas em cinco dias. Número de abelhas observadas com carga de pólen de açaí, com carga de pólen diferente de açaí e sem carga de pólen visível. Igarapé-Açú, Pa.....	100

Figura 5.4- Constância floral de <i>M. flavolineata</i> no período de antese das anteras de <i>E. oleracea</i> . *Data antecedida de dois dias com pouca chuva; **Data antecedida de dois dias de chuva intensa e constante.....	100
Figura 5.5- Quantidade de frutos formados em ráquulas das seções base, mediano e ápice do cacho avaliados após 10, 30 e 180 dias da exposição do estigma à polinização aberta. Estudo feito de janeiro a julho 2014 em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, PA. Barras assinaladas com a mesma letra não diferenciaram entre si ao nível de 5% de probabilidade.....	104
Figura 5.6- Frutos de <i>E. oleracea</i> amostrados aos 10, 30 e 180 dias após a exposição do estigma à polinização livre em: época 0 (5-14 de janeiro), época 1 (31 de janeiro-9 de fevereiro) e época 2 (10-18 de fevereiro). Dados dos frutos existentes em 9 ráquulas. Estudo de janeiro - julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Colunas seguidas da mesma letra apresentaram médias sem diferença estatística significativa, $p < 0,05$	106
Figura 5.7- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.....	106
Figura 5.8- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.....	107
Figura 5.9- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos abortados de <i>E. oleracea</i> ”, avaliados aos 30 e 180 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.....	108
Figura 5.10- Distribuição espacial das variáveis avaliadas tendo como os eixos aos Fatores 1, 2 e 3. As variáveis mais próximas entre si são as mais correlacionadas. A distância que assumem da confluência dos eixos plotados em zero é proporcional a sua contribuição para variância total e, por conseguinte, as mais influenciadoras no resultado.....	113
Figura 6.1- Modelo simplificado das inter-relações entre os conteúdos abordados.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Nome das cores e códigos das partes sexuais do açazeiro segundo 4 sistemas de mensuração.....	35
Tabela 2.2- Caracteres biométricos das partes sexuais do açazeiro (<i>Euterpe oleracea</i>) segundo dados obtidos na literatura e no presente trabalho.....	39
Tabela 2.3- Correlação entre os caracteres do cacho do açazeiro (<i>E. oleracea</i>) para N=11. Os valores em negrito denotam significância ao nível de 5% de probabilidade.....	42
Tabela 3.1- As probabilidades dos fatores: período climático; sexo das flores e interação entre ambos, serem estatisticamente iguais para as variáveis: término de produção de néctar, volume e quantidade de açúcar em flores de <i>E. oleracea</i> . Os valores em negrito mostraram diferenças significativas pelo teste de Fisher, $p < 0,05$	59
Tabela 4.1- Análise das probabilidades das variáveis abundância e diversidade de espécies dos insetos em flores de <i>E. oleracea</i> para verificar se são estatisticamente iguais nos fatores fenofase, quadrante, época e suas interações. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará. Valores em negrito destacam os fatores que influenciaram na diferença entre as médias, teste GLM, $p < 0,05$	77
Tabela 4.2- Interação entre quadrante e época para a variável abundância de espécies. Comparações univariadas pelo teste de DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos de médias com mesmas letras não diferiram estatisticamente.....	78
Tabela 4.3- Associação entre fatores ambientais (temperatura e pluviosidade) com a abundância e a diversidade dos insetos visitantes (N=234). Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará. Os valores em negrito indicam associação significativa pelo teste de correlação de Spearman, $p < 0,05$	78
Tabela 4.4- Número de espécies de insetos amostrados por época por fenofase da inflorescência ($\bar{X} \pm DP$). Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará.....	80
Tabela 4.5- Insetos visitantes de flores de <i>E. oleracea</i> e suas características, classificados por ordem decrescente de abundância. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014. Igarapé-Açu. Pará.....	81
Tabela 5.1- Morfótipos de pólen presentes em cargas de corbículas de <i>M. flavolineata</i> de 9:00 às 14:00h em 31 de janeiro, 2 de fevereiro, 4 de fevereiro e 7-9 de fevereiro de 2014, de colônias introduzidas em um plantio de <i>E. oleracea</i> em Igarapé-açu, PA.....	102
Tabela 5.2- A constância floral por viagem de <i>M. flavolineata</i> às fontes de pólen pela análise da carga polínica em corbículas coletadas em 31 de janeiro, 2 de	

fevereiro, 4 de fevereiro e 7- 9 de fevereiro de 2014, estratificada por horário, no intervalo de 8:00 às 15:00h.....	102
Tabela 5.3- A probabilidade dos fatores posição no cacho, época, quadrante e suas interações influenciarem a quantidade de frutos de <i>E. oleracea</i> formados e abortados em diferentes tempos de desenvolvimento do fruto. Estudo feito de janeiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Grafados em negrito os fatores significativos pelo teste GLM, $p < 0,05$	104
Tabela 5.4- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	106
Tabela 5.5- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	107
Tabela 5.6- Interação entre quadrante x época para a variável quantidade de frutos abortados de <i>E. oleracea</i> avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	108
Tabela 5.7- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos abortados de <i>E. oleracea</i> ” avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	108
Tabela 5.8- Análise da probabilidade dos fatores quadrante, distância do açazeiro em relação ao meliponário e suas interações influenciarem na quantidade de frutos de <i>E. oleracea</i> formados e abortados em diferentes tempos de desenvolvimento do fruto na presença de <i>M. flavolineata</i> . Estudo realizado de janeiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Grafados em negrito os fatores significativos para o teste GLM, $p < 0,05$	109
Tabela 5.9- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, com a presença de <i>M. flavolineata</i> : a) avaliados aos 10 dias; b) avaliados aos 30 dias; c) avaliados aos 180 dias, todos após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.	109
Tabela 5.10- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos formados de <i>E. oleracea</i> ”, com a presença de <i>M. flavolineata</i> avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de	

Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme Igarapé-Açú, Pará.....	110
Tabela 5.11- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos abortados de <i>E. oleracea</i> ”, com a presença de <i>M. flavolineata</i> : a) avaliados aos 30 dias; b) avaliados aos 180 dias, ambos após a exposição do estigma. Comparação univariada pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados por letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.....	110
Tabela 5.12- Índice de correlação e respectivas probabilidades para as variáveis. Frutos avaliados aos 10, 30 e 180 dias e abortos avaliados aos 30 e 180 dias em função da distância das colônias introduzidas de <i>M. flavolineata</i> , por quadrante. Os valores em negrito denotam diferença significativa pelo teste de correlação de Spearman, $p < 0,05$. Estudo feito de fevereiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA.....	111
Tabela 5.13- Auto-valores calculados para 7 componentes principais. Com 3 fatores foi possível explicar 81,9% da variância.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA- Análise de Variância

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa

CAPES – Cordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

GLM – Modelo Linear Generalizado

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

PROBIO – Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para Biodiversidade

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
REFERÊNCIAS.....	25
2. ARTIGO 1- DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS SEXUAIS DO AÇAIZEIRO (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	28
Resumo	28
Palavras-chave:	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
RESULTADOS.....	33
A descrição da planta:	33
A inflorescência:	33
As flores:	33
Os frutos	38
Biometria dos cachos:	38
DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS.....	48
3. ARTIGO 2- FENOLOGIA FLORAL DO AÇAIZEIRO: DISPONIBILIDADE DE NÉCTAR, PÓLEN E RECEPTIVIDADE ESTIGMÁTICA	52
Resumo	52
Palavras-chave	52
INTRODUÇÃO	52
MATERIAIS E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS.....	67
4. Artigo 3- INSETOS VISITANTES FLORAIS E INDICAÇÃO DE POLINIZADORES POTENCIAIS EM UM PLANTIO DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i>)	71
Resumo	71
Palavras-chave	71
INTRODUÇÃO	71
MATERIAIS E MÉTODOS	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
As condições ambientais	76
As flutuações ambientais	76
Os insetos visitantes	79
Os polinizadores potenciais, eventuais e suplementares	84

CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS.....	88
5. Artigo 4- PRODUÇÃO DE AÇAÍ CULTIVADO EM TERRA FIRME COM E SEM A INTRODUÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA URUÇU-AMARELA.....	93
Resumo.....	93
INTRODUÇÃO.....	94
MATERIAIS E MÉTODOS.....	96
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	99
A atividade das abelhas e as condições de temperatura e pluviosidade	99
A fidelidade polínica da <i>Melipona flavolineata</i>	101
Produção de frutos	103
Época e sua interação com o quadrante.....	105
A influência da <i>Melipona flavolineata</i> na formação de frutos	109
A influência da <i>Melipona flavolineata</i> na polinização do açaizeiro.....	111
CONCLUSÃO.....	113
REFERÊNCIAS.....	114
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
Proposta para trabalhos futuros.....	120
REFERÊNCIAS.....	120

1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma espécie de ocorrência espontânea no Panamá, Equador, Colômbia, Trindade, Venezuela, Guianas e Brasil (HENDERSON; GALEANO, 1996). Neste último, é uma das principais culturas nativa da Região Amazônica, sobressaindo pela importância social - por ser um alimento popular - e econômica, porque vem ganhando mercados no âmbito nacional e internacional. Na década de 70 os açaizeiros foram sobrepulorados para a extração de palmito quase todo voltado para a exportação. A fim de proteger o açaizeiro foi criada a Lei nº. 6.576/1978 que proibiu o seu corte que, no entanto, só veio a diminuir na década de 90 devido à valorização do seu fruto como produto de exportação mais atrativo do que o próprio palmito (NOGUEIRA; HOMMA, 1998).

Atualmente com o crescimento da indústria do suco de açaí, áreas de extrativismo e novos plantios passaram a ser manejados, trazendo a médio e longo prazo, potenciais riscos ambientais devido à contínua retirada de nutrientes do solo e a transformação do ecossistema de várzea em bosques homogêneos de açaizeiros (HOMMA et al., 2006).

A exploração irracional das florestas e a expansão das fronteiras agrícolas têm transformado as paisagens em todo o planeta, com a simplificação dos ecossistemas que incorrem em perdas da biodiversidade e de interações biológicas, sendo uma delas a polinização (CARDINALE et al., 2012).

As palmeiras, de maneira geral, necessitam de fecundação cruzada para garantir a reprodução por frutos e sementes de qualidade. Mesmo aquelas que são autocompatíveis podem melhorar suas características produtivas e reprodutivas com a polinização, sendo as abelhas, moscas, besouros e vespas os seus principais polinizadores (HENDERSON, 1986). O reconhecimento da importância destas espécies para o ecossistema e dos produtos e serviços que elas podem gerar são etapas necessárias para o incentivo à sua conservação.

As abelhas-sem-ferrão estão entre os insetos responsáveis para a polinização do açaizeiro e, devido a sua docilidade, facilidade de serem criadas e por produzirem mel (que é um produto comercializável), vêm sendo indicadas para serem criadas e introduzidas nos plantios onde haja problemas de polinização (VENTURIERI et al., 2014). A meliponicultura, como é chamada a criação de abelhas-sem-ferrão, é uma atividade antiga no continente sul-americano. Há indicação de que já vinha sendo praticada na civilização Maia (VILLANUEVA-G; ROUBIK;

COLLI-UCÁN, 2005). Atualmente, é considerada uma atividade recreativa por muitas pessoas, mas aos poucos tem sido reconhecida como uma atividade vantajosa para produção de mel (VENTURIERI; RAIOL; PEREIRA, 2003), para serviços de polinização em cultivos agrícolas comerciais (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; SLAA et al., 2006) e em paisagens naturais (HEARD, 1999; VENTURIERI; RAIOL; PEREIRA, 2003).

A meliponicultura brasileira é regida pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 e junho de 1990, sendo a utilização das abelhas silvestre nativas, bem como a implantação de meliponários regulamentada pela resolução do CONAMA nº346, publicada em 17 de agosto de 2004 e Instrução Normativa IBAMA 169, de fevereiro de 2008, e cada Estado Federativo pode ter, além dessas, outras regras vinculadas à Secretaria do Meio Ambiente.

Apesar dos avanços em termos legais, a atividade necessita de meios mais efetivos de fiscalização a fim de minimizar a depleção de populações nativas e o aumento do desmatamento pela captura de ninhos (CONTRERA; MENEZES; VENTURIERI, 2011). A destruição desse patrimônio também ocorre devido ao aquecimento global, a homogeneização de extensos campos agrícolas e destruição de nichos onde as abelhas fazem seus ninhos, pela derrubada de árvores ocas e pelo preparo do solo para uso agrícola (NOGUEIRA-NETO, 1997; XIE; QIU; CHEN, 2013).

A *Melipona flavolineata* popularmente conhecida como uruçú amarela foi indicada como potencial polinizador de *E. oleracea* após constatar a sua alta incidência nas flores do açazeiro (VENTURIERI, 2008). Esta abelha é uma das mais criadas pelos meliponicultores familiares do nordeste paraense (VENTURIERI, 2004). A espécie possui ocorrência natural nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão e Tocantins (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

Em ambiente natural, as melíponas possuem hábito de forrageamento em árvores de floração em massa dos estratos superior ou de sub-bosque (BAWA, 1990; ROUBIK, 1993; MONTEIRO; RAMALHO; JEREMOABO, 2010).

No Pará, a técnica de captura e de criação desta espécie vem sendo difundida pela Embrapa Amazônia Oriental e por associações e agricultores de açai que receberam treinamento dela.

Este trabalho teve como principal objetivo constatar a influência da introdução de colônias de *M. flavolineata* em cultivo de terra firme de

E. oleracea com relação à produtividade de frutos. Em termos gerais, a hipótese principal testada foi se “a introdução de colônias de *M. flavolineata* aumenta a produtividade de plantios de açaizeiros em terra-firme”.

Os estudos deste trabalho estão reportados em seis capítulos. **Capítulo 1**, a presente introdução. **Capítulo 2**, descrições das estruturas sexuais do açaizeiro para compreender como podem influenciar no comportamento dos insetos visitantes e como poderia ser o processo de avaliação da produção de frutos por cacho. **Capítulo 3**, descrições da fenologia floral e a disponibilidade de néctar, pólen e a receptividade estigmática para caracterizar e contemporizar os recursos florais oferecidos no período de maior receptividade sexual. **Capítulo 4**, foram identificados os visitantes florais e indicados seus potenciais polinizadores. **Capítulo 5**, Avaliação da produção de frutos de açaí sob influência de colônias de *M. flavolineata* introduzidas. **Capítulo 6**, conclusões finais, sugestões trabalhos futuros e limitações da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 21, p. 399–422, 1990.
- CARDINALE, B. J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 7 jun. 2012.
- CONTRERA, F. A. L.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C. New horizons on stingless beekeeping (Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 48–51, 2011.
- CORTOPASSI-LAURINO et al. Global Meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, p. 1–18, 2006.
- HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 44, n. 131, p. 183–206, 1999.
- HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, v. 52, n. 3, p. 221–259, 1986.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G. Euterpe, Prestoe, and Neonicholsonia (Palmae). **Flora Neotropica**, v. 72, p. 1–89, 1996.

HOMMA, A. K. O. et al. **Custo operacional de açazeiro irrigado no nordeste paraense**. 1. ed. Belém , Pará: Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 255. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2006.

MONTEIRO, D.; RAMALHO, M.; JEREMOABO, R. B. DE. Abelhas generalistas (Meliponina) e o sucesso reprodutivo de *Stryphnodendron pulcherrimum* (Fabales: Mimosaceae) com florada em massa na Mata Atlântica, BA. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. August, p. 519–526, 2010.

NOGUEIRA, O. L.; HOMMA, A. K. O. **Análise econômica de sistemas de manejo de açazais nativos no estuário amazônico**. Belém, Pará: Embrapa- CPATU. Documentos, 128, 1998.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997.

ROUBIK, D. W. Tropical pollinators in the canopy and understory: Field data and theory for stratum “preferences”. **Journal of Insect Behavior**, v. 6, n. 6, p. 659–673, nov. 1993.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras sistemática e identificação**. Belo Horizonte, MG: Ministério do Meio Ambiente/ Fund. Araucária, 2002.

SLAA, E. J. et al. Review article Stingless bees in applied pollination : practice and perspectives of pollination in commercially grown. **Apidologie**, v. 37, p. 293–315, 2006.

VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental., 2004.

VENTURIERI, G. C. Floral biology and management of stingless bees to pollinate assai palm (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) in Brazil in eastern amazon. In: **Pollinators management in Brazil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p. 41.

VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. DE F. O.; PEREIRA, C. A. B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os agricultores familiares de Bragança- PA, Brasil. **Biotropica**, v. 3, p. 1–7, 2003.

VILLANUEVA-G, R.; ROUBIK, D. W.; COLLI-UCÁN, W. Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. **Bee world**, v. 86, n. June, p. 35–41, 2005.

XIE, Z.; QIU, J.; CHEN, X. Decline of nest site availability and nest density of underground bees along a distance gradient from human settlements. **Entomological Science**, v. 16, n. 2, p. 170–178, 22 abr. 2013.

2. ARTIGO 1- DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS SEXUAIS DO AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea* Mart.)

Resumo: No presente trabalho foi apresentada a descrição das partes sexuais do açaizeiro (*E. oleracea*) a partir da compilação de dados existentes na literatura, acrescida com macrofotografias coloridas e de microscopia de varredura; dados biométricos das partes reprodutivas, consideradas promissoras para ajudar no entendimento da síndrome reprodutiva do açaizeiro e da arquitetura do cacho da variedade “chumbinho”. Os materiais utilizados para as análises de flores e frutos foram colhidos e observados em três açaizeiros da “Coleção de Fruteiras Tropicais” pertencentes à Embrapa – Amazônia Oriental, na cidade de Belém (PA) – para a determinação das cores e descrição das estruturas morfológicas. Para a biometria dos cachos foram tomadas de 11 amostras, 1 por planta, de um plantio comercial em Igarapé-Açu (PA): comprimento total do cacho; comprimento do pedúnculo; comprimento das raques; número e comprimento de ráquulas existentes no terço proximal, mediano e apical da raque. A tabela de cores codificada nos sistemas de padrões internacionais, juntamente com *softwares* de edição de imagens podem ser uma alternativa viável para padronização e comparações futuras entre variedades, etnovariedades e entre espécies vegetais, colaborando para a descrição e caracterização da síndrome floral e de polinização. A estimativa da produção de frutos em um cacho deve ser feita através de média ponderada do número de ráquulas por terço da raque, multiplicado pelo correspondente número de frutos médio por ráquila.

Palavras-chave: biometria; micromorfologia; cores, flores, frutos

Abstract: In the present paper, a description of the sexual parts of the assai palm trees (*E. oleracea*) were presented through the compilation of data from the existing literature, supplemented by colored macrophotographies, electron scanning microscopy, biometrical data of the reproductive parts. These items are considered promising to improve the understanding of assai palm’s reproductive syndrome and the architecture of the bunches of the “chumbinho” variety. The materials used for the flowers and fruit analyses were collected and observed in three (3) assai palms from the collection of tropical fruits belonging to EMBRAPA – Amazônia Oriental, in the city of Belém, state of Pará, to determine the color and description of morphologic structures. Eleven samples—one from each plant—were collected to measure the biometry

of the bunches from a commercial plantation in the city of Igarapé-Açu, state of Pará. The samples were classified according to these parameters: bunches total length, the peduncle length, rachis length, rachillas amount and length in the proximal third, middle and apical of the rachis. A color table coded using international standards, along with photo editing software, can be a viable method to standardize and make future comparisons among varieties, etnovarieties and amidst different vegetal species. The method can contribute to the description and characterization of the floral and pollination syndrome. The estimation of fruit production in a bunch must be done through the weighted average of the number of rachillas by third of the rachis, multiplying by its matching average number of fruit per rachilla.

Key words: biometry, micromorphology, colors, flowers, fruits

INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.: Areaceae (sin.: Palmae): Arecoideae: Areceae: Euterpeinae) é uma palmeira de ocorrência natural nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão e Amapá (HENDERSON; GALEANO, 1996) com grande importância econômica para o desenvolvimento da região amazônica por ser a principal fonte de extração do palmito e do suco do fruto, chamado regionalmente de “vinho” de açaí (CALZAVARA, 1987).

O açaí possui alto teor de antocianinas, reconhecido como fonte natural de antioxidantes (ROGEZ, 2000) e por essa razão vem ganhando mercado mundial como aditivo alimentar funcional. Como consequência, o mercado (interno e externo) da polpa congelada de açaí não para de crescer (NOGUEIRA; SANTANA; GARCIA, 2013) e, portanto, passou a ser um produto de exportação de caráter regional. A despeito da sua crescente importância econômica é uma espécie ainda pouco conhecida cientificamente.

Para o entendimento da síndrome reprodutiva de qualquer espécie de planta é necessária a descrição morfológica das suas partes sexuais, com dados biométricos, para que possam, em um segundo momento, ajudar na interpretação do comportamento dos polinizadores e na determinação do sistema de cruzamento. Portanto, é importante para o seu melhoramento genético, podendo auxiliar também em estudos de taxonomia, ecologia e outras áreas correlatas.

A morfologia floral do açazeiro (*Euterpe oleracea*) foi descrita por Cavalcante (1991) e Henderson e Galeano (1996). Dados biométricos das flores podem ser encontrados em Almeida et al. (2011), Farias Neto et al. (2008), Jardim e Oliveira (2014), Oliveira et al. (1998), Oliveira e Fernandes (2001), Oliveira et al. (2002), Rodrigues et al. (2003), Venturieri et al. (2014). As cores dos verticilos florais do açazeiro estão descritas em Cavalcante (1991) e Henderson e Galeano (1996). Os nomes das cores utilizadas neste estudo foram baseados na tabela publicada por Venturieri et al (2014). Contudo, nenhuma das publicações deteve-se a descrever tais características para a variedade “chumbinho”.

Atualmente com o amplo uso de fotografias digitais e das publicações eletrônicas é possível transmitir aos leitores uma descrição mais precisa da morfologia e das cores das partes sexuais de uma planta. No caso das cores, as fotos podem ser ampliadas e determinadas, com maior precisão, por meio do uso de programas de computador que capturam das fotografias e as definem de acordo com várias tabelas de códigos de cores, com aceitação internacional, como RGB, HSB, HSL e CMY, entre outras. Os códigos destas tabelas podem ser transpostos eletronicamente para tabelas com nome descritivo de cores como a tabela Pantone e a Cartela de Cores da RHS, quando definidas de forma acurada, podem ser replicáveis e comparáveis com as cores de variantes da mesma espécie (SIMPSON, 2011). As cores têm papel fundamental na atração, orientação e localização dos recursos florais pelos polinizadores e podem ser um dos indicadores da síndrome reprodutiva de uma planta (FAEGRI; PIJL, 1979).

No presente trabalho foi apresentada a descrição das partes sexuais do açazeiro (*E. oleracea*) a partir da compilação das informações existentes na bibliografia, com o acréscimo de macrofotografias coloridas e de microscopia de varredura. Foi feita uma compilação de dados biométricos das partes reprodutivas existente na literatura acrescido de outros que, *a priori*, foram considerados promissores para ajudar no entendimento da síndrome reprodutiva e na descrição da arquitetura de cacho do açazeiro variedade “chumbinho”.

MATERIAL E MÉTODOS

O material analisado para a determinação das cores e para as tomadas de macrofotografias e microfotografias de varredura foi colhido de três plantas da “Coleção de Fruteiras Tropicais” pertencente à Embrapa - Amazônia Oriental, localizado na cidade de Belém, no estado do Pará

(1°24'37,08"S; 48°26'17,88"W). As flores masculinas e femininas foram analisadas com estereomicroscópio (mod. Stemi SV6 - Carls Zeiss, Oberkochen, Germany). Das flores frescas foram feitas macrofotografias com câmera fotográfica Nikon (mod. D7100, acoplada a lente AF-S VR Micro-Nikon 105mm f/2.8G IF-ED, Tokyo, Japan).

A determinação das cores dos verticilos florais foi feita pela captura do código RGB da cor obtida através de fotografia digital, amostrados uma área de 5 x 5 pixels (SIMPSON, 2011) utilizando o programa Photoshop CS4 (Adobe Systems Incorporated, California, Estados Unidos). O nome convencional da cor foi obtido, via internet, pela transformação do código RGB para a escala de cores Pantone pelo site www.netfront.fr e descrição Pantone (beta) pelo site www.perbang.dk.

As cores dos verticilos florais foram também determinadas por comparação com a Tabela Padrão de Cores de Folhas (Standard Leaf Color Charts) (KIUCHI; YAZAWA, 1972) e a Cartela de Cores da RHS (Royal Horticultural Society, Londres, Reino Unido, com a versão eletrônica disponibilizada em www.azaleas.org/index.pl/rhsmacfan1.html). Uma tabela comparativa das cores obtidas pelos diferentes métodos foi elaborada.

Para as imagens de microscopia de varredura amostras representativas de botões e de flores recentemente abertas foram coletadas e fixadas em solução de Karnovsky descrita em Dykstra e Reuss (2003), contendo 2,5% de glutaraldeído, 4% de paraformaldeído em tampão cacodilato de sódio 0,1M, pH 7,2. Após a fixação dos materiais, eles foram lavados, por 10 minutos, por três vezes consecutivas, no mesmo tampão usado para a fixação; em seguida foram desidratados em série etílica de 30%, 50%, 70%, 90% e etanol absoluto. Após essa etapa, foram secas em desidratador-ponto crítico Leica mod. EM CPD 030 (Leica-microsystems, Wetzlar, Alemanha). Depois, as amostras foram coladas em suportes de alumínio, com auxílio de fita de carbono dupla face e cobertas com 30nm de ouro, em metalizador Leica, mod. EM SCD 500 (Leica- Microsystems, Wetzlar, Alemanha). Depois da metalização as amostras foram então examinadas e fotografadas em microscópio eletrônico de varredura Jeol JSM 6390 LV (JEOL Ltd., Tokyo, Japan), a 15kV, no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC- Florianópolis.

A descrição das estruturas reprodutivas apresentadas foi uma compilação segundo Cavalcante (1991), Henderson e Galeano (1996) acrescida da análise das imagens geradas no presente trabalho. Durante a

descrição as estruturas mencionadas nas referências bibliográficas foram certificadas com observações do material *in vivo*. Quanto aos valores de medição e de contagem foram usados os valores mínimos e máximos obtidos na análise integrativa das referências bibliográficas e/ou das observações tomadas pelos autores, mencionado, sempre que possível, o desvio padrão. Quando foi possível calcular as médias e os desvios padrão a partir dos dados disponibilizados nas referências, os pontos soltos (valores com probabilidade menor que 1% de pertencer à amostra, comparado a curva de distribuição normal) foram excluídos da análise.

Com base nas publicações de Almeida et al. (2011), Farias Neto et al. (2008), Jardim e Oliveira (2014), Jardim (2000), Oliveira (2002), Oliveira et al. (1998), Rodrigues, Potiguar e Silva (2003), Venturieri et al. (2014), onde existiam dados biométricos dos verticilos florais e dos cachos do açazeiro, foi elaborada uma tabela comparativa, acrescida dos dados obtidos no presente trabalho.

De 10 frutos/planta, foram definidos três estágios de maturação: (a) fruto verde ainda em desenvolvimento, b) fruto maduro e c) fruto em estado avançado de maturação. Com o auxílio de estilete e água foi retirado o epicarpo, deixando o mesocarpo à mostra; depois o mesocarpo, deixando o endocarpo à mostra; e por último, o endocarpo deixando a semente exposta. De cada uma destas camadas foram feitas fotografias e descrito a morfologia. Este procedimento foi feito para todos os frutos maduros colhidos e como foram similares, assumiu-se como representativos da espécie.

A biometria dos cachos de açazeiro (*E. oleracea*) foi tomada de 11 amostras, 1 por touceira, coletadas aleatoriamente, no mês de março de 2014, de um plantio comercial, com 5 anos de idade, localizado no município de Igarapé-açu, no Estado do Pará (1°01'47,76"S e 47°35'08,95"O). A área de coleta foi formada por mudas oriundas de sementes de matrizes selecionadas visualmente de uma população denominada como "Chumbinho", oriunda do município de Afuá-PA.

Com o auxílio de uma fita métrica as inflorescências do açazeiro foram medidas tomando-se: o comprimento total do cacho (medida da base do pedúnculo até a extremidade máxima atingida pela ráquila), comprimento do pedúnculo (da base do pedúnculo até a inserção da primeira ráquila), comprimento da ráquis (distância entre as inserções da primeira à última ráquila), o número e comprimento de ráquias existentes no terço proximal, mediano e apical da ráquis. Os dados foram calculados por meio de estatística descritiva, dispostos em gráficos e discutidos sua aplicação com o intuito de avaliar a produção de frutos em um cacho.

RESULTADOS

A descrição da planta: O caule é do tipo estipe, forma perfilhos laterais que, quando adultos estruturam uma touceira. Cada uma destas plantas emitiu de 3 a 4 inflorescências, excepcionalmente 8, de diferentes estados de desenvolvimento, o que possibilitou a disponibilidade de grãos de pólen e de flores femininas receptivas a um mesmo tempo (Figura 2.1.a).

A inflorescência: É em panícula e no início do seu desenvolvimento fica protegida pela bainha folhar. Com o crescimento, a bainha é empurrada de baixo para cima forçando a formação de uma protuberância que acabará induzindo o deslocamento da base do pecíolo que envolve a estipe, provocando a queda da folha. A inflorescência é lançada abaixo do capitel foliar, protegido por uma espata e uma espatela. A primeira tem consistência cartáceo-coriácea, é estriada longitudinalmente e envolve totalmente a inflorescência. A espatela é mais comprida e mais larga que a espata.

A espatela mede de 63,3cm ($\pm 6,17$) a 121,4cm ($\pm 27,85$) de comprimento e recobre parcialmente a espata, pela parte adaxial e cai com a espata, ou muito antes desta. A espata mede de 46,2cm ($\pm 4,20$) a 81,8cm ($\pm 14,47$) e, ao se abrir, libera a inflorescência que se expande rapidamente (Figura 2.1.b).

A inflorescência possui de 68,7cm ($\pm 9,06$) a 94cm ($\pm 12,00$) de comprimento e 84,2cm ($\pm 11,72$) de diâmetro, o comprimento do pedúnculo vai de 9,72cm ($\pm 9,85$) a 12,3cm ($\pm 2,40$) e da ráquis de 35,4cm ($\pm 10,36$) a 53,1cm ($\pm 7,80$), com o diâmetro de 23,4mm ($\pm 6,27$).

A ráquis possui ramificações simples (ráquulas), ambas com a mesma coloração, densamente pilosas, com número e comprimento que variam de acordo com a posição na ráquis, sendo: 42,9 ($\pm 5,15$) no terço basal; de 33,5 ($\pm 5,48$) no terço mediano e de 32,0 ($\pm 5,55$) no terço apical; e os comprimentos sendo: 58,2 ($\pm 8,08$) no terço basal; de 50,22 ($\pm 7,49$) no terço mediano e de 35,41 ($\pm 7,13$) no terço apical. Comprimento médio das ráquulas vai de 35,37 ($\pm 10,36$) a 49,00 ($\pm 12,10$).

O número de flores por inflorescência foi de 5730,8 ($\pm 2020,54$) a 23335,0 ($\pm n.a.$). O número de femininas foi de 2267 ($\pm 236,66$) a 13675 ($\pm n.a.$) e de flores masculinas de 4535 ($\pm 473,32$) a 40973 ($\pm n.a.$) com a relação entre flores masculinas para femininas variando de 2:1 a 3,8:1 (VENTURIERI et al., 2014).

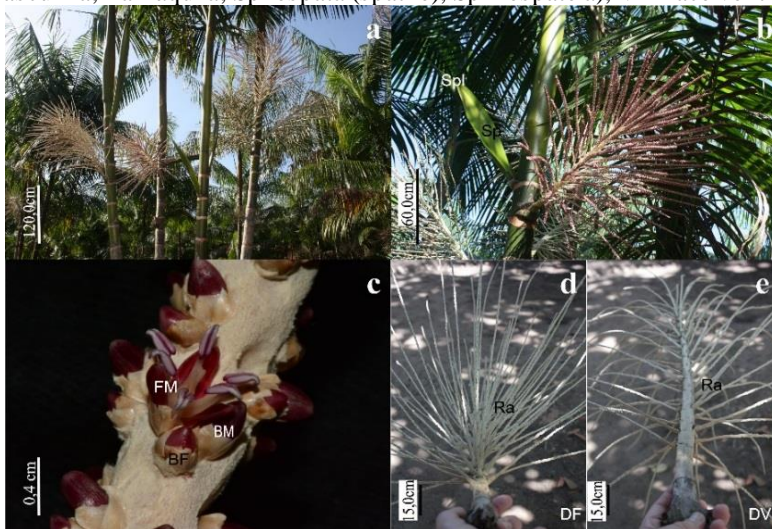
As flores: São monoicas (femininas e masculinas na mesma panícula) emitidas em depressões ou cavidades da ráquulas (Figura 2.1.c).

As flores, até a metade ou até os três quartos proximais das ráquulas, são dispostas geralmente em tríades, com duas flores masculinas e uma feminina, com esta última posicionada no ápice do triângulo que está voltado para a base da ráquila. No último quarto distal da inflorescência costumam ocorrer somente flores estaminadas, em pares ou solitárias.

Nas flores masculinas o comprimento foi de 4,39mm ($\pm 1,25$) a 6,04mm (\pm não avaliado) e o diâmetro de 2,40mm (\pm n.a.) a 4,93mm ($\pm 0,38$). Nas flores femininas o comprimento foi de 3,93mm ($\pm 0,28$) a 5mm (\pm n.a.) e o diâmetro de 2,30mm (\pm n.a.) a 2,36mm ($\pm 0,16$). As pétalas possuem variadas tonalidades de roxo com predomínio do roxo avermelhado (red –purple).

O eixo principal da inflorescência é densamente piloso, com as ráquulas inicialmente dispostas em semi-espiral na parte proximal que progressivamente se dispõem em espiral completa em direção à parte distal (Figura 2.1.d, e).

Figura 2.1- a) Touceira de açazeiros (*E. oleracea*) com inflorescências em diferentes estágios de desenvolvimento; b) Emissão da inflorescência na planta; c) Tríade de flores nas cavidades das ráquulas; d-e) Distribuição de ráquulas ao longo de uma inflorescência sem os frutos para melhor visualização. (BF= botão feminino; BM= botão masculino; DF= face dorsal; FF- flor feminina, FM – flor masculina; Ra- ráquila; Sp- espata (spathe); Spl- espátela); VF= face ventral.



O nome das cores e respectivos códigos dos verticilos florais estão apresentados na tabela 2.1.

Os estames são em número de seis, com as anteras sagitadas dorsifixas com a mesma cor das pétalas na parte dorsal e rosa claro na parte ventral e com a deiscência lateral do ápice para a base (Figura 2.2.a, 2.5.a, 2.5.b). O pólen é basicamente monosulcado (Figura 2.5.c), podendo ser observados tricomonosulcados (HENDERSON; GALEANO, 1996).

As flores pistiladas possuem três sépalas e três pétalas livres. As sépalas e pétalas são glabras, acentuadamente imbricadas e as pétalas levemente valvadas (valvates) no ápice (Figura 2.2.b).

O ovário é tricarpelar, e em apenas um deles o óvulo se desenvolve e por isso é mais volumoso (Figura 2.3.a e 2.3.b). O estilo é formado por três braços estigmáticos conados até próximo ao topo (Figura 2.2.b). No topo, os braços estigmáticos, ao se tornarem livres, formam um estigma trifido, recurvado e papilado (Figura 2.2.b, 2.3.a, 2.4.a, 2.4.b). Ao centro dos braços estigmáticos é formado um canal estilar, papilado em suas paredes, que vai do centro do estigma até o topo do lóculo (Figura 2.3 b, 2.4.c, 2.4.d).

Tabela 2.1- Nome das cores e códigos das partes sexuais do açazeiro segundo 4 sistemas de mensuração.

Parte da estrutura reprodutiva	RHS Colour Chart Nome da cor/ código*	Standard Leaf Color Charts Nome da cor/código	Código RGB	Tabela Pantone Nome da cor
Fruto imaturo	deep greenish yellow/ 153A	5GY 5.5/6	7F6200	deep gold
Fruto maduro	moderate olive green/147A	7.5RP 3/2.5	1D0E00	very deep brown
Fruto muito maduro	dark graysh purple/200A	----	302C2B	vermillionish black
Mesocarpo	light olive/ 152B	5GY6.5/5	473305	dark amber
Endocarpo	light greenish yellow/8C	2.5GY6.5/8	E7C251	brilliant amber
Estames	pale yellowish pink/27D	2.5R 6/6	E0B7B0	pale light grayish scarlet
Pétalas da flor feminina	red – Purple Group / 59A	71393	A01127	moderate amaranth
Pétalas da flor masculina	red – Purple Group / 59A/59B	10R3/3,5	66000E	deep amaranth
Inflorescência	pale yellowish green/ 4D	10YR 7.5/2	CBC5AC	amberish gray

Fonte: *VENTURIERI, *et al.* 2014.

Figura 2.2- a) Detalhes de uma flor masculina; b) Detalhes de uma flor feminina. (Se- sépalos; St- estigma; Pt- pétalas; Fl- filete; An – anteras; seta mostrando o estilódio).

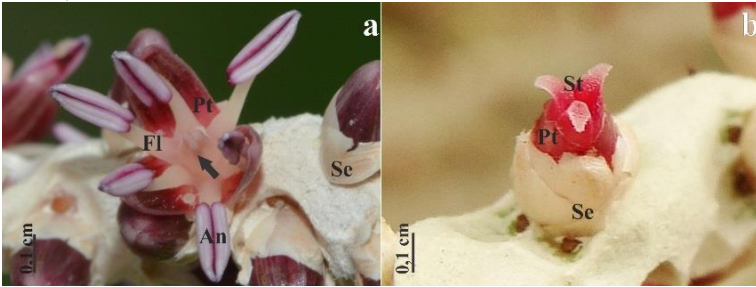


Figura 2.3- Vista frontal de uma flor feminina com os três carpelos, sendo os assinalados com as letras **b** o que mais se desenvolveu e **c** e **d** os que pouco se desenvolveram. (**Ov**- óvulo). Barra para comparação de 500µm.

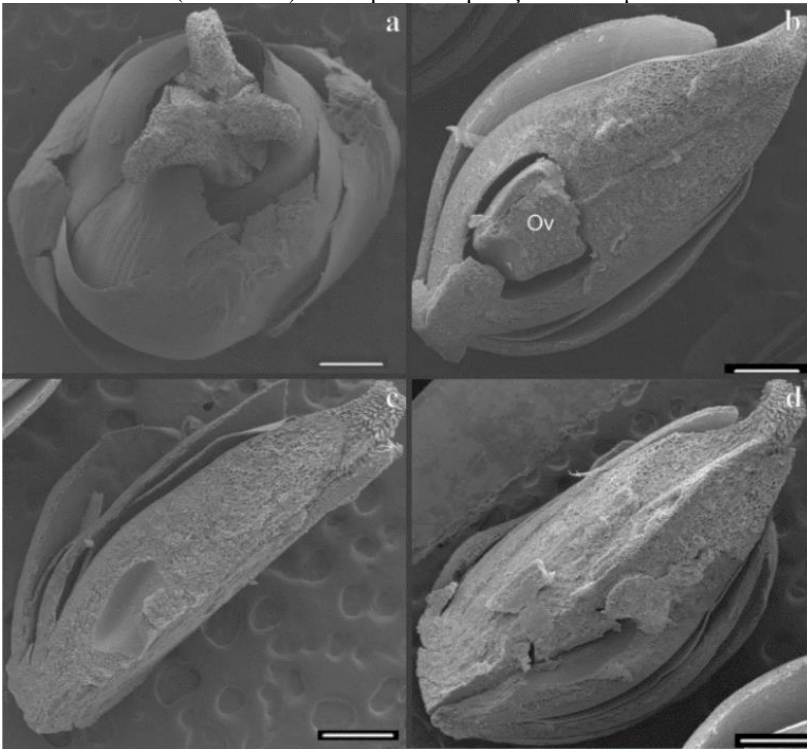


Figura 2.4- a) Vista frontal do estigma de uma flor feminina; b) Detalhe das papilas da face ventral de um dos braços estigmático posicionadas no retângulo da figura anterior; c) Canal estilar que conecta o estigma ao topo do lóculo; d) Detalhe das papilas interna do canal estilar posicionadas no retângulo da figura anterior.

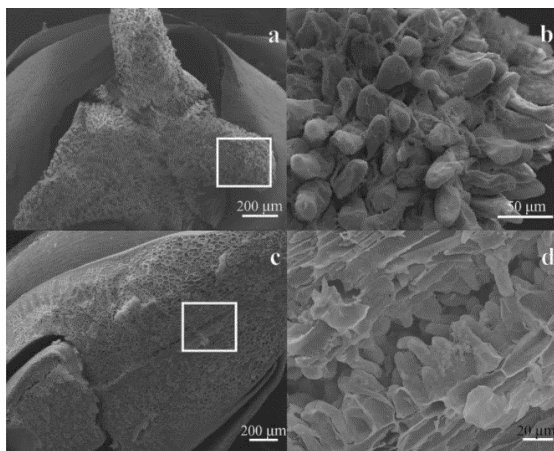
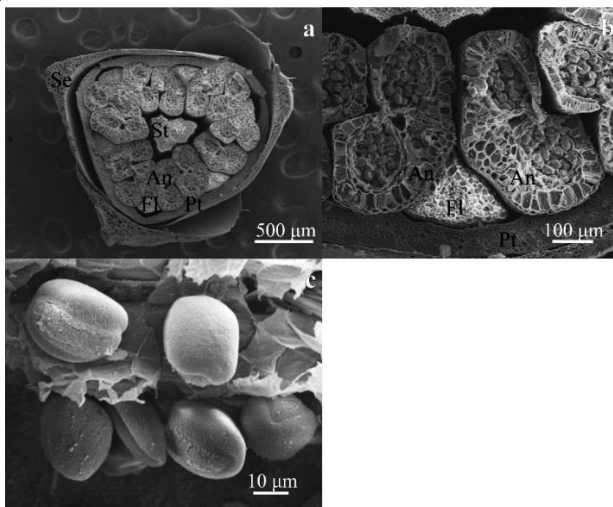


Figura 2.5- a) Corte trans versal de um botão masculino; b) corte trans versal das anteras; c) grão de pólen. (**Se**- sépalas; **Pt**- pétalas; **St**- estiloide; **An**- anteras; **Fl**- filete).

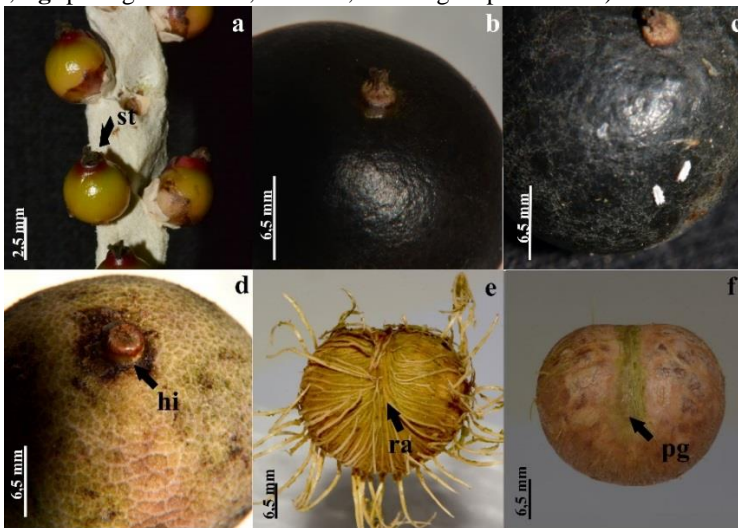


Os frutos: são arredondados de 1,5cm (\pm n.a.) a 2,4 (\pm 0,32) de diâmetro, com estigmas remanescentes na lateral ou subapical, epicarpo tuberculado muito fino de cor verde quando em desenvolvimento (Figura 2.6.a), atro-violácea quando maduro (Figura 2.6.b) podendo ficar atro-violácea acinzentado quando em estado muito avançado de maturação (Figura 2.6.c).

O mesocarpo possui cerca de 1mm de espessura, levemente granulado com coloração verde amarronzado (Figura 2.6.d). O endocarpo consiste de fibras achatadas, destacáveis, dispostas paralelamente, originadas da base do fruto, e que recobrem inteiramente a semente (Figura 2.6.e).

As sementes são fixadas lateralmente. Apresenta uma depressão longitudinal, a rafe, e na extremidade proximal se situa o hilo e na outra o poro germinativo (Figura 2.6.f).

Figura 2.6- Detalhes do fruto de açaf (*E. oleracea*). a) Fruto verde ainda em desenvolvimento; b) Fruto maduro; c) Fruto em estado avançado de maturação; d) Fruto com o mesocarpo a mostra; e) Fruto como endocarpo; f) Semente. (**Hi**-hilo; **Pg**-poro germinativo; **Ra**-rafe; **St**-estigma persistente).



Biometria dos cachos: Os dados médios dos caracteres dos cachos, tomados no presente trabalho, confrontados com os existentes na bibliografia estão mostrados na tabela 2.2. As correlações entre os caracteres tomados no presente trabalho estão mostradas na tabela 2.3.

Tabela 2.2- Caracteres biométricos das partes sexuais do açazeiro (*Euterpe oleracea*) segundo dados obtidos na literatura e no presente trabalho.

Valores biométricos	Almeida et al. (2011) N	Farias Neto et al. (2008) N	Jardim (2000) e Jardim e Oliveira (2014) N	Oliveira, et al. (1998)	Oliveira; Fernandes (2001) N	Oliveira (2002) N	Rodrigues et al. (2003) N	Venturieri et al. (2014) N	Neste trabalho/ N
Das inflorescências									
Comprimento da espata (cm)			121,4(±27,83) N 10			64,3(±6,17) / n.a.			
Comprimento da espátela (cm)			81,8 (±14,47) N 10			46,2(±4,20) / n.a.			
Langura da espátela (cm)			44,8(±6,59) N 10						
Comp. do pedúnculo (cm)							9,72(±9,85) N 10		12,3 (±2,37) N 11
Comprimento da ráquia (cm)				45,7(±7,4) N 100		36,9(±6,86) / n.a.	35,37(±10,36) N 10		53,1(±7,75) N 11
Comp. do pedún.+raque (cm)		52,8(±9,76) N 500	53,6 (±3,55) N 10				45,37(±9,02) N 10		65,4(±9,69) N 11
Comp.do cacho (cm)	81,2 (±n.a.) n.a.							68,7(±9,06) N 10	94,6(±11,96) N 11
Diâmetro do cacho (cm)								84,2(±11,72) N 10	
Número de ráquias no terço proximal (n)									42,9(±5,15) N 472
Número de ráquias no terço mediano (n)									33,5(±5,48) N 368
Número de ráquias no terço apical (n)									32,0(±5,55) N 352
Número total de ráquias (n)	82,0 (±n.a.) n.a.	109,4(±11,9) N 500	91,5 (± 3,17) N 10	88,8(±13,7) N 100	88,6(±6,9) N 120	69,0(±13,3) N 9 / n.a.	86,5(±21,13) N 16	106,0(±16,8) N 10	108,4(±14,04) N 11
Comp. de ráquias no terço proximal (cm)									58,2(±8,08) N 472
Comp. de ráquias no terço mediano (cm)									50,22(±7,49) N 368
Comp. de ráquias no terço apical (cm)									35,41(±7,13) N 352
Comp. médio das ráquias (cm)						31,6(±5,9) / n.a.			49,00(±12,10) N 1192
Diâmetro da ráque (mm)						23,4(±6,27) // n.a.			
Das flores femininas									
Comp. do botão (mm)							3,73(±0,38) N 16		
Comp. quando aberta (mm)								3,93(±0,28) N 20	
Diâmetro quando aberta (mm)								2,36(±0,16) N 20	
Comp. da sépala (mm)							3,33(±0,32) N 15		
Compr. da pétala (mm)							3,48(±0,31) N 15		
Altura do pistilo (mm)							3,11(±0,48) N 15		

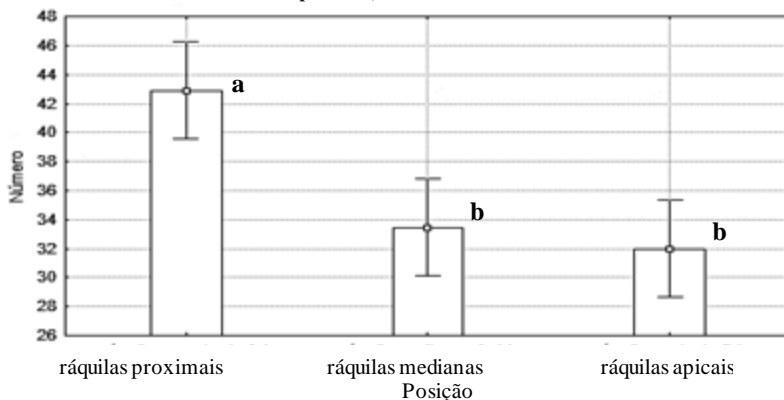
Tabela 2.2- Continuação

Das flores masculinas						
Comp.do botão (mm)			24,8/ n.a.			
Diâmetro do botão (mm)						
Comp. quando aberta (mm)			74,8/ n.a.		4,39(±1,25) ¹ 16	5,24(±0,35) ² 20
Diâmetro quando aberta (mm)						4,93(±0,38) ³ 20
Comp. da espata (mm)			3,5 ⁴ / n.a.		3,42(±0,51) ⁵ 16	
Comp. da pétala (mm)			5 ⁶ /n.a.		4,36(±0,61) ⁷ 16	
Comp. da antera (mm)			3 ⁸ / n.a.			
Comp. do estame (mm)					3,23(±0,45)	
Número de flores femininas			2267,5(±236,66) ⁹ 10			1363 ⁷ 10
Número de flores masculinas			4535(±473,32) ⁹ 10			4097 ³ 10
Número total de flores (n)			6802,5(±n.a.) ⁹ 10			5730,8(±200,54) ⁹ 10
Relação de flores masculinas:femininas			2:1		3,8:1	3:1
Dos frutos						
Diâmetro médio do fruto (mm)	15,1 (±n.a.) ³		24,3(±0,32) ¹⁰			
Altura do fruto (mm)	13,2 (±n.a.) ³					
Peso médio do fruto (g)	2,14 (±n.a.) ³	12,8(±21,2) ¹⁰ 500	7,1(±0,05) ¹⁰	8,9(±0,005) ¹⁰	21,56(±0,22) ¹⁰ 120	
Mayor diâmetro do fruto (mm)					12,62(±1,29) ¹³	
Menor diâmetro do fruto (mm)					11,02(±1,18) ¹³	
Relação pólen:óvulo						633240/3048 3,25 ¹⁰ 25

Legenda: ¹ Na ref. original está mencionado como "comprimento da bráctea externa" aqui assumido como o comprimento da espata. ² Na ref. original esta referido como "espata interna" aqui assumido como espatela. ³ Na ref. original está referido como "comprimento da raque principal", aqui assumido como o comprimento do pedúnculo mais a ráquis. ⁴ Na ref. original está referido como "tamanho", aqui assumido como o comprimento do botão. ⁵ Valores calculados com base nos dados existentes na referência. ⁶ Desvio padrão estimado pela raiz quadrada da variância fenotípica. ⁷ Desvio padrão calculado com base na média e o coeficiente de variação. ⁸ Provável erro na unidade usada nas medidas da flor. O valor considerado aqui é 10x maior que o da referência. n.a.= dado existente, porém não disponível na referência.

Há diferença significativa para o número de ráquilas pelo terço que elas ocupam na raque, sendo mais numerosas no terço proximal, diminuindo progressivamente em direção ao terço apical. Para esta variável, o número de ráquilas proximais diferiu estatisticamente da média de ráquilas apicais e não diferiu estatisticamente da média das ráquilas medianas. As ráquilas medianas, por sua vez, não diferiram em número, das apicais (Figura 2.7).

Figura 2.7- Distribuição do número de ráquilas ao longo do terço proximal, mediano e apical da ráquis de cachos de açaí (N=11). Médias ($\bar{X} \pm DP$) seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$).

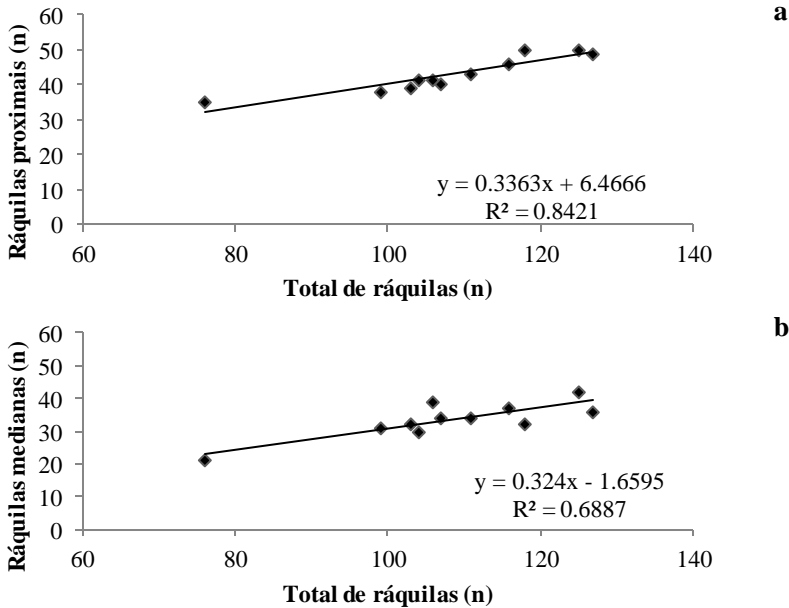


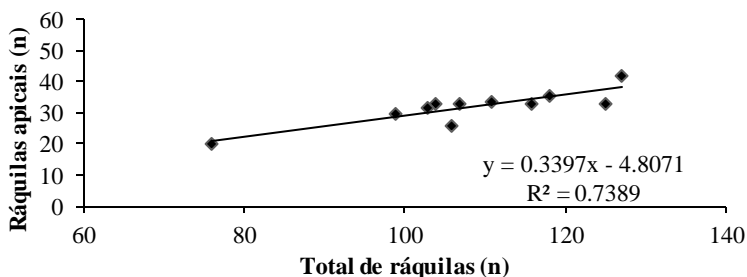
O número de ráquilas nos terços: proximais, medianos e apicais estão correlacionados com o número de ráquilas no cacho, respectivamente com valores de $r = 0,92$, $0,83$ e $0,86$ (Tabela 2.3), todos significativamente associados, o que torna possível estimar os números de ráquilas por terço com base no número total de ráquilas no cacho, tornando a avaliação mais rápida, embora com menor precisão, através de regressão usando os modelos lineares. Para o cálculo do número de ráquilas proximais, pode ser usada a fórmula $y_{\text{proximal}} = 0.3363x + 6.4666$, $R^2 = 0.84$ (Figuras 2.8.a); para as medianas a fórmula $y_{\text{mediano}} = 0.324x - 1.6595$, $R^2 = 0.69$ (Figuras 2.8.b); e para as apicais a fórmula $y_{\text{apical}} = 0.3397x - 4.8071$, $R^2 = 0.74$ (Figuras 2.8.c). Sendo x = número total de ráquilas no cacho e R^2 o coeficiente de regressão linear.

Tabela 2.3- Correlação entre os caracteres do cacho do açazeiro (*E. oleracea*) para N=11. Os valores emnegrito denotamsignificância ao nível de 5% de probabilidade.

	Comprimento			Número de ráquila			
	ped.	raque	cacho	prox.	med.	apical	total
Comp. do pedúnculo	1.00						
Comp. da raque	0.77	1.00					
Comp. do cacho	0.67	0.91	1.00				
N. de ráquila proximal	0.32	0.44	0.53	1.00			
N. de ráquila mediana	0.37	0.39	0.46	0.66	1.00		
N. de ráquila apical	0.67	0.68	0.70	0.74	0.50	1.00	
N. total de ráquila	0.53	0.58	0.65	0.92	0.83	0.86	1.00

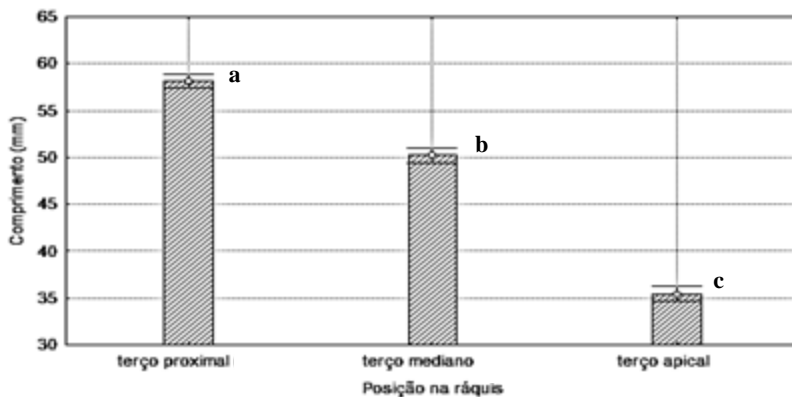
Figura 2.8- Distribuição do número de ráquias em função da posição que ocupam na raque. a) No terço proximal; b) No terço mediano; c) No terço apical e respectivas equações de regressão, sendo número total de ráquias a variável preditora.





Há diferença significativa para a variável comprimento das ráquias quanto ao terço que elas ocupam na raque. As ráquias mais longas estão posicionadas no terço basal que progressivamente vão diminuindo em direção ao ápice do cacho (Figura 2.9).

Figura 2.9- Comprimento das ráquias em função da posição que ocupam na raque. a) no terço proximal; b) no terço mediano; c) no terço apical. Médias ($\bar{X} \pm DP$) seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).



DISCUSSÃO

O açazeiro é uma planta monoica com flores masculinas e femininas em uma mesma inflorescência (CAVALCANTE, 1991; HENDERSON; GALEANO, 1996; OLIVEIRA, 2002; VENTURIERI et al., 2014) e com as flores em tríades, características da subfamília Arecoideae (HENDERSON; GALEANO, 1996). Pertencentes a este mesmo grupo estão as espécies

amazônicas inajá (*Syagrus inajai*), a pupunha (*Bactris gasipaes*), o tucumã (*Astrocaryum vulgare*), o açai-da-terra firme (*E. precatória*) e a jussara (*E. edulis*) todas polinizadas por insetos e com as flores que exsudam néctar (GENOVESE-MARCOMINI; MENDONÇA; CARMELLO-GUERREIRO, 2013; LISTABARTH 1996; OLIVEIRA et al. 2003; KUCHMEISTER et al. 1997).

O açazeiro apresenta epiderme nos braços estigmáticos e no canal estilar similar a observada no inajá (*S. inajai*), caracterizada como nectários septais (GENOVESE-MARCOMINI; MENDONÇA; CARMELLO-GUERREIRO, 2013). Kuchmeister et al. (1997) também observaram no açai-da-terra-firme (*E. precatória*) a presença de néctar nestes canais. Portanto, as flores femininas destas espécies produzem o seu “néctar” dentro do estilo que ao extravasar por entre as pétalas da flor servem como atrativo para os polinizadores (Capítulo 3).

A cor das flores é uma das particularidades que caracteriza uma espécie, a tabela de cores codificada nos sistemas de padrões internacionais juntamente com as ferramentas podem ser uma alternativa viável para padronização e comparações futuras entre variedades, etnovariedades e entre espécies vegetais diferentes. Podem também ser úteis para a compreensão da síndrome floral e de polinização.

O número de ráquias e o seu comprimento variam em função da posição que assumem no cacho. Para estimar o número de frutos existentes em um cacho, o mais adequado seria através de uma média ponderada do número médio de frutos por ráquila, estratificada de cada terço da ráquis, multiplicado pelo número de ráquias existente no respectivo terço.

O número de ráquias, de flores e a proporção de flores masculinas em relação às femininas foram bastante variáveis (Tabela 2.2). Em outras espécies, do mesmo gênero, tal variação também pode ser observada, como em *E. precatória*, onde o número de ráquias por inflorescência variou de 70 a 170 com o máximo de flores por inflorescência atingindo 110550, sendo 73700 flores masculinas e 36850 femininas, o que dá uma proporção de 2 flores masculinas para 1 feminina (KUCHMEISTER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1997).

Em *E. spiritosantensis* a proporção de flores masculinas e femininas na inflorescência variou de 3:1 a 4:1 (BOVI et al., 1994). Para estas três espécies nota-se variação expressiva, tanto no número de flores por inflorescência como na proporção de flores masculinas por femininas.

A variação na proporção de flores masculinas ou femininas é chamada de flexibilidade na expressão sexual das plantas “Labile sex expression”, comum em espécies perenes. Esta adaptação modula o oferecimento de genes fornecidos pelas partes masculinas ou femininas em função da sua capacidade potencial; ocorre quando a planta passa por uma deficiência nutricional decorrente da condição de estresse pela insuficiência de luz ideal, nutrição, tempo ou água e geralmente causa a masculinização da planta (KORPELAINEN, 1998).

Adam et al. (2011), com base em revisão bibliográfica, propuseram um modelo para descrever como é a proporção entre flores masculinas e femininas do dendê (*Elaeis guineensis*) e indica que pelo menos quatro fatores contribuem para esta regulação: 1) bióticos - como estresse hídrico; 2) metabólicos - como reserva de carbono; 3) balanço hormonal – como entre auxinas e giberelinas; e 4) genéticos.

No dendê, o indutor da inflorescência é definido bem antes da sua exposição aos polinizadores (precisamente há 22 meses) (ADAM et al., 2011). A antecedência de forma similar deve ocorrer com outras palmeiras, como o açazeiro (corroborado pela informação de que o aumento na produtividade de cachos no açazeiro, com o uso da irrigação, somente é percebido de 1 a 1,5 anos depois de iniciada – Dr. Tomé Farais Neto – comunicação pessoal).

Daher et al. (2010) estudaram o desenvolvimento das flores em tâmara (*Phoenix dactylifera*) no ponto de transição em que todas eram bissexuais para se tornarem unissexuais e concluíram que a inibição do desenvolvimento de órgãos sexuais estéreis é resultante da paralização na divisão celular e da diferenciação celular precoce, em vez da morte celular. Castaño et al. (2014) chegaram à conclusão semelhante estudando a Palmeira gáussia (*Gaussia attenuata*). Embora a tamareira seja uma espécie dioica a *G. attenuata* é, como o açazeiro, monoica, e o fato da determinação do sexo ser definida após a formação dos cachos nos faz supor que tal processo possa também ser o responsável pela flexibilização sexual possivelmente presente no açazeiro.

O açazeiro por se tratar de uma planta perene para que se possa indicar quais as características fenotípicas estão associadas a produtividade de frutos são utilizados métodos indiretos como a herdabilidade restrita e o coeficiente de repetibilidade, eliminando os efeitos ambientais, o que torna os dados comparáveis independentemente da localidade, ano ou delineamento experimental, e assim diminui o tempo e a mão-de-obra despendido para este fim.

A herdabilidade restrita (h_r), possui valor máximo 1, e é uma estatística que estima o quanto da variância total de um fenótipo pode ser atribuída aos genes de efeito aditivo (aqueles geralmente associados à produtividade). Ou seja, quanto mais elevada for a h_r de uma característica, menos ela é influenciada pelo meio ambiente e mais elevada é a capacidade dos indivíduos, que selecionados através delas, transferirem tal característica para os seus descendentes.

As características associadas à arquitetura do cacho como: o número de ráquulas por cacho e o comprimento de raque, mostraram respectivamente h_r de 0,76 e 0,67; os associados à produção de frutos por cacho como: peso de frutos por cacho e relação entre o peso dos frutos por cacho/peso total do cacho; mostraram h_r respectivamente de 0,34 e 0,31; e o associado ao peso de cem frutos $h_r = 0,80$ do cacho (TEIXEIRA et al., 2012). A h_r para as características associadas à arquitetura do cacho foram aproximadamente o dobro do que as características associadas ao peso de frutos por cachos, mas similares ao peso de cem frutos.

O coeficiente de repetibilidade (r) é uma estatística que reflete a constância de um parâmetro ao longo de várias medições, por ele é possível determinar o número mínimo de medições necessárias que um parâmetro deve ser tomado para ser considerado como eficiente (CORNACCHIA; CRUZ; PIRES, 1995). O valor máximo é de $r=1$ e quanto mais próximo do valor máximo menor será a quantidade de repetições necessárias para estimar a estabilidade da expressão dos caracteres ao longo do tempo.

Oliveira e Fernandes (2001) estimaram para uma característica associada à arquitetura do cacho, o número de ráquulas por cacho, $r = 0,29$; para duas características associadas à produção de frutos por cacho como: peso de frutos por cacho, $r = 0,13$; rendimento de frutos por cachos (relação entre o peso dos frutos por cacho e o peso total do cacho), $r = 0,03$; e para a característica peso médio de frutos, $r = 0,63$.

Com base nos indicadores mencionados conclui-se que a arquitetura do cacho e o peso médio de frutos são característica mais estável, ao longo da vida da planta, do que a carga de frutos que o cacho porta em uma safra.

A flexibilização na expressão do número de flores emitidas e na proporção de flores masculinas e femininas poderia ser uma estratégia que modularia a fecundidade e consequentemente a carga de frutos em um cacho, para uma condição ambiental mais próxima da que estaria ocorrendo na abertura da inflorescência. O que explicaria, pelo menos em parte, a

expressiva variação observada no número de flores e na proporção de flores masculinas para femininas levantadas no presente trabalho.

Portanto, a avaliação da carga de frutos nos cachos seria um indicador mais sensível para avaliar o efeito das condições ambientais na produtividade do açaizeiro, como o efeito de polinizadores, uso de fertilizantes, espaçamento entre plantas e de irrigação.

Até o momento não existem meios de avaliação indireta desta carga. A contagem direta da quantidade de flores femininas e, posteriormente, a contagem dos frutos por secção do cacho mostrou ser o método mais eficaz para avaliar os efeitos da polinização aberta, visto que o comprimento e a quantidade de ráquulas variam conforme a secção do cacho onde está inserida.

CONCLUSÕES

A tabela de cores codificada nos sistemas de padrões internacionais, juntamente com as ferramentas de avaliação aplicadas podem ser uma alternativa viável para padronização e comparações futuras entre variedades, etnovariedades e entre espécies vegetais diferentes, colaborando para a descrição e caracterização da síndrome floral e de polinização.

O número de ráquulas por terço da raque, embora com menor precisão, poderá ser estimado por regressão linear tendo como variável preditora o número total de ráquulas.

A estimativa da produção de frutos em um cacho poderá ser feita através de média ponderada do número de ráquulas por terço da raque, multiplicado pelo correspondente número de frutos médio por ráquula.

AGRADECIMENTOS

As Tec. Ambientais Elisângela de Sousa Rêgo - FADESP/ITV/EMBRAPA e Janete Teixeira Gomes - Laboratório de Botânica EMBRAPA, pela ajuda na coleta de dados de campo. A Eliana Oliveira e Tammy Arai, respectivamente funcionária e estagiária do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica/UFSC-Florianópolis. Projeto desenvolvido com recurso do programa PROBIO/ CAPES/CNPq.

REFERÊNCIAS

- ADAM, H. et al. Environmental regulation of sex determination in oil palm: current knowledge and insights from other species. **Annals of botany**, p. 1–9, dez. 2011.
- ALMEIDA, E. I. B. et al. Análise biométrica e físico-química de frutos de açaizeiros cultivados no Brejo paraibano. **Tecnol. & cienc. agropec.**, v. 5, n. 2, p. 1–4, 2011.
- BOVI, M. L. A. et al. Floral biology and reproductive sytem of *Euterpe espirosantensis*. **Acta Horticulturae**, v. 360, p. 41–56, 1994.
- CALZAVARA, B. B. G. **Açazeiro**: Recomendações básicas. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental, CPATU. Recomendações básica, 1987.
- CASTAÑO, F. et al. Floral structure and development in the monoecious palm *Gaussia attenuata* (Arecaceae; Arecoideae). **Annals of botany**, v. 114, n. 7, p. 1483–1495, nov. 2014.
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazonia**. 4. ed. Belém , PA: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991.
- CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz & Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari. **Revista Árvore**, v. 19, p. 333–345, 1995.
- DAHER, A. et al. Cell cycle arrest characterizes the transition from a bisexual floral bud to a unisexual flower in *Phoenix dactylifera*. **Annals of botany**, v. 106, n. 2, p. 255–266, ago. 2010.
- DYKSTRA, M. J.; REUSS, L. E. Specimen preparation for electron microscopy. In: **Biological electron microscopy: theory, techniques, and troubleshooting**. 2nd. ed. United States of America: [s.n.]. p. 535.

FAEGRI, K.; PIJL, L. V. DER. **The principles of pollination ecology**. Third ed. Oxford, England: Pergamon press, 1979.

FARIAS NETO, J. T. DE et al. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro (*Euterpe oleracea*). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 30, n. 4, p. 1051–1056, 2008.

GENOVESE-MARCOMINI, P. R.; MENDONÇA, M. S.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Morphoanatomy of the flower of *Syagrus inajai* (SPRUCE) Becc. (Arecaceae- Arecoideae- Attaleinae), Amazon. **Braz. J. Biol.**, v. 73, n. 3, p. 649–661, 2013.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe*, *Prestoe*, and *Neonicholsonia* (Palmae). **Flora Neotropica**, v. 72, p. 1–89, 1996.

JARDIM, M. A. G. **Morfologia e ecologia do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e das etnovarietades espata e branco em ambiente de várzea do estuário amazônico**. [s.l.] Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2000.

JARDIM, M. A. G.; OLIVEIRA, F. G. Morfologia floral de duas etnovarietades de *Euterpe oleracea* Mart. do estado do Pará. **Biota Amazonia**, v. 4, n. 4, p. 6–9, 2014.

KIUCHI, T.; YAZAWA, F. **Standard leaf color charts**. Tokyo: Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, 1972.

KORPELAINEN, H. Labile sex expression in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 73, n. 2, p. 157–180, maio 1998.

KUCHMEISTER, H.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. Flowering, pollination, nectar standing crop, and nectaries of *Euterpe precatória* (Arecaceae), an Amazonian rain forest palm. **Plant systematics and evolution**, v. 206, p. 71–97, 1997.

LISTABARTH, C. Pollination of bactris by *Phyllotrox* and *Eupurea*. Implications of the palm breeding beetles on pollination at the community level. **Biotropica**, v. 28, n. 1, p. 69–81, 1996.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. DE; GARCIA, W. S. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 324–331, jun. 2013.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE et al. **Variação fenotípica em acessos de açaizeiros (*Euterpe oleracea* Mart .) para caracteres relacionados à procura de frutos**. Belém , Pará: Embrapa- CPATU. Boletim de Pesquisa 209, 1998.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE et al. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Belém , PA: Embrapa Amazonia Oriental. Circular técnica, 26, 2002.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE. **Biologia Floral do Açaizeiro em Belém , PA**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8, 2002.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 17, n. 3, p. 343–353, 2003.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; FERNANDES, G. L. DA C. Repetibilidade de caracteres do cacho de açaizeiro nas condições de Belém-PA. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 23, n. 3, p. 613–616, 2001.

RODRIGUES, S. T.; POTIGUAR, R. C. DE V.; SILVA, S. S. DA. **Caracterização morfológica de dezessete acessos de *Euterpe***. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental, CPATU. Documentos, 167., 2003.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém, PA: Universidade Federal do Pará, 2000.

SIMPSON, N. Colour and contemporary digital botanical illustration. **Optics & Laser Technology**, v. 43, p. 330–336, mar. 2011.

TEIXEIRA, D. H. L. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açazeiro. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 34, n. 4, p. 1135–1142, 2012.

VENTURIERI, G. C. et al. Plano de manejo para os polinizadores do açazeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (Eds.). . **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: plano de manejo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. p. 97–129.

3. ARTIGO 2- FENOLOGIA FLORAL DO AÇAIZEIRO: DISPONIBILIDADE DE NÉCTAR, PÓLEN E RECEPTIVIDADE ESTIGMÁTICA

Resumo: O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma fruteira amazônica que vem ganhando mercado mundial como alimento funcional por conta dos frutos, cujo suco é rico em antocianinas. O seu cultivo vem aumentando vertiginosamente, fato que demanda informações científicas para melhorar o seu manejo. O objetivo deste trabalho foi descrever para o açaizeiro no decorrer da antese das suas flores: a receptividade do estigma; volume e a concentração do néctar; produção de açúcar e o término da produção de néctar nas flores masculinas e femininas; e a disponibilidade de pólen nas flores masculinas (visualmente definida como disponível quando da abertura das anteras). Os estudos foram feitos no período mais chuvoso e no menos chuvoso do ano de 2014, em açaizeiros cultivados em terra-firme, irrigado localizado em Igarapé-Açú (PA). O volume e produção de açúcar apresentaram alta variação entre plantas, entre os períodos de avaliação e entre os sexos das flores, o que sugere forte influência ambiental. No entanto a concentração de açúcar foi similar para estes fatores. As flores masculinas iniciam a sua produção de néctar de forma mais abundante e concentrada que o oferecido pelas flores femininas. Isso pode ser interpretado como incentivo para que os polinizadores visitem primeiro as flores masculinas para depois frequentarem as flores femininas, cujo clímax do oferecimento do seu néctar, na sua mais elevada concentração de açúcar, acontece logo em seguida ao declínio da produção de néctar nas flores masculinas. Este período é coincidente com a maior receptividade do estigma. A fenologia floral do açaizeiro favorece a polinização cruzada facilitada por insetos.

Palavras-chave: Terra-firme. Polinização. Atrativos florais

INTRODUÇÃO

A fenologia é o estudo do calendário dos eventos biológicos recorrentes, das causas do seu acontecimento no tempo relacionado às forças bióticas e abióticas e da interação entre as fases da mesma ou diferentes espécies (LIETH, 1974). Os padrões sazonais e de intensidade de florescimento de plantas, em vários biomas, está correlacionado à flutuação

da temperatura e luminosidade do dia, podendo ser modificados pelos padrões de chuva (KEATLEY; HUDSON, 2010).

O açazeiro, *Euterpe oleracea* Mart., é de ocorrência natural de áreas alagadas, presente principalmente nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão e Amapá (HOMMA et al., 2005). É uma espécie monoica, com inflorescência do tipo cacho que porta flores masculinas e femininas, com a antese das flores masculinas (fase sexual masculina) precedendo a das femininas (fase sexual feminina).

A fase sexual masculina dura em média, em terra-firme, de 12 a 16,8 dias (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA; LEMOS; SANTOS, 2000) e em várzea, de 10 a 12 dias, e no décimo terceiro dia iniciam a queda (JARDIM; MACAMBIRA, 1996). Após esta fase, o cacho passa por um período de até três dias sem qualquer abertura de flor. Em sequência, ocorre a fase sexual feminina, que dura de 5 a 7 dias (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA; LEMOS; SANTOS, 2000). Em alguns indivíduos a sobreposição de fases florais pode ocorrer, como foi observado por Oliveira, Lemos e Santos (2000) em duas progênies do banco genético da EMBRAPA – CPATU.

O tempo médio de duração da flor masculina é de 5 a 6 horas e o da flor feminina de 24 horas (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA; LEMOS; SANTOS, 2000). As flores masculinas geralmente abrem às 9h e caem às 13h (HENDERSON, 1986; VENTURIERI et al., 2014). As flores femininas abrem no período diurno (JARDIM; MACAMBIRA, 1996), mas há indicação de que a antese se inicia às 22h (VENTURIERI et al., 2014), e quando não fecundadas, iniciam a fase de senescência a partir do terceiro dia (VENTURIERI et al., 2014) podendo permanecer no cacho por até cinco dias, após a antese, mesmo quando não foram fecundadas (VENTURIERI, 2008).

A floração do açazeiro ocorre o ano todo na região amazônica, com pico nos meses de janeiro a maio, coincidindo com o período de maior pluviosidade (CALZAVARA, 1976; OLIVEIRA, 2002).

A espécie é preferencialmente alógama (JARDIM, 1991; OHASHI, 1990; SOUZA, 2002; VENTURIERI et al., 2014). Embora as flores do açazeiro sejam abundantemente visitadas por insetos das ordens Coleoptera, Díptera, Homoptera e Hymenoptera (HENDERSON, 1986; JARDIM; MACAMBIRA, 1996; OLIVEIRA, 2002; VENTURIERI et al., 2014; Capítulo 4), a proporção de flores abortadas é alta, alcançando 60% aos 180 dias após a exposição da inflorescência feminina à polinização aberta (Capítulo 5). Excetuando causas fitossanitárias, o alto índice de aborto pode

estar relacionado às limitações na capacidade de suporte da planta (ENGELS; KIRKBY; WHITE, 2012) e a autoincompatibilidade gênica, sendo esta última já constatada para o açaizeiro (VENTURIERI et al., 2014; Capítulo 5).

O aborto de flores, causados por autoincompatibilidade gênica pode ser diminuído com o uso de polinizadores que favoreçam a polinização cruzada e de cultivares intercompatíveis e/ou autocompatíveis. Para a identificação correta de tais polinizadores uma série de informações deve ser levantada, como: a disponibilidade de recursos florais atrativos aos polinizadores, sendo os mais comuns o pólen e néctar; e o período de receptividade das flores femininas. Tais informações, quando associadas ao comportamento dos insetos visitantes, poderão elucidar aspectos importantes para melhorar o manejo agrônomico da espécie e dos seus polinizadores.

O entendimento do comportamento dos polinizadores e/ou dos visitantes florais tem implicações na estrutura das comunidades e na biologia das populações, influenciando diretamente no fluxo gênico e na evolução de estratégias reprodutivas (KAGEYAMA, 1987).

A partir da hipótese de que o período de maior probabilidade de ocorrer a polinização seria o curto período em que houve sobreposição da disponibilidade de pólen e receptividade do estigma. O objetivo deste trabalho foi descrever a disponibilidade de pólen, néctar e a receptividade estigmática das flores de *E. oleracea*, em condições de cultivo em terra firme com irrigação, com o propósito de contribuir para a determinação do(s) polinizador(es) potencial(s) na definição de estratégias para o manejo agrônomico da espécie e trazer subsídios para estudos sobre a evolução do sistema de cruzamento de palmeiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um plantio comercial voltado para a produção de frutos de *E. oleracea*, localizado no Município de Igarapé-Açu, no Estado do Pará (1°01'47,76"S e 47°35'08,95"W), com solo do tipo latossolo amarelo textura média, precipitação anual média de 2.302,5mm a 2.857,5mm, temperatura máxima de 32,2°C e mínima de 21,6°C, caracterizado como tipo climático Ami, na escala Köppen. Possui distribuição heterogênea das chuvas durante o ano, apresentando maiores médias nos meses de fevereiro a março e menores nos meses de setembro a novembro (PACHECO; BASTOS, 2007). Os dados de precipitação

pluviométrica e de temperatura utilizados foram da estação meteorológica da EMBRAPA em Igarapé-Açu, situada a 12 quilômetros da unidade experimental (1°07'59" S e 47°36'55" W). A propriedade possuía 32 ha de plantio de açaí, com diversas idades. O presente estudo foi realizado no período de janeiro a julho de 2014 em um talhão de 16 ha, plantados há cerca de quatro anos antes desta pesquisa.

O plantio estudado foi formado por açaizeiros do grupo populacional semelhante ao “chumbinho” conforme descrito por Oliveira et al. (2002) a partir de mudas de sementes procedentes dos municípios Afuá e Chaves, na Ilha do Marajó - PA. As plantas foram plantadas em espaçamento de 5m x 5m, receberam irrigação, nos períodos de déficit hídrico, adubação (NPK+ micronutrientes e esterco de gado), com desbaste dos perfilhos nas touceiras (deixados de 3 a 5 estirpes por touceira) e supressão da vegetação espontânea por roçagem entre as linhas do plantio.

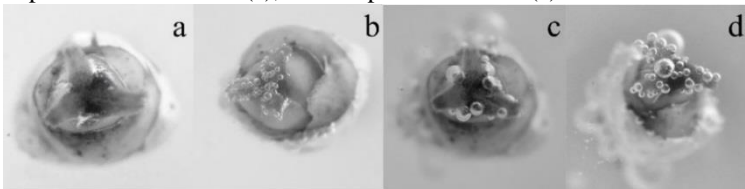
A receptividade do estigma foi avaliada em cinco plantas de touceiras distintas. De cada planta, foram analisadas cinco flores/intervalo de uma hora, no período das 6:00 às 18:00h, nos meses de janeiro e fevereiro de 2014. O grau de receptividade do estigma foi avaliado indiretamente pela reação de peroxidase do estigma com o peróxido de hidrogênio em solução aquosa a 0,3% de Peridrol (contendo 30% de H₂O₂) (ZEISLER, 1938). A intensidade da receptividade foi avaliada pela metodologia descrita por Venturieri (1994, p.84), modificado o tempo de imersão do estigma na solução, observado após 15 segundos de imersão, atribuindo-se nota qualitativa baseada quantidade de bolhas de O₂ formadas: (0)- nula, nenhuma formação de bolhas; (1)- fraca, formação de 1 a 15 bolhas; (2) moderada, formação de 16 a 30 bolhas; (3)- forte, mais de 30 bolhas. Para servirem como padrão comparativo, fotografias de cada uma destas fases foram elaboradas (Figura 3.1). A partir do somatório dos produtos das notas qualitativas pela frequência, dividido pelo número de observações no horário, foi formado um “índice de receptividade” por horário de observação e ilustrado na forma de gráfico de coordenadas.

O volume e a produção de açúcares no néctar foram avaliados em flores, ensacadas, próximo à deiscência, com tecido não tecido (TNT). Durante a antese das flores, aproximadamente de hora em hora, no período compreendido entre 8:00 às 15:00h, foram feitas as coletas de néctar com microcapilares com capacidade volumétrica de 1 µl (Drumonn, Microcaps®, Broomall, USA). O volume de néctar produzido foi calculado com base na altura da coluna de néctar alcançada no microcapilar. Após a coleta,

eventuais resquícios de néctar foram retirados, por absorção, com um toque de papel absorvente.

A concentração de açúcar foi estimada em graus Brix, mensurada com auxílio de refratômetro de luz portátil, com escala de 0-50° (Bellingham & Stanley, Tunbridge Wells, Kent, UK), e a quantidade de açúcar ajustada conforme tabela existente em Dafni, Kevan & Husband (2005, p.278).

Figura 3.1- Escala de intensidade da receptividade do estigma de *E. oleracea* a partir da reação da superfície estigmática em solução aquosa de 0,3% de Peridrol (contendo 30% de peróxido de oxigênio). a- Receptividade nula (0); b- Receptividade fraca (1); c- Receptividade moderada (2); d- Receptividade forte (3).



As avaliações foram feitas em três plantas, no período menos chuvoso (de 31/01 a 7/02/2014) e, em 3 plantas, no período mais chuvoso (de 14/07 a 18/07/2014) por fase fenológica masculina e feminina. Devido a acidentes, foram perdidas 5 flores de uma mesma planta na fase feminina, do período mais seco, e 2 flores (uma de cada planta) da fase masculina, do período mais chuvoso. Para diminuir o erro em função da perda das flores citadas, as amostras foram padronizadas por bootstrap para 15 flores (AYRES et al., 2007). O início de produção de néctar foi definido quando houve a possibilidade dele ser coletado por capilaridade e o término quando em nenhuma das flores isoladas havia néctar.

Gráficos ilustrativos do acumulado por horário dos parâmetros avaliados foram elaborados a partir dos dados obtidos, por planta e por sexo das flores, para os dois períodos estudados.

O volume total do néctar, a quantidade de açúcar nele contido e a hora do término de produção de néctar, foram calculados e usados como parâmetros para análise de variância - ANOVA. Como pressupostos necessários para a aplicação da análise, os dados foram avaliados quanto à equivalência em normalidade (utilizou-se o teste de Lilliefors) e homocedasticidade (utilizou-se o teste de Brown-Forsythe). Quando pelo menos um desses pressupostos não foi atendido, a análise foi feita com o uso

do Modelo Linear Generalizado (GLM) que baseia a análise na distribuição natural dos dados e não somente com base na curva normal como na ANOVA (MYERS et al., 2010; p. 234). A correlação entre o volume e a produção de açúcares foi estimada pelo índice de correlação de Pearson. As análises foram feitas em esquema fatorial com o auxílio do pacote estatístico Statistica versão 6.0 (Statsoft, Satsoft, Tulsa, Estados Unidos). Somente para os efeitos com diferença significativa foram elaborados gráficos ilustrativos usando as médias não balanceadas.

O período de maior probabilidade de ocorrência da polinização foi determinado a partir da sobreposição das médias dos parâmetros avaliados, as quais foram transformadas para unidades binárias (abaixo e acima da média) e dispostas em um diagrama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período mais chuvoso do estudo a pluviosidade média foi de 388,0mm e as temperaturas ficaram entre 21,0°C e 33,2°C. Para o período menos chuvoso a pluviosidade média foi de 107,4 mm e as temperaturas ficaram entre 20°C e 34,2°C (Figura 3.2). Segundo Bastos (1999), as temperaturas e as pluviosidades médias para os meses em estudos estão de acordo com as características esperadas, respectivamente para a estação climática mais chuvosa e menos chuvosa da região.

Os estigmas tornaram-se receptíveis a partir das 7:00h e apresentou alta receptividade entre 11:00 e 16:00h (Figura 3.3). Porém, quando a observação foi feita em um dia nublado, precedido de dois dias de chuva intensa (respectivamente de 38,8 e 33,9 mm - quantidades pluviométricas superiores ao dobro da média para o mês 13,86 mm), o início da receptividade do estigma foi próximo das 9:00h, mantendo-se em nível alto no período de 11:00 às 17:00h. Neste dia foi observado o atraso na abertura das anteras e com algumas flores masculinas sofrendo abscisão com as brácteas abertas e com as anteras ainda fechadas. O atraso na antese das flores, influenciado pelas chuvas e luminosidade do dia, também foi constatado em *E. edulis* (MANTOVANI; MORELLATO, 2000) e em *E. precatória* (KUCHMEISTER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1997).

Figura 3.2- Distribuições da pluviosidade e da temperatura média na região no período estudado. Igarapé-Açú, PA. As barras verticais para a variável temperatura simbolizam o valor médio mensal, com os extremos de mínimo e máximo.

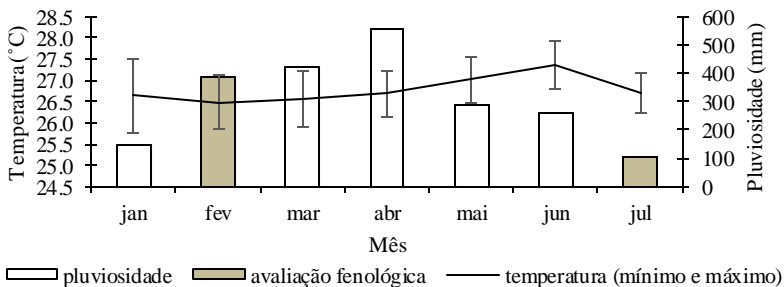
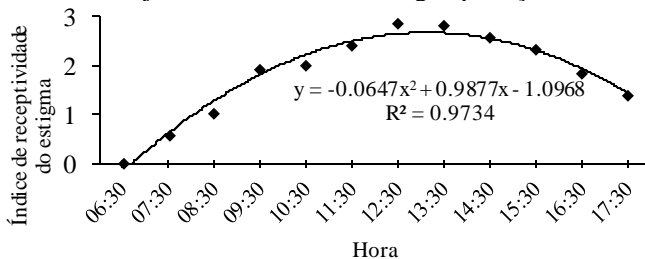


Figura 3.3- Distribuição da intensidade da receptividade do estigma a partir do índice de receptividade (N=5 árvores), desde a antese até a senescência da flor de *E. oleracea*. Período de janeiro a fevereiro, 2014. Igarapé-Açú, PA.



O volume e produção de açúcar apresentou alta variação entre plantas e entre os períodos de avaliação (Figura 3.4), em média as flores masculinas produziram em néctar o volume de $0,91 \pm 0,56\mu\text{L}$ e em açúcar $0,22 \pm 0,14\text{mg}$, o equivalente a 25,2% em concentração de açúcares. As femininas $0,92 \pm 0,68\mu\text{L}$ e $0,19 \pm 0,12\text{mg}$, o equivalente a 22,9% em concentração de açúcares.

As variáveis não apresentaram homocedasticidade para o término de produção ($p= 0,00$) e para concentração de açúcar por volume ($p= 0,02$), portanto foi usado o Modelo Linear Generalizado (GLM). As análises estatísticas para o néctar: volume; produção de açúcar, concentração de açúcar e término da produção, estão mostradas na tabela 3.1.

A produção média de néctar em volume, quantidade de açúcar e concentração de açúcar, foram respectivamente, de $0,13\mu\text{L}$, $0,05\text{mg}$

(equivalente a 37,2% em concentração de açúcar) e 12,6% escala Brix, produzidos em flores masculinas; e de 0,05 μ L, 0,01mg (equivalente a 10,9% em concentração de açúcar) e 18,7% escala Brix, produzidos em flores femininas.

No período mais chuvoso as médias do volume de néctar e da produção de açúcares por flor foram respectivamente 1,25 \pm 0,56 μ L e 0,27 \pm 0,10mg; e de 0,58 \pm 0,49 μ L e 0,13 \pm 0,11mg (com diferença significativa para ambas as variáveis $p=0,00$) (Tabela 3.1). Durante o período menos chuvoso, a produção de néctar em flores masculinas terminou duas horas mais cedo que as flores femininas ($p=0,00$), e conforme a estação mais seca foi se estabelecendo, esta diferença diminuiu e não houve mais diferença entre os períodos ($p=0,05$) (Figura 3.4, Tabela 3.1).

Não houve diferença significativa para a concentração de açúcares para os fatores analisados (Tabela 3.1). A concentração de açúcares no néctar produzido por *E. oleracea* se aproxima do descrito para *E. edulis*, porém volume é pelo menos três vezes maior que o descrito por Dorneles et al. (2013).

Tabela 3.1- As probabilidades dos fatores: período climático; sexo das flores e interação entre ambos, serem estatisticamente iguais para as variáveis: término de produção de néctar, volume e quantidade de açúcar em flores de *E. oleracea*. Os valores em negrito mostraram diferenças significativas pelo teste de Fisher, $p < 0,05$.

Fatores	Variáveis do néctar (p ; QM)			
	Volume	Produção de açúcar	Término da produção	Concentração de açúcar
Período climático	0,00;	0,00;	0,05;	0,90;
	6,67	0,32	11,68	0,32
Sexo das flores	0,93;	0,28;	0,00;	0,28;
	0,00	0,01	56,99	0,01
Período climático x sexo das flores	0,43;	0,68;	0,68;	0,42;
	0,18	0,00	0,51	0,00
Somatório do quadrado dos resíduos	15,91	0,61	169,38	3735,11

O volume e a produção do açúcar no néctar foram mais elevados no período mais chuvoso (Figura 3.5a e 3.5b). Estas variáveis mostraram-se associadas, com correlação para o período mais chuvoso de $r=0,81$ ($p=0,00$); e para o período menos chuvoso de $r=0,83$ ($p=0,00$), portanto, houve uma associação positiva e significativa entre estas duas variáveis.

Figura 3.4- Distribuição da produção de néctar acumulado em flores de *E. oleracea* cultivado em terra firme. Igarapé-Açu, PA. Janeiro a julho de 2014.

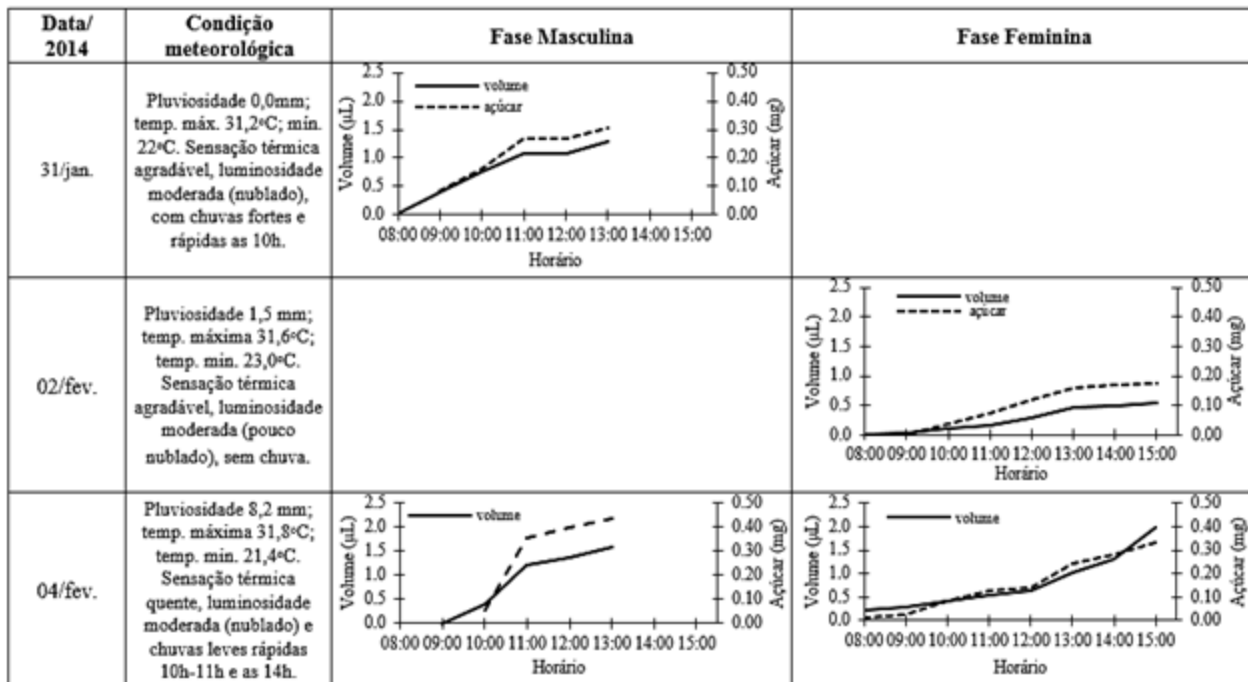


Figura 3.4- Continuação.

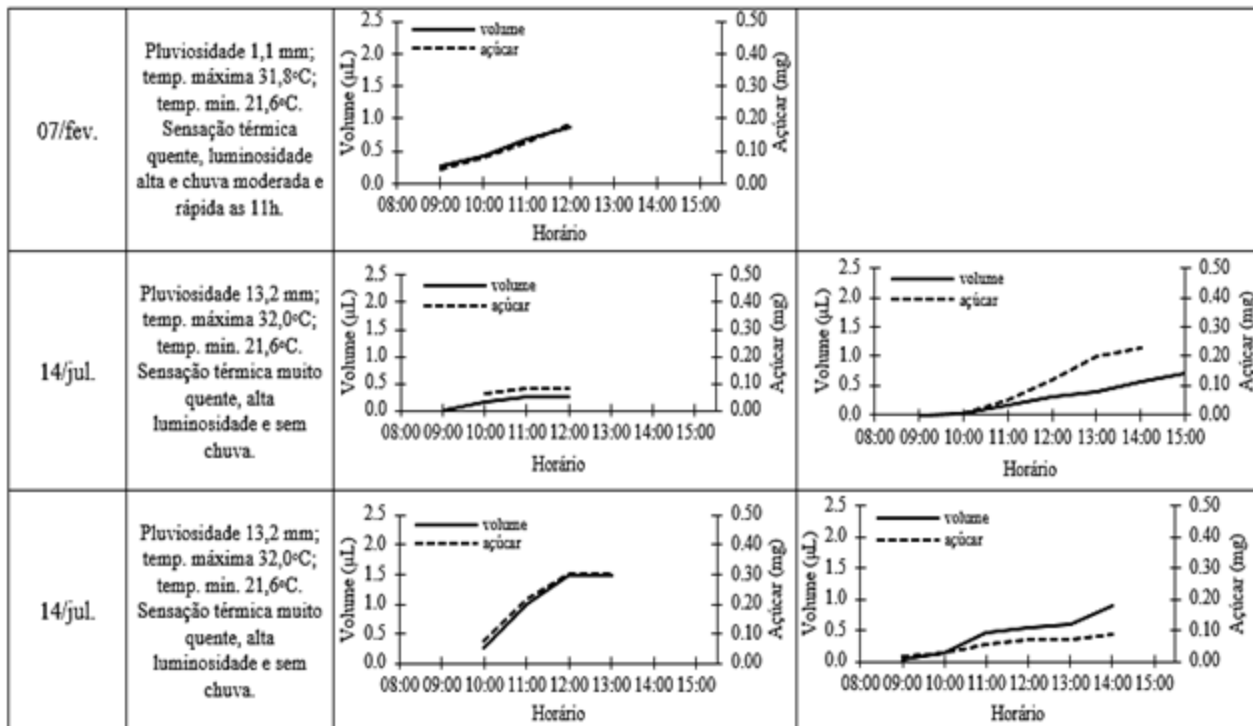


Figura 3.4- Continuação.

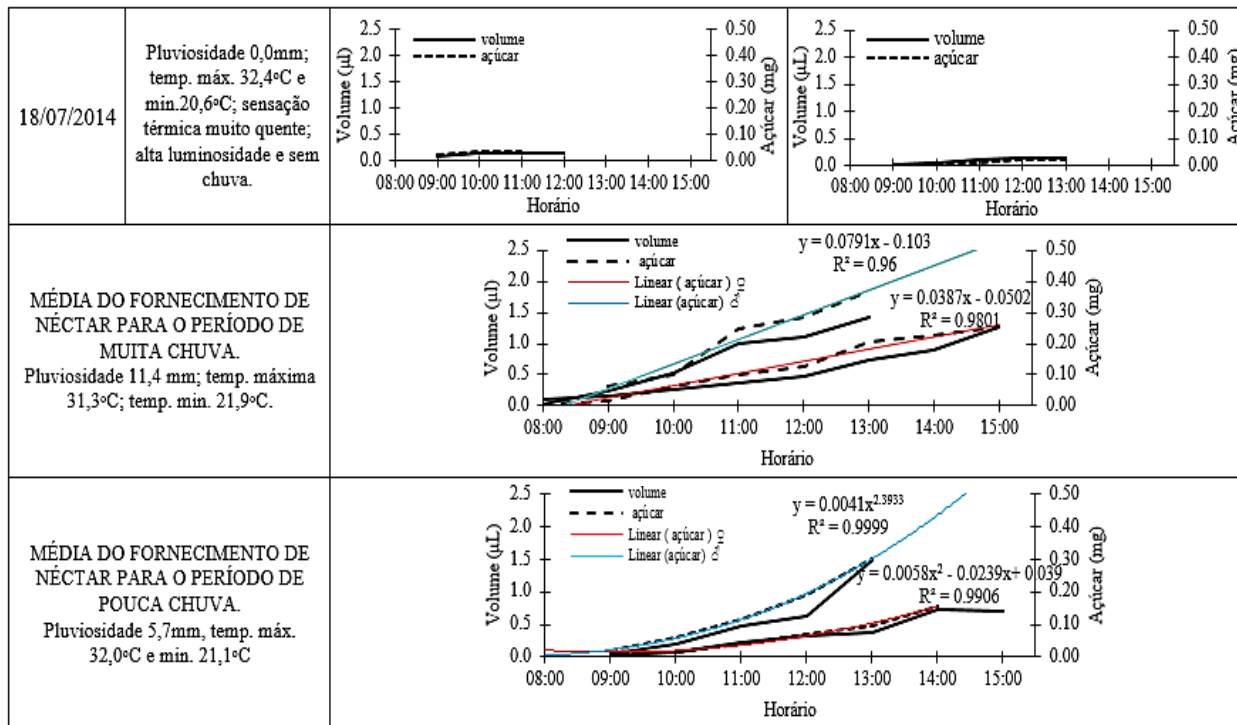
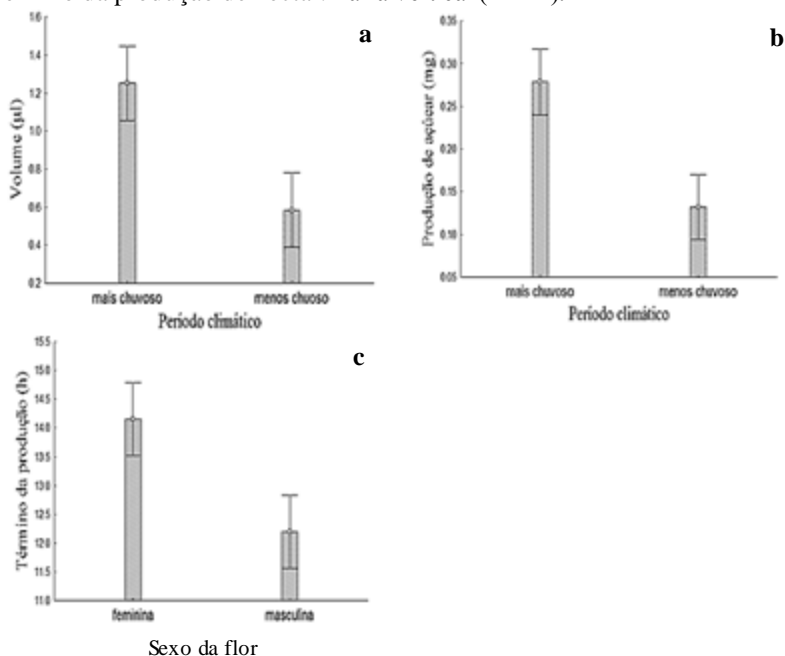


Figura 3.5- Néctar produzido por flores de *E. oleracea* em dois períodos e em função do sexo das flores: a- Volume de néctar; b- Produção de açúcares; c- Término da produção de néctar. Barra vertical ($\bar{X} \pm DP$).



Embora sem diferença significativa, o término da produção de néctar em média no período menos chuvoso foi menor que no período mais chuvoso. Vale ressaltar que a significância da diferença teve um valor de $p=0,05$, ou seja, próximo do limite para ser considerado como significativo (Tabela 3.1) indicando que, tanto a receptividade como a longevidade das flores, podem ser influenciadas pelo aumento da pluviosidade. O aumento da durabilidade das flores causado pelas chuvas compensaria o tempo que as abelhas, indicadas como polinizadores efetivos (ver Capítulo 4), ficariam nos seus ninhos enquanto chovia, portanto, mitigando os efeitos da chuva sobre a frequência da polinização. A alteração na interação planta-animal associada à pluviosidade e luminosidade do dia, também foi relatada para *E. edulis* (MANTOVANI; MORELLATO, 2000) e *E. precatória* (KUCHMEISTER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1997).

A concentração de açúcar não variou entre períodos climáticos ($p=0,90$) e entre os sexos das flores ($p=0,28$) (Tabela 3.1). Possivelmente a maior insolação, favorecida pela baixa nebulosidade associada à baixa pluviosidade, diminuíram a disponibilidade de água para as plantas com consequente diminuição na produção do néctar. Outra explicação poderia estar na desidratação dos nectários causados pelo aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar.

As flores masculinas iniciam oferecendo um néctar mais concentrado e mais abundante que o oferecido pelas flores femininas, o que pode ser interpretado como um incentivo para que os polinizadores visitem primeiro as flores masculinas para depois frequentarem as flores femininas, cujo clímax do oferecimento do seu néctar, na sua mais elevada concentração de açúcar, acontece logo em seguida, período coincidente com a maior receptividade dos estigmas (Figuras 3.3, 3.4 e 3.6).

O comportamento das flores funcionaria então como um incentivo para que a visita às flores masculinas, de uma dada planta, acontecesse antes da visita às flores femininas de outra planta. Este sistema atrai agentes polinizadores de diferentes ordens (OLLERTON et al., 2007). Nesse sentido, o açazeiro poderia ser classificado como detentor de flores atrativas para polinizadores generalistas.

O sistema de disponibilidade de pólen, néctar e receptividade do estigma, somado à floração em fases sexuais e associada ao sistema de auto-incompatibilidade (VENTURIERI et al., 2014) faz dela uma planta “obrigatoriamente xenogâmica”.

O oferecimento escalonado de flores em um mesmo cacho e a disponibilidade de recursos aos visitantes estende-se por vários dias, sendo comum para as espécies dos gêneros *Euterpe* (HENDERSON; GALEANO, 1996), *Hyospathe* e *Prestoea* e compreendido como uma estratégia para fidelizar os visitantes à espécie (LISTABARTH, 2001).

A floração em duas fases sexuais, sendo a fase masculina precedendo a feminina e com baixa chance de sobreposição entre as fases, em termos populacionais, teria um efeito similar a dioícia (CRUDEN; HERMANN-PAKER, 1977) levando a este autor, com base em estudos de espécies da família Umbelliferae onde o comportamento floral observado no açazeiro também acontece, a cunhar o termo “dioícia temporal” (as aspas são dos autores porque o termo, etimologicamente, significaria em “duas casas” e, portanto, se aplicaria às plantas cujas inflorescências estariam em plantas distintas e não na mesma planta).

Em termos medianos, o período em que as flores de *E. oleracea* estiveram passíveis de serem polinizadas foi entre 8:00-14:00h, em que houve a sobreposição de disponibilidade de pólen e receptividade do estigma, porém, o período considerado com maior potencial para que ocorresse a fecundação foi entre 9:00-13:00h, quando coincidiram os níveis mais altos da receptividade do estigma, disponibilidade de pólen nas anteras e volume e concentração de açúcar no néctar das flores femininas (Figura 3.6).

Figura 3.6- Diagrama de comparação qualitativa da disponibilidade de pólen e néctar (em volume e em produção de açúcar) em flores masculinas e femininas e a receptividade do estigma de *E. oleracea*. Igarapé-Açú, Pará.

Parâmetros	N	$\bar{X} \pm DP$	Horário												
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
(1) Disponibilidade de pólen	7			○	○●	●●	●●	●○	○						
(1) Volume de néctar flor ♂ (μl)	3	0,22±0,15		○	○○	●●	●●	○○	○						
(2) Volume de néctar flor ♂ (μl)	3	0,16±0,12			○○	○●	●●	●○							
(1) Prod. de açúcar flor ♂ (mg)	3	0,07±0,05			○○	●●	○○	○○							
(2) Prod. de açúcar flor ♂ (mg)	3	0,05±0,03			○	○●	●●								
(1) Receptividade do estigma	5	1,82±0,90	○○	○○	○●	○●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●○	○○
(1) Volume de néctar flor ♀ (μl)	2	0,46±0,69		○	○○	○●	○○	○○	○○	●●	○○	●●			
(2) Volume de néctar flor ♀ (μl)	3	0,22±0,33			○○	○○	●●	○○	○○	○○	●●	●●			
(1) Açúcar no néctar flor ♀ (mg)	2	0,03±0,02		○○	○○	●●	●○	○○	○○	●●	○○	○○			
(2) Açúcar no néctar flor ♀ (mg)	3	0,03±0,01			○○	○○	○○	○●	●●	○○	●●				

Legenda: ○ - Intervalo de meia hora para intensidade abaixo da média; ● - Intervalo de meia hora para intensidade acima da média; Estudo feito no: Período 1- janeiro e fevereiro de 2014; Período 2- junho de 2014.

As flores de *E. oleracea*, apesar de serem visitadas por um número elevado e diverso de insetos, (ver Capítulo 4), a definição dos polinizadores efetivos seria limitada àqueles, em que a visita às flores masculinas e femininas, estaria acontecendo no período em que houvesse sobreposição da disponibilidade de pólen e receptividade do estigma, acrescidos de outros predados, como a compatibilidade do tamanho corporal com as partes sexuais tocadas da flor, presença de pelos no corpo e comportamento durante o forrageio.

Rathcke (1992), em sua revisão, menciona que a produção variável do néctar, dentro de uma mesma planta e entre plantas é aparentemente uma regra e são significantes em quase todas as espécies que foram estudadas, podendo ser governada por processos abióticos como fotossíntese, temperatura, velocidade do crescimento, suprimento de água, uso de fertilizantes, crescimento da planta e até remoção do próprio néctar e bióticos, como herança genética. Esse autor menciona que, embora haja uma profusão de referências que associam tais fatores à produção de néctar, há confundimento nas análises porque, muitos destes fatores, são correlacionados e covariantes com os efeitos, levando a deslizes interpretativos entre a causa e o efeito. Como consequência, a ação dos polinizadores no campo pareça ser aleatória (Capítulo 4).

Os resultados aqui expostos indicam a existência de correlação entre período climático e o comportamento floral, mas, devido a possível complexidade de associações, assim como outros fatores não avaliados, os dados são insuficientes para quantificar a sua influência, isolada ou em conjunto, sobre o comportamento floral.

CONCLUSÕES

Há indicativos da existência de correlação entre pluviosidade, produção de néctar, disponibilidade de pólen e receptividade do estigma.

As flores do açazeiro apresentam compensações em recursos florais para que as visitas dos insetos às flores masculinas precedam as visitas às flores femininas.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo financiamento do projeto e bolsa de estudo, n° 554318/2010-5. À CAPES, pela continuação da bolsa de estudo. Ao Dr. João Tomé de Farias Neto pelo consentimento e apoio prestado durante a execução deste estudo em sua propriedade. A Dra. Nilza Pacheco, pesquisadora do Departamento de Meteorologia da Embrapa, por disponibilizar os dados de precipitação pluviométrica e temperatura de Igarapé-Açu, Pará. Ao Hugo da S. Corrêa e ao Dalmo T. Venturieri pelo apoio e grande ajuda na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

AYRES, M. et al. **Bio estat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. 5. ed. Belém, PA: Instituto de desenvolvimento sustentável Mamirauá- IDSMM/ MCT/ CNPq, 2007.

CALZAVARA, B. B. G. **As possibilidades do açaizeiro no estuário Amazônico**. Simpósio internacional sobre plantas de interesse econômico de la flora Amazonica. **Anais...** Belém, Pará: 1976

CRUDEN, R. W.; HERMANN-PAKER, S. M. Temporal dioecism: an alternative to dioecism. **Evolution**, v. 31, n. 4, p. 863–866, 1977.

DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. **Practical pollination biology**. Cambridge: Environquest Ltd, 2005.

DORNELES, L. L. et al. Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **Iheringa, Sér. Bot.**, v. 68, n. 1, p. 47–57, 2013.

ENGELS, C.; KIRKBY, E.; WHITE, P. Mineral nutrition, yield and source sink relationships. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. [s.l.] Elsevier Ltd, 2012. p. 85–133.

HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, v. 52, n. 3, p. 221–259, 1986.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe*, *Prestoe*, and *Neonicholsonia* (Palmae). **Flora Neotropica**, v. 72, p. 1–89, 1996.

HOMMA, A. K. O. et al. **Açaí**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental, CPATU. Sistema de produção 4, 2005.

JARDIM, M. A. G. **Aspectos biológicos da biologia reprodutiva de uma população natural de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no Estuário Amazônico**. [s.l.] Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, 1991.

JARDIM, M. A.; MACAMBIRA, M. L. J. Biologia floral do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius). **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Bot.**, v. 12 (1), p. 131–136, 1996.

KAGEYAMA, P. Y. Conservação “in situ” de recursos genéticos de plantas. **IPEF**, v. 35, p. 7–37, 1987.

KEATLEY, M. R.; HUDSON, I. L. Introduction and overview. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. R. (Eds.). **Phenological research methods for environmental and climate change analysis**. London New York: Springer Science, 2010. p. 525.

KUCHMEISTER, H.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. Flowering, pollination, nectar standing crop, and nectaries of *Euterpe precatoria* (Arecaceae), an Amazonian rain forest palm. **Plant systematics and evolution**, v. 206, p. 71–97, 1997.

LIETH, H. Purposes of phenology book. In: MÜNCHEN, J. J. et al. (Eds.). **Ecological studies analysis and synthesis**. 8. ed. New York: Springer Science, 1974. p. 3–19.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitreiro. In: REIS, M. S. DOS; REIS, A. (Eds.). ***Euterpe edulis* Martius (Palmitreiro): biologia, conservação e manejo**. Itajaí, Santa Catarina: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 335.

MYERS, R. H. et al. **Generalized linear models with applications in engineering and the sciences**. Second ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2010.

OHASHI, S. T. **Varição genética em populações de açaizeiro *Euterpe oleracea* Mart. do estuário Amazonico**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 1990.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE. **Biologia Floral do Açaizeiro em Belém, PA**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8, 2002.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE et al. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Belém , PA: Embrapa Amazonia Oriental. Circular técnica, 26, 2002.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; LEMOS, M. A.; SANTOS, E. O. DOS. **Avaliação da sucessão de fases da floração em acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8, 2000.

OLLERTON, J. et al. Multiple meanings and modes : on the many ways to be a generalist flower. v. 56, n. August, p. 1–12, 2007.

PACHECO, N. ARAUJO; BASTOS, T. X. **Boletim agrometeorológico 2006 Igarapé Açu**. Belém , PA: Embrapa Amazonia Oriental. Documentos, 296, 2007.

RATHCKE, B. J. Nectar distributions, pollinator behavior, and plant reproductive success. In: HUNTER, M. D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P. W. (Eds.). **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. 1. ed. San Diego, California: Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, 1992. p. 113–138.

SOUZA, P. C. A. DE. **Aspectos ecológicos e genéticos de uma população natural de *Euterpe oleracea* Mart. no estuário Amazonico**. [s.l.] Dissertação (Mestrado Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

VENTURIERI, G. A. **Floral biology of cupuassu (*Theobroma graniflorum* (willdenow ex Sprengel) Schumann)**. [s.l.] Tese (Doutorado)- Reading University, United Kingdom, 1994.

VENTURIERI, G. C. Floral biology and management of stingless bees to pollinate assai palm (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) in Brazil in eastern amazon. In: **Pollinators management in Brazil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. p. 41.

VENTURIERI, G. C. et al. Plano de manejo para os polinizadores do açaizeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae). In: YAMAMOTO, M.;

OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: plano de manejo.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. p. 97–129.

ZEISLER, M. Über die abgrenzung der eigenthchen narbenfläche mit hilfe von reaktionen. **Beihefte Botaniska Zentralblatt**, v. 58, p. 308–318, 1938.

4. Artigo 3- INSETOS VISITANTES FLORAIS E INDICAÇÃO DE POLINIZADORES POTENCIAIS EM UM PLANTIO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*)

Resumo: A polinização é caracterizada pela transferência do pólen existente nas anteras para o estigma das flores e, quando bem-sucedida, propicia a fertilização. Para *Euterpe oleracea* a assincronia da antese entre flores masculinas/femininas e mecanismos de autoincompatibilidade faz com que a sua reprodução dependa de polinização cruzada. Devido a fatores como morfologia da flor, presença de verticilos com cores vivas e disponibilidade de néctar e pólen, o açaí apresenta indicadores de que a sua polinização seja mediada por insetos. Com base no período de maior probabilidade de polinização do açaizeiro, comportamento e a morfologia dos visitantes florais, o objetivo deste trabalho foi indicá-los como possíveis polinizadores do açaí. O estudo foi realizado em um cultivo em terra-firme, no município de Igarapé-Açu, Pará, no período de janeiro a fevereiro de 2014, distribuído em três épocas diferenciadas pela introdução de colônias de *M. flavolineata*. *A.E. oleracea* deu recompensas mais atrativas, néctar em volume e concentração de açúcar, aos seus polinizadores em flores masculinas e depois nas femininas, coincidindo com o período de maior disponibilidade de pólen e néctar nas flores masculinas seguido da maior receptividade estigmática. Dos 28 taxa de visitantes florais, 47% são abelhas, 30% são vespas, 17% são moscas e 6% outros insetos. As abelhas, por apresentarem comportamento de forrageamento, morfologia corporal e quantidade de pelos na sua parte ventral mais adequados para este serviço de polinização do açaizeiro, foram sugeridas como o grupo que contém o maior número de polinizadores potenciais. As moscas e as vespas foram sugeridas como polinizadores suplementares e complementares.

Palavras-chave: polinização, abelhas-sem-ferrão; *Melipona*; cultivo em terra-firme.

INTRODUÇÃO

A polinização é caracterizada pela transferência do pólen existente nas anteras para o estigma de uma flor. Ela é considerada o primeiro passo rumo à fecundação, cuja junção dos gametas gera frutos e, por

consequente, sementes, as quais possibilitarão a reprodução sexuada da espécie em questão (LORD; RUSSELL, 2002; HERRERO, 1992).

Cerca de 80% das angiospermas são dependentes da polinização mediada por animais (BAWA; PERRY; BEACH, 1985). Em florestas tropicais, eles são responsáveis pela polinização de 98% das árvores (BAWA, 1990). Os insetos são marcadamente o grupo de animais que mais promove polinizações no mundo e o fazem porque necessitam das plantas para obterem recursos proteicos (pólen), carboidratos (néctar), resinas, essências (óleos) e abrigo (FREE, 1993).

O açazeiro (*Euterpe oleracea*) é uma espécie monoica, com inflorescência do tipo cacho que porta flores masculinas e femininas, com a antese das flores masculinas (fase sexual masculina) precedendo a das femininas (fase sexual feminina) (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA; LEMOS; SANTOS, 2000). (HENDERSON, 1986; VENTURIERI et al., 2014).

As flores do açazeiro possuem cores vivas, são sésses, diclinas, frequentemente distribuídas nas ráquulas em tríades compostas por duas flores masculinas e uma feminina com exceção da parte terminal das ráquulas, onde predominam as flores masculinas (HENDERSON; GALEANO, 1996), (Capítulo 2). As flores masculinas iniciam sua antese oferecendo um néctar mais abundante e concentrado que o oferecido pelas flores femininas, o que pode ser interpretado como incentivo para que os polinizadores visitem primeiro as flores masculinas para depois irem para as flores femininas, cujo clímax do oferecimento do seu néctar, na sua mais elevada concentração de açúcar, acontece logo em seguida ao declínio da produção de néctar nas flores masculinas, período coincidente com a maior receptividade do estigma (VENTURIERI et al., 2014; Capítulo 3).

A espécie é predominantemente autoincompatível (VENTURIERI et al., 2014). O aspecto da flor, o oferecimento de recursos florais atrativos aos insetos, a fenologia floral e a presença de mecanismos de autoincompatibilidade são predicados de uma espécie dependente de polinização cruzada e mediada por insetos. No açazeiro, a existência de polinização cruzada foi evidenciada pela alta variabilidade genética observada em progênies de polinização aberta (OHASHI, 1990; SOUZA, 2002) e a polinização por insetos em Jardim; Macambira (1996); Venturieri (2008), Venturieri et al., (2014).

As palmeiras são preponderantemente polinizadas por insetos, com 29% delas feita por besouros, 26% por abelhas, 8% por moscas e 7% pelo

vento, havendo ainda uma série de outros polinizadores que vão de mamíferos a caranguejo (BARFOD *et al.*, 2011).

Estudos destacam a as abelhas como principais polinizadores em espécies do gênero *Eutерpe*. Em *E. edulis* a *Trigona spinipes* (REIS; GUIMARÃES; OLIVEIRA, 1993), *Plebeia droryana*, *P. remota* e *Apis mellifera* (DORNELES *et al.*, 2013) e em *E. precatória* as abelhas Halictidae (KUCHMEISTER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1997).

Para o *E. oleracea*, os insetos mais abundantes encontrados nas flores por Venturieri *et al.* (2006), foram: Apidae/Apini: *Melipona flavolineata*, *M. fasciculata*, *M. manaosensis*, *M. amazonica*, *Trigona fulviventris*, *Trigona pallens*, *Trigona sp.*, *Plebeia minima*, *Plebeia sp.*, *Partamona testacea*, *Partamona sp* e *Apis mellifera* Apidae/Anthophorini: *Exomalopsis sp*; Halictidae: *Pereirapis sp.* e *Augochoropsis sp.*; Diptera: *Eristalis spp.*; Formicidae: *Camponotus abdominalis*. Oliveira (2002) destacou como visitantes florais do açazeiro os insetos das ordens: Coleoptera (Chrysomelidae e Curculionidae), Diptera, Hymenoptera (Apidae, Formicidae e Vespidae), Heteroptera (Reduviidae) e Lepidoptera (Hesperiidae), sendo que a família de maior ocorrência foi a Apidae, com destaque para a espécie *Trigona pallens*.

Jardim e Macambira (1996) mencionam que as flores de açazeiro foram visitadas por insetos das ordens: Coleoptera (11 espécies), Diptera (3 espécies), Homoptera (1 espécie) e Hymenoptera (4 espécies) sugerindo como os prováveis polinizadores quatro espécies de coleópteros. Em todos esses trabalhos foram mencionados como visitantes florais as abelhas, moscas, vespas, besouros e borboletas, com os dois últimos em menor proporção.

O objetivo deste trabalho foi indicar os potenciais polinizadores do açazeiro com base no período de maior probabilidade de polinização, comportamento e a morfologia dos visitantes florais e avaliar o efeito do adensamento artificial de *M. flavolineata* na população de insetos existentes na área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram desenvolvidos em um plantio racional de *E. oleracea*, com 4 anos de idade, localizado no município de Igarapé-Açú, no Estado do Pará (1°01'47,76" S e 47°35'08,95" O), cultivado em

latossolo amarelo, com irrigação no período de déficit hídrico, e adubação (NPK+ micronutrientes e esterco de gado). Os dados de precipitação e temperatura usados foram de uma estação meteorológica situada a 12 quilômetros da área experimental (1°07'59" S e 47°36'55" O).

As observações foram feitas de janeiro a fevereiro de 2014, em três épocas, cada uma com duração de dez dias: época 0- de 5 a 14 de janeiro, com apenas os polinizadores naturais; época 1- de 31 de janeiro a 9 de fevereiro, com os polinizadores naturais mais a introdução de 72 colônias de *M. flavolineata*, criadas em caixas racionais modelo Embrapa (VENTURIERI, 2008b); época 2- de 10 a 19 de fevereiro, novamente somente com os polinizadores naturais. Na época 1, as avaliações foram feitas 15 dias após a introdução das abelhas para que houvesse a adaptação das colônias na área.

Para avaliar a influência da vegetação do entorno sobre os visitantes florais do açazeiro, a área do plantio, onde foram feitas as observações, foi dividida em quadrantes: o primeiro, adjacente a uma capoeira (mata secundária decorrente de regeneração natural) e a uma área com cultivo de mandioca; o segundo, adjacente a uma capoeira e a uma área de pasto em sistema silvipastoril; o terceiro, adjacente a uma área de pasto em sistema silvipastoril e a um cultivo de açazeiros jovens (em estágio não reprodutivo); o quarto, adjacente a um cultivo de açazeiros jovens (em estágio não reprodutivo) e a uma área de cultivo de dendezeiros (*Elaeis guineensis*) (Figura 4.1).

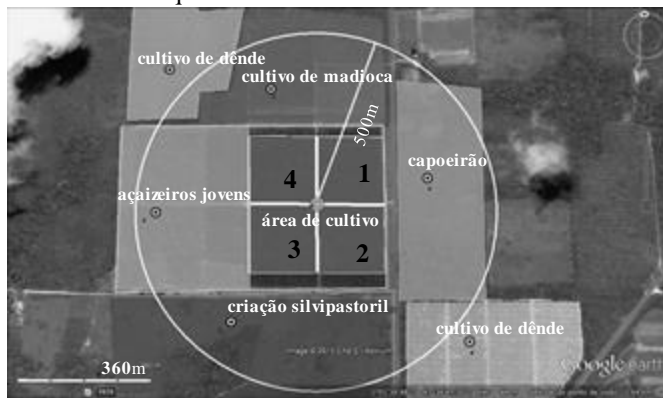
Os insetos visitantes foram observados em plantas designadas por sorteio dentro de cada quadrante em três áreas separadas por faixas de 15m em formato de L e extremidades coincidentes as estradas que dividiam as quadras de plantio. Os valores de abundância e diversidade de insetos foram tomados, em 10 dias por época de avaliação, entre 6:00h e 18:00h, agrupados por hora, em observações com duração de 5 minutos por planta.

Durante as observações foram assinalados os visitantes florais. Foi descrito o seu comportamento (recurso coletado e partes corporais e florais tocadas), a abundância de pelos na parte ventral do corpo (onde foi criada uma escala qualitativa para abundância de pelos na parte ventral dos insetos visitantes a partir da comparação visual entre todos aqueles que visitaram as flores do açazeiro), a fase sexual da inflorescência em que se situavam, horário de observação e o quadrante onde estava a planta avaliada.

Amostras representativas dos visitantes foram registradas por fotografia ou coletadas e levadas para o Laboratório de Botânica da

EMBRAPA/ CPATU, montados, identificados e adicionado na coleção do Dr. Giorgio Cristino Venturieri.

Figura 4.1- Mapa representativo da área de plantio estudado e dos tipos de cobertura vegetal predominantes em um raio de até 500m, com a indicação do ponto central da área de estudo aonde foram colocadas as colônias de *Melipona flavolineata*. Igarapé-Açu, Pará 1°01'47,76" S e 47°35'08,95" O. Os números de 1 a 4 localizam os quadrantes dentro da área de estudo.



Fonte: Google Earth. Data da captura da imagem: 14/08/2015, modificada pela autora.

Para avaliar a influência dos fatores época, quadrante e fenofase da inflorescência na abundância e na diversidade dos insetos visitantes de flores de *E. oleracea* foi feita uma análise de variância ANOVA usando Modelo Linear Generalizado - GLM (MYERS et al., 2010; p. 234). A distinção das médias foi feita pelo teste DMS de Fisher ($p < 0,05$). Os testes estatísticos foram feitos com o suporte do programa Statistica 6.0 (Statsoft, Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos).

A associação entre pluviosidades e temperatura do dia com a abundância e diversidade dos visitantes florais foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman, $p < 0,05$ (AYRES et al., 2007).

Para a comparação das frequências de visitação dos insetos por sexo da flor, foram usados somente os dados obtidos nos horários considerados como mais propício para a polinização natural do açazeiro, ou seja, entre 9:00h e 14:00h (Capítulo 3). As frequências de visitação por espécie e por fenofase foram confrontadas, sempre que o número mínimo de observações permitiu pelo teste de Qui-quadrado ($p < 0,05$) e, quando apropriado, feita a correção de Yates (AYRES et al., 2007).

Os visitantes florais que não apresentaram diferenças significativas de frequências de visitação entre as fenofases (em pelo menos uma das épocas avaliadas), comportamento compatível com a coleta de pólen (com sua posterior deposição nos estigmas) e corpo com estruturas e tamanho apropriados a deposição, foram considerados como os “polinizadores potenciais” de *E. oleracea*.

Os visitantes que atenderam parcialmente alguns destes predicados, mas cujo comportamento indicava alguma facilitação da polinização por outro vetor, foram classificados como “suplementares”. Os que foram observados em número insuficiente para avaliar se havia diferença significativa de frequências de visitação entre as fenofases, mas apresentaram estruturas e morfologia corporal compatíveis a de polinizadores, foram considerados como “polinizadores eventuais”. Já os demais foram denominados como “não polinizadores”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais

As pluviosidades acumuladas nos meses de estudo foram: janeiro = 145,4mm e fevereiro = 388,0mm. As temperaturas ficaram entre 19,4°C e 35,2°C. As médias da pluviosidade nas épocas 0 e 1 foram crescentes e inversamente proporcionais à temperatura. A pluviosidade foi bastante variável, mas a temperatura teve variação muito baixa, próxima de 1°C. Segundo Bastos (BASTOS; PACHECO, 1999; PACHECO; BASTOS, 2007), as temperaturas e as pluviosidades médias para os meses em estudos estão de acordo com as características esperadas para a estação climática mais chuvosa da região.

As flutuações ambientais

Para a variável abundância de insetos visitantes em flores de açazeiro, houve diferença significativa para os fatores época e a interação entre quadrante e época. Porém, a diversidade não foi influenciada pelos fatores avaliados (Tabela 4.1).

A abundância de visitantes na época 0 foi a maior e na época 2 a menor, a média na época 0 foi igual à da época 1 e maior que na época 2 ($p= 0,02$), decrescendo com o passar do tempo.

A interação entre os fatores época e quadrante está associada às mudanças de comportamento de um fator nos diferentes níveis de outro

fator, com relação a abundância de insetos nas flores do açazeiro. Contudo, somente na época 1 todos os quadrantes apresentaram médias de abundância estatisticamente iguais (Tabela 4.2) e somente o quadrante 3 as médias de abundância foram estatisticamente iguais nas três épocas.

Tabela 4.1- Análise das probabilidades das variáveis abundância e diversidade de espécies dos insetos em flores de *E. oleracea* para verificar se são estatisticamente iguais nos fatores fenofase, quadrante, época e suas interações. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará. Valores em negrito destacamos os fatores que influenciaram na diferença entre as médias, teste GLM, $p < 0,05$.

Fatores	Abundância	Diversidade
Fenofase sexual	0,21	0,89
Quadrante	0,39	0,18
Época	0,02	0,49
Fenofase sexual x quadrante	0,44	0,61
Fenofase sexual x época	0,98	0,36
Quadrante x época	0,03	0,15
Fenofase sexual x quadrante x época	0,59	0,09
Somatório do quadrado dos resíduos	33758,09	834,98

Os quadrantes 2 e 4 apresentaram as maiores médias na época 0. Provavelmente, os insetos existentes na capoeira foram atraídos pelos recursos (odor, pólen e néctar) disponibilizados pelo plantio de *Elaeis guineensis*, “dênde”, na época de menos chuva do período avaliado.

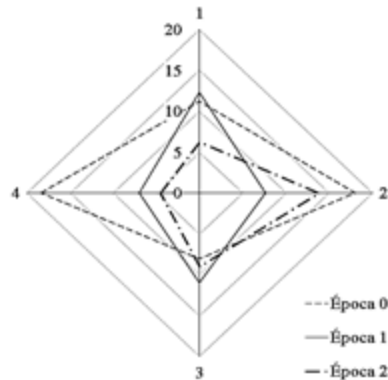
O quadrante 2, o mais próximo à mata em regeneração e à atividade silvipastoril, onde possivelmente gerou ambientes mais dinâmicos pelas melhores condições de habitat para os insetos, apresentou as maiores médias em abundância de visitantes nas flores de açazeiros, (Tabela 4.2 e Figura 4.2).

O quadrante 3, adjacente às áreas de criação silvipastoril e de açazeiros em fase juvenil, foi o que apresentou a abundância constante no decorrer do tempo. Possivelmente, isso se deve a menor dinâmica desses ambientes, que durante um período mais prolongado não tiveram a interferência de maquinários que revolvem o solo, ou da remoção intensiva de espécies ruderais, quando comparado às atividades de cultivo de mandioca e dênde.

Tabela 4.2- Interação entre quadrante e época para a variável abundância de espécies. Comparações unicaudais pelo teste de DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos de médias com mesmas letras não diferiram estatisticamente.

Quadrante	Época	Abundância média	Grupo		
			1	2	3
4	2	4,5	a		
1	2	6,2	a		
4	1	7,0	a		
2	1	7,6	a		
3	0	8,0	a		
3	2	9,0	a		
3	1	11,0	a	b	c
1	0	11,2	a		c
1	1	12,3	a	b	c
2	2	13,9	a	b	c
2	0	18,0		b	
4	0	18,5		b	c

Figura 4.2- Interação entre quadrante (1 a 4) e época para a variável abundância de espécies (escala vertical). Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará.



Foram constatadas associações entre a temperatura e abundância de insetos silvestres ($r_s=0,14$; $p=0,03$); entre temperatura e diversidade ($r_s=0,15$; $p=0,02$) e hora da observação e diversidade ($r_s=-0,15$; $p=0,02$) (Tabela 4.3).

Tabela 4.3- Associação entre fatores ambientais (temperatura e pluviosidade) com a abundância e a diversidade dos insetos visitantes (N=234). Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará. Os valores em negrito indicam associação significativa pelo teste de correlação de Spearman, $p < 0,05$.

Par de variáveis	Coeficiente de correlação de Spearman		
	(r_s)	t-(N-2)	p
Pluviosidade & abundância de insetos silvestres	-0,09	-1,37	0,17
Pluviosidade & abundância de <i>A. mellifera</i>	0,02	0,34	0,74
Pluviosidade & diversidade	-0,11	-1,76	0,08
Temperatura & abundância de insetos silvestres	0,14	2,22	0,03
Temperatura & abundância de <i>A. mellifera</i>	0,07	0,99	0,32
Temperatura & diversidade	0,15	2,33	0,02
Hora da observação & abundância de insetos silvestres	-0,13	-1,92	0,06
Hora da observação & abundância de <i>A. mellifera</i>	-0,03	-0,50	0,62
Hora da observação & diversidade	-0,15	-2,28	0,02

A temperatura do ambiente interferiu na abundância dos insetos silvestres, na não observação de algumas espécies de insetos e na aparição de outros ao longo das três épocas.

Em ambiente tropical, fatores como o aumento da umidade do ar, a pluviosidade e a luminosidade do dia, foram citados como influenciadores na abundância de abelhas para *E. precatória* (KUCHMEISTER; SILBERBAUER-GOTTSBERGER; GOTTSBERGER, 1997). Nesse estudo, os autores supõem que o declínio da diversidade estaria relacionado com a nebulosidade, pois ela influenciaria na diminuição da temperatura, e não necessariamente na pluviosidade.

Os insetos visitantes

Abundância e a diversidade de espécies por época avaliada

Foram feitas 116 observações dos insetos visitantes em inflorescências na fenofase masculinas, totalizando 9h40min, com a diversidade média±desvio padrão de $2,7\pm 1,9$ espécies de insetos por observação (Tabelas 4.4), sendo a *A. mellifera* a mais abundante com $9,3\pm 11,2$ indivíduos por observação, enquanto os outros insetos somados foi de $3,2\pm 5,3$.

Para a fenofase feminina, foram feitas 118 observações dos insetos visitantes em inflorescências, totalizando 9h50min, com a diversidade média±desvio padrão de $2,7\pm 2,1$ espécies de insetos (Tabela 4.4), sendo a *A. mellifera* novamente a mais abundante com $5,1\pm 9,2$ indivíduos por observação, enquanto outros insetos somados foi de $4,9\pm 6,4$ por observação.

Dos 30 taxa de visitantes florais observados 47% foram de abelhas (Hymenoptera- Apidae); 30% vespas (Hymenoptera- Vespidae); 17% (Diptera) e 6% de outras ordens. Os dados levantados no presente trabalho estão parcialmente de acordo com Henderson et al. (2000) para o gênero *Euterpe* que o classifica como o grupo de palmeiras cuja polinização é, em sua maioria, feita por abelhas e por moscas e, em menor escala, por besouros.

No presente trabalho não foram observados besouros entre os insetos visitantes, mas foram observados Lepidopteros. Esse último, por ser de tamanho e aparelho bucal (espirotromba) inapropriados para polinizar as flores de açai, descartou-se a sua função como polinizador.

Tabela 4.4- Número de espécies de insetos amostrados por época por fenofase da inflorescência ($\bar{X} \pm DP$). Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

Época	Inflorescência por fenofase			
	Masculina		Feminina	
	Observações (N)	Espécies (N)	Observações (N)	Espécies (N)
0	50	19	51	22
1	41	14	40	14
2	25	11	27	13
Total	116	44	118	49
Abundância média/hora	12,5±12,88		9,9±13,07	
Diversidade média/hora	2,7±1,94		2,7±2,13	

No horário, em que ambas as fases florais estavam ativas, o tempo de observação dos insetos visitantes em inflorescências masculinas foi de 6h25min. (n=75) e nas femininas foi de 6h00min. (n=72). Neste período de observação, considerando apenas os taxa mais frequentes (abelhas, vespas e moscas), foram observadas 28 espécies (inclusa neste número as que foram identificadas somente até o nível de gênero) sendo que 19 delas foram observadas em ambas as inflorescências (Tabela 4.5).

Considerando apenas as frequências das espécies observadas nas flores, nas fases sexuais femininas e masculina não diferenciadas pelo teste Chi-quadrado de contingência, na época 0, das 23 unidades taxonômicas, 17 (74%) ocorreram em ambas as inflorescências; na época 1, das 15 unidades taxonômicas, 13 (87%) ocorreram em ambas as inflorescências; na época 2, das 14 unidades taxonômicas 10 (71%) ocorreram em ambas as inflorescências. Porém, a frequência variou entre as épocas.

Em todas as épocas, os taxa observados que visitaram as flores masculinas e as femininas foram *Partamona cupira*, *P. combinata* e *P. testacea*. Por estes dados, pode-se concluir que as espécies consideradas como polinizadores potenciais podem variar, tanto em frequência como em diversidade entre as épocas.

Tabela 4.5- Insetos visitantes de flores de *E. oleracea* e suas características, classificados por ordem decrescente de abundância. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014. Igarapé-Açu, Pará.

Táxon ¹	G	Fenofase masculina			Fenofase feminina			Diferença entre fases ⁴	0	1	2	Região do corpo em contato com os órgãos reprodutivos da flor	Pelos no corpo ⁵	CP	
		Abundância por época ³			Abundância por época ³										
		Recurso coletado ²	0	1	2	Recurso coletado ²	0								1	2
<i>Apis mellifera</i>	A	n, p	491	329	142	n	340	115	58	***	***	***	cabeça	+++	PS
<i>Partamona cupira</i> ≠ <i>P. cobinata</i>	A	n, p	47	52	12	n	56	70	17	ns	ns	ns	cabeça, tórax	++	PP
<i>Partamona testacea</i>	A	n, p	9	8	7	n	10	12	6	ns	ns	ns	cabeça, tórax	++	PP
<i>Sarcodaxia lambens</i>	D	n	8	8	5	n	9	29	9	ns	***	ns	cabeça	+	PS
<i>Polybia sericea</i>	V	n, l	6	6	4	n	14	8	5	ns	...	...	cabeça	-	PS
<i>Trigona fulviventris</i> sp. 1 fam.	A	n, p	7	4	0	n	15	5	4	ns	...	...	cabeça, tórax	+	PP
Calliphoridae	D	n	1	5	2	n	1	2	0	...	...	...	cabeça	+	PE
<i>Augochloropsis illustris</i>	A	n	2	5	0	n	9	13	3	ns	ns	...	cabeça, tórax	+++	PP
<i>Polybia liliacea</i>	V	n	2	1	4	n	1	5	3	...	...	...	cabeça	-	PE
Syrphidae <i>Palpada</i> sp2	D	n	1	4	2	n	2	3	1	...	...	...	cabeça	+	PE
<i>Trigona</i> sp	A	n, p	0	0	7	n	0	0	12	-	-	ns	cabeça, tórax	++	PP
<i>Melipona flavolineata</i>	A	n, p	1	5	0	-	0	0	0	...	...	-	cabeça, tórax	+++	PE
<i>Palpada</i> sp1	D	n	4	1	0	n	0	4	0	...	...	-	cabeça	+	PS
<i>Exomalopsis</i> sp1 ≠ sp2 ≠ sp3	A	n	2	2	0	n	9	1	0	ns	...	-	cabeça, tórax	++	PE
<i>Protopolybia chartegoides</i>	V	ni	1	0	2	n	4	10	10	...	*	*	cabeça, tórax	-	PS
<i>Zethus mexicanus</i>	V	n	3	0	0	ni	2	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	-	PE
<i>Cephalotrigona</i> sp	A	n	0	0	2	-	0	0	0	-	-	...	cabeça, tórax	+++	PE
sp. 2 fam. Lepdoptera	L	n	2	0	0	-	0	0	0	...	-	-	espirotromba	++	-

Tabela 4.5- Continuação

sp. 3 fam. Tabanidae	D	ni	2	0	0	-	0	0	0	...	-	-	proboscide	+	PE
<i>Protopolybia rejecta</i>	V	n	1	0	0	n	1	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	-	PE
<i>Scaura sp. ≠ Plebeia minima</i>	A	n, p	1	0	0	n	2	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	+	PE
<i>Aparatrigona impuctata</i>	A	-	0	0	0	n	1	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	+	PE
<i>Frieseomelitta varia</i>	A	-	0	0	0	n	2	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	+	PE
<i>Polistes versicolor</i>	V	-	0	0	0	n	2	0	0	...	-	-	cabeça, tórax	-	PE
<i>Polybia occidentalis</i>	V	-	0	0	0	n	0	0	1	-	-	...	cabeça, tórax	-	PE
<i>Polybia striata</i>	V	-	0	0	0	n	11	0	0	**	-	-	cabeça, tórax	-	PS

¹Insetos visitantes de flores de *E.oleracea* no período de 9h às 14h. Espécies não diferenciadas no campo (≠).

²Recurso trófico coletado: larva (l); néctar (n); não identificado (ni); pólen (p);

³Quantidade total de insetos visualizados por época: não observado (-).

⁴Diferença do táxon entre fenofases masculinas e femininas segundo testes de contingências: (*) $p < 0,05$; (**) $p < 0,01$; (***) $p < 0,001$; não significativo (ns); não foi possível fazer o teste (...).

⁵Escala qualitativa para quantidade de pelos existentes no táxon: inexistente ou conspícuos (-); baixa (+); média (++); alta (+++).

Classificação do polinizador (CP): polinizador potencial (PP); polinizador eventual (PV); polinizador suplementar (PS); não é polinizador (-).

Grupo taxonômico (G): Apoidea (A); Diptera (D); Vespidae (V) e Lepidoptera (L).

A variação da abundância de insetos visitantes pode ser explicada pela interação entre vários fatores, como: flutuações na disponibilidade de pólen e néctar fortemente associados a fatores ambientais (Capítulo 3), tamanho das espécies (as mais corpulentas tendem a visitar as flores somente quando o nível de recompensa coletado é superior ao esforço de coleta (MACARTHUR; PIANKA, 1966)), disponibilidade de recursos mais compensadores no entorno e presença de competidores pelo mesmo recurso.

Portanto, a abundância e a diversidade dos insetos visitantes é uma resultante de complexas interações entre fatores climáticos e abrigos (FREE, 1993; RATHCKE, 1992) que estimulam a vinda de alguns taxa em detrimento de outros. Como exemplos disso tem-se: *M. flavolineata*, *Cephalotrigona* sp., *Scaura* sp., *Plebeia minima* e *Aparatrigona impuctata*, que somente em algumas épocas visitaram as flores do açazeiro, mas possuem todos os predicados morfológicos para serem considerados como polinizadores potenciais.

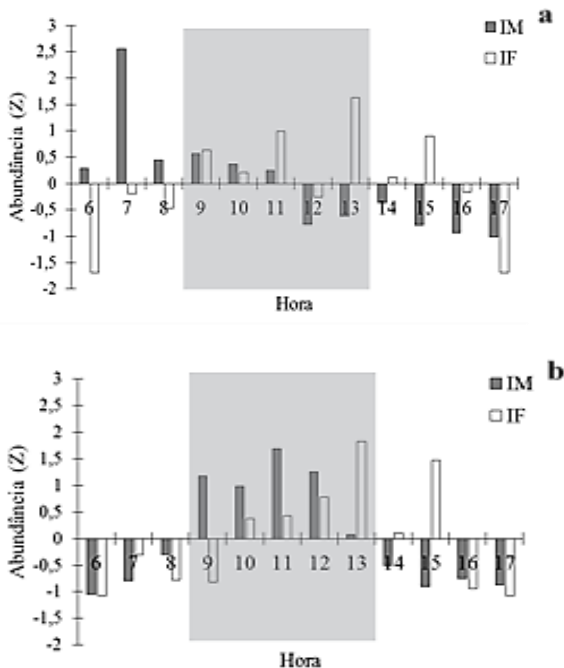
A abundância por espécie dos visitantes nas flores masculinas e das femininas foi comparada dentro de cada época, mas tal comparação - devido ao número amostrado ter sido insuficiente para ser aplicado algum teste estatístico - foi limitado somente a 11 espécies das 26 observadas e em 8 delas não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) em pelo menos uma época de avaliação. Das três espécies que apresentaram preferência por fase sexual nas 3 épocas avaliadas, a *A. mellifera* foi a única onde observou-se a preferência pela fase sexual masculina (Figura 4.3). As outras duas foram a *Protopolybia chartegoides* e a *Polybia striata* que mostraram ter preferência pelas flores femininas.

As vespas, por utilizarem larvas de outros insetos como fontes proteicas são recomendadas em cultivos agrícolas para o controle biológico de formas imaturas de lepidopteros e coleopteros (MACHADO; GOBBI; ALVES JÚNIOR, 1988). *Protopolybia chartegoides* e *Polybia striata* não chegaram a ser observadas predando outros insetos, mas tal comportamento foi observado em outras 3 vespas visitantes das flores do açazeiro, a *Polybia occidentalis*, *Polybia sericea* e *Polistes versicolor*. Para as duas últimas mencionadas, têm-se estudos para o seu uso como controle biológico (MACHADO; GOBBI; ALVES JÚNIOR, 1988; BICHARA FILHO et al., 2009; ELISEI et al., 2010).

A introdução das colônias de *M. flavolineata* no pomar aparentemente não interferiu na abundância e na diversidade dos insetos

visitantes das flores do açazeiro, raramente vista nas inflorescências (Tabela 4.5).

Figura 4.3- Abundância de insetos visitantes de flores de *E. oleracea* (em unidades de escore Z) por classe de hora. a) Abundância de insetos silvestres; b) Abundância de *A. mellifera*. IM- Inflorescência masculina; IF- inflorescência feminina. O retângulo cinza claro delimita o período determinado como o mais propício para a polinização de *E. oleracea*.



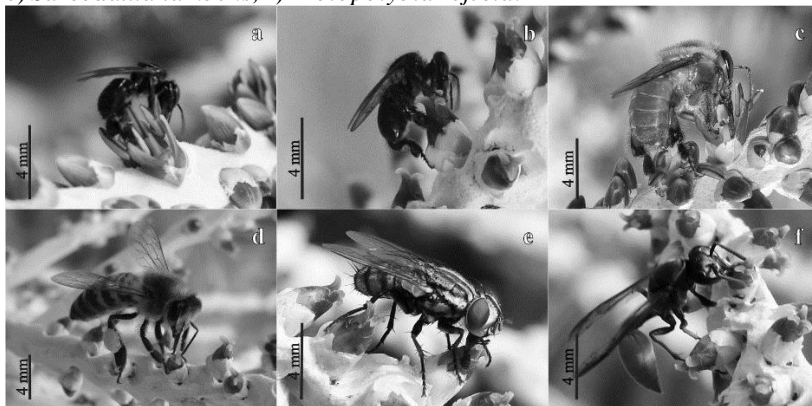
Os polinizadores potenciais, eventuais e suplementares

A escala qualitativa para abundância de pelos dos insetos visitantes foi feita a partir da comparação visual entre todos aqueles que visitaram as flores do açazeiro. O inseto com menos pelos foi representado principalmente por vespas, por exemplo, a *Polybia rejecta* (Figura 4.4-f) e com mais pelos as abelhas como *A. mellifera* e *M. flavolineata* (Figura 4.4-c e 4.4-d).

Os polinizadores potenciais foram os que apresentaram pelo menos em uma das épocas a mesma preferência de forrageamento em flores masculinas e femininas no período em que a polinização do açazeiro é

propícia - comportamento de forrageamento em flores de ambos os sexos, morfologia corporal e abundância mais elevadas de pelos na sua parte ventral. Neste grupo estão as abelhas silvestres *Partamona cupira* (ou *P. combinata*), *P. testacea*, *Trigona fulviventris*, *Augochloropsis illustris*, *Trigona* sp., *Exomalopsis* sp.1, sp. 2, sp. 3 (Figura 4.4-a e 4.4-b).

Figura 4.4- Insetos visitantes de flores de *E. oleracea*. Estudo feito de janeiro a fevereiro de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará. a) *Partamona combinata*; b) *P. cupira*; c) *Melipona flavolineata*; d) *Apis mellifera*; e) *Sarcodaxia lambens*; f) *Protopolybia rejecta*.



Entre os visitantes florais haviam aqueles que por terem um porte grande tinham dificuldades em contactar seu corpo com as anteras e os estigmas das flores e, portanto, prejudicava a polinização (Figura 4.4-d e 4.4-f). Entre eles a *A. mellifera* que embora tenha tal dificuldade, foi a espécie mais abundante e responsável por 47,4% das visitas. Dada a alta incidência de visitas e por possuírem bastante pelo na região ventral do tórax, possivelmente ela colabora com a polinização de forma menos efetiva, ficando incluída entre os polinizadores suplementares.

As moscas *Sarcodaxia lambens* (Figura 4.4-e) foram vistas em abundância em ambas as fenofases, mas, assim como a *A. mellifera*, são muito grandes para facilitar o contato do corpo com as partes sexuais das flores. Outras moscas cujo tamanho seria mais compatível para promover a polinização também foram observadas, no entanto, assim como as anteriores possuem poucos pelos no corpo para fazer um transporte eficiente de grãos de pólen. Embora as moscas apresentem essas limitações não se descartou a possibilidade de elas promoverem a

polinização e por isso foram consideradas como polinizadores suplementares. Moscas são classificadas como polinizadoras suplementares de várias plantas (FREE, 1993).

Outras espécies que também foram consideradas grandes, mas aparentaram ter alguma utilidade no auxílio da sanidade das inflorescências dos açaizeiros, foram as vespas (Figura 4.4- f). As vespas, assim como as moscas, possuem o corpo glabro ou com raros pelos (Tabela 4.5), o que dificulta o transporte de pólen. As que visitaram indistintamente flores de ambos os sexos foram classificadas como polinizadores suplementares. As que demonstraram ter preferência por um dos sexos ou que não foram observadas em número suficiente para compará-las estatisticamente foram classificadas como polinizadores eventuais. A *Polybia striata* visitou somente flores femininas, por isso, foi classificada como não-polinizador.

Entre os insetos visitantes existem alguns que foram raramente observados, como as *M. flavolineata* e que, embora possuam comportamento e morfologia adequados à promoção da polinização do açaizeiro, foram classificadas como polinizadoras eventuais. A análise dos grãos de pólen existentes nas corbículas demonstra que a espécie realiza com excepcional fidelidade a coleta dos polens de açaí (Capítulo 5). Tal fato indica que outros insetos – raramente observados ou não observados nessa análise – também podem ser polinizadores do açaizeiro e que sua abundância nas flores pode ter sido decorrente da amostragem insuficiente para cobrir as plantas que estavam sendo preferidas por aqueles insetos no momento das coletas.

A polinização pelo vento pode ser potencializada por insetos, que ao visitarem as flores masculinas, favorecem a dispersão de grãos de pólen que formam pequenas nuvens, nomeada por Listabarth (1992), como polinização anemófila induzida por inseto – *insect induced pollination*. Logo, não se descarta a importância indireta do serviço de polinizador feito por todos os insetos que visitaram as flores masculinas sem, no entanto, visitarem as flores femininas. As abelhas do gênero *Melipona* possuem a habilidade de vibrar o corpo quando em contato com as flores para liberar os grãos de pólen existentes nas anteras, que são dispersos com maior facilidade. Logo, além do transporte direto dos grãos de pólen, também estariam contribuindo indiretamente para a polinização anemófila.

Em geral, plantas que possuem inflorescência com flores pequenas e com disponibilidade de recurso distribuído ao longo do dia, atraem insetos generalistas e oportunistas. Neste caso, o incremento da

polinização cruzada seria conseguido com o aumento na frequência de eventos de polinização, e não com o número de espécies que coletam nestas flores (HEINRICH; RAVEN, 1972).

Venturieri (2008) e Venturieri et al., (2014) mencionam que várias espécies podem ser consideradas como polinizadores do açaizeiro (*E. oleracea*) especialmente abelhas e moscas. Para aumentar os eventos de polinização, eles propõem a introdução de colônias das abelhas-sem-ferrão *Melipona fasciculata* e *M. flavolineata*, em caixas racionais na expectativa de melhorar a produtividade de açaizeiros em detrimento do uso da *A. mellifera*. Eles justificaram tal predileção pelas abelhas do gênero *Melipona* nativas por terem menor custo de implantação, fácil manejo e por não oferecerem perigo a seus manejadores. No entanto, em um plantio comercial, em Santo Antônio do Tauá (PA), na produção de frutos, antes e após a introdução das colônias de *M. flavolineata*, não foi observada diferença significativa pelo teste *t*, ($p < 0,05$) (VENTURIERI et al., 2006), porém, Venturieri et al., (2014) mantiveram a indicação para as áreas onde o estoque de polinizadores esteja abalado pela modificação do habitat.

Como já mencionado, as *Meliponas* têm a capacidade de vibrar o seu corpo e fazem isto, quando pousadas sobre as flores para liberar os grãos de pólen ainda aderidos às anteras (BUCHMANN, 1985). Com o intuito de aumentar o efeito da vibração, encostam a ponta do seu abdômen na base da flor e ao fazerem isso, recurvam o corpo colocando-o mais próximo das anteras. Ao vibrarem, os grãos de pólen são suspensos no ar e imediatamente são atraídos eletrostaticamente para o seu corpo, ficando aderidos preferencialmente aos seus pelos (BUCHMANN, 1985).

A *A. mellifera* não tem a capacidade de vibrar o seu corpo e tem menos pelos no corpo que as *Meliponas*, portanto seriam menos eficientes para promover a formação de nuvens de pólen e transportar o pólen de uma flor masculina para a feminina em seu próprio corpo.

As observações do presente trabalho mostram que a *A. mellifera* embora seja um inseto com presença marcante nas flores femininas e masculinas dentro do período de maior potencial de polinização, possui desvantagens sobre as do gênero *Melipona*, por ter um corpo inadequado para o serviço, predileção por flores masculinas e por não realizarem polinização por vibração.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que dos insetos visitantes de *E. oleracea* 23,1% (N=6) são polinizadores potenciais os Apoidea-*Partamona cupira*/*P. combinata*, *Trigona fulviventris*, *T. sp.*, *Augochloopsis elustris*, *Exomalopsis sp.* Os polinizadores suplementares foram 15,4% (N=4) os Apoidea, Diptero e Vespidae- *Apis mellifera*, *Sarcodaxia lambens*, *Polybia sericea* e *Protopolybia chartegoides*. Os polinizadores eventuais foram 53,8% (N=14), formado por Apoidea, Diptero e Vespidae, dentre eles. Já os não classificados como polinizadores são 7,7% (N=2), representado por uma espécie de Lepidoptera e outra de *Polybia striata*.

A introdução de 72 colônias de *Melipona flavolineata* não interferiu na população de insetos visitantes de *Euterpe oleracea*.

A *M. flavolineata* segundo critérios de comportamento e morfologia foi classificada como polinizador eventual para a *E. oleracea*.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. João Tomé pela disponibilização da sua propriedade para a realização do experimento e pelo apoio e incentivo a pesquisa realizada. À Dra. Nilza Pacheco, pelos dados de temperatura e pluviosidade. Ao CNPq pela bolsa de estudo e aporte financeiro para as idas ao campo e passagens aéreas. À Embrapa Amazônia Oriental, por permitir a utilização do Laboratório de Botânica como base de apoio para montagem e identificação das vespas e mosca. Ao Dr. Giorgio Venturieri e Luciano Costa pelas identificações das abelhas. Ao Hugo Da S. Corrêa, Dalmo T. Venturieri e Elizangela de S. Rêgo, pela grande ajuda nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

AYRES, M. et al. **Bio estat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. 5. ed. Belém, PA: Instituto de desenvolvimento sustentável Mamirauá- IDSM/ MCT/ CNPq, 2007.

BAKER, H. G.; HURD, P. D. J. Intrafloral ecology. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 13, p. 385–414, 1968.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimatológicas de Igarapé Açú, PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão caupi, milho, arroz e mandioca.** Belém , PA: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 25, 1999.

BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v. 21, n. 1990, p. 399–422, 1990.

BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. sexual systems and incompatibility mechanisms. **Botanical Society of America**, v. 72, n.3, n. 2562, p. 331–34, 4 mar. 1985.

Foraging behavior of the swarm-founding wasp, *Polybia* (*Trichothorax*) *sericea* (Hymenoptera, Vespidae): prey capture and load capacity by. **Sociobiology**, v. 53, n. 1, p. 61–70, 2009.

BUCHMANN, S. L. Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers. **Journal of the Kansas entomological society**, v. 58 (3), p. 517–525, 1985.

DORNELES, L. L. et al. Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **Iheringa, Sér. Bot.**, v. 68, n. 1, p. 47–57, 2013.

ELISEI, T. et al. Uso da vespa social *Polistes versicolor* no controle de desfolhadores de eucalipto. **Pesquisa agropecuária**, v. 45, n. 9, p. 958–964, 2010.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2nd. ed. San Diego: Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, 1993.

HEINRICH, B.; RAVEN, P. H. Energetics and pollination ecology. **Science**, v. 176, n. 12, p. 597–602, 1972.

HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, v. 52, n. 3, p. 221–259, 1986.

HENDERSON, A. et al. Flowering Phenology of a Palm Community in a Central Amazon Forest. **Brittonia**, v. 52, n. 2, p. 149, abr. 2000.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. Euterpe, Prestoe, and Neonicholsonia (Palmae). **Flora Neotropica**, v. 72, p. 1–89, 1996.

HERRERO, M. From pollination to fertilization in fruit trees. v. 11, p. 27–32, 1992.

KUCHMEISTER, H.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. Flowering, pollination, nectar standing crop, and nectaries of *Euterpe precatoria* (Arecaceae), an Amazonian rain forest palm. **Plant systematics and evolution**, v. 206, p. 71–97, 1997.

LISTABARTH, C. Insect-induced wind pollination of the palm *Chamaedorea pinnatifrons* and pollination in the related *Wendlandiella* sp. **Biodiversity and conservation**, v. 1, p. 39–50, 1992.

LORD, E. M.; RUSSELL, S. D. The mechanisms of pollination and fertilization in plants. **Annual review of cell and developmental biology**, v. 18, p. 81–105, jan. 2002.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **The american naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603–609, 1966.

MACHADO, V. L. L.; GOBBI, N.; ALVES JÚNIOR, V. V. Material capturado e utilizado na alimentação de *Polybia* (Trichothorax) *sericea* (Oliveira, 1791) (Hymenoptera, Vespidae). **Revta bras. zool.**, v. 5, n. 2, p. 261–266, 1988.

MYERS, R. H. et al. **Generalized linear models with applications in engineering and the sciences**. Second ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2010.

OHASHI, S. T. **Variação genética em populações de açazeiro Euterpe oleracea Mart. do estuário Amazonico**. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 1990.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE. **Biologia Floral do Açaizeiro em Belém, PA.** Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8, 2002.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE; LEMOS, M. A.; SANTOS, E. O. DOS. **Avaliação da sucessão de fases da floração em acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.).** Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8, 2000.

PACHECO, N. ARAUJO; BASTOS, T. X. **Boletim agrometeorológico 2006 Igarapé Açú.** Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental. Documentos, 296, 2007.

RATHCKE, B. J. Nectar distributions, pollinator behavior, and plant reproductive success. In: HUNTER, M. D.; OHGUSHI, T.; PRICE, P. W. (Eds.). **Effects of resource distribution on animal-plant interactions.** 1. ed. San Diego, California: Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, 1992. p. 113–138.

REIS, M. S.; GUIMARÃES, E.; OLIVEIRA, G. P. **Estudos preliminares da biologia reprodutiva do palmito (*Euterpe edulis*) em mata residual do estado de São Paulo.** Curitiba, Paraná, 1993.

ROUBIK, D. W.; BUCHMANN, S. L. Oecologia Original papers Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) and the ecology. **Oecologia**, v. 61, n. 1984, p. 1–10, 1984.

SOUZA, P. C. A. DE. **Aspectos ecológicos e genéticos de uma população natural de *Euterpe oleracea* Mart. no estuário Amazônico.** [s.l.] Dissertação (Mestrado Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

VENTURIERI, G. C. et al. **Manejo de polinizadores autóctones de açaizeiro (Mart.) na Amazônia oriental.** Ribeirão Preto. In: Anais do VII Encontro *Euterpe oleracea* sobre abelhas, , 2006.

VENTURIERI, G. C. Floral biology and management of stingless bees to pollinate assai palm (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) in Brazil in eastern

amazon. In: **Pollinators management in Brazil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008a. p. 41.

VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. 2. ed. Belém , PA: Embrapa Amazonia Oriental., 2008b.

5. Artigo 4- PRODUÇÃO DE AÇAÍ CULTIVADO EM TERRA FIRME COM E SEM A INTRODUÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA URUÇU-AMARELA

Resumo: O açazeiro (*Euterpe oleracea*) é uma fruteira amazônica da qual se faz um suco rico em antocianina. Devido à rápida expansão do seu consumo, novos plantios têm sido feitos. A introdução de colônias de *Melipona flavolineata* foi sugerida para aumentar a produtividade dos açazeiros decorrente do aumento da polinização. Neste trabalho foi estudado o efeito da sua introdução massiva em um plantio de açazeiros em terra-firme. O trabalho foi realizado de janeiro a julho de 2014, no município de Igarapé-Açu (PA). As atividades de coleta de pólen, néctar e de constância floral por viagem, foram feitas a partir do acompanhamento de 10 colônias, escolhidas 2 a 2, em cinco dias não consecutivos. Os dados da produção de frutos foram tomados em três períodos. O primeiro e o último sem introdução de colônias e o segundo com a presença de 72 colônias de *M. flavolineata*, posicionadas no centro do plantio. Os parâmetros avaliados foram: o número de frutos formados por planta, tomados a 10, 30 e 180 dias após a exposição do estigma das flores. As avaliações foram feitas em inflorescências de 3 a 5 plantas/distância/quadrante. A carga polínica de *M. flavolineata* foi avaliada de 9:00h às 14:00h, período coincidente ao da abertura das anteras e de maior receptividade do estigma. Quarenta por cento das abelhas demonstraram fidelidade de coleta ao açazeiro. A constância floral em *E. oleracea* foi de 27% no período de 9:00h às 14:00h. O quadrante que possuía vegetação vizinha ao cultivo de dende e açazeiro apresentou maior proporção de aborto aos 30 dias em comparação aos outros vizinhos. O quadrante que possuía vegetação vizinha ao plantio de mandioca e capoeirinha foi o que apresentou menor proporção de aborto. A carga de fruto aos 180 dias de *E. oleracea* em média±desvio padrão foi de 5,45±2,85 frutos por ráquila.

Palavras-chaves: Fidelidade. Polinização. Cultivo irrigado. *Melipona flavolineata*.

INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea*) tem ocorrência espontânea nos estados do Amazonas, Amapá, Maranhão e Pará (HENDERSON; GALEANO, 1996), o último é o que mais se destaca na exploração comercial do palmito e do “vinho de açai”, um suco feito da polpa do fruto.

Na década de 70, devido à exportação do palmito, muitas populações nativas de açazeiros, principalmente nas proximidades da capital, foram quase que suprimidas (NOGUEIRA; HOMMA, 1998). Contudo, nos últimos dez anos o mercado do fruto vem crescendo vertiginosamente, induzindo a formação de novos plantios e o manejo dos açazais já existentes, principalmente nas várzeas onde vêm sendo formados maciços de açazais (HOMMA et al., 2006).

O esforço feito para suprir a demanda do fruto pela adoção de técnicas de manejo, como as descritas nos trabalhos de Homma et al. (2006), Nogueira, Figueiredo e Müller (2005), Oliveira et al. (2002) e Jardim e Anderson (1987), é grande e ainda há o desequilíbrio entre a oferta e a demanda no mercado (MENDES et al., 2012; SANTANA; COSTA, 2006). No comparativo entre 2001 a 2009 em relação ao período de 1994 a 2000, a demanda aumentou 66,9% e a oferta 40,2% (NOGUEIRA; SANTANA; GARCIA, 2013), estimulando a elevação no preço, redução do acesso ao fruto pelas camadas mais populares e aumento no interesse para a expansão das áreas de cultivo.

Para gerar frutos, o açazeiro por ser uma espécie monoica é autoincompatível (OLIVEIRA, 2002; VENTURIERI et al., 2014) necessita de polinização cruzada, mediada por abelhas (Capítulo 4). A importância dos polinizadores na agricultura é bem reconhecida, mas o incremento na produtividade das culturas agrícolas com o uso de polinizadores cultivados para este fim é uma tecnologia ainda escassa (KLEIN et al., 2007) e concentrada em poucos gêneros, em geral, *Apis mellifera* (GARIBALDI et al., 2013).

Os Meliponini possuem características semelhantes às de *A. mellifera*, que os tornam adequados para serem hábeis polinizadores de muitas espécies: oligotrofia, adaptação às mudanças espaciais e ambientais, constância floral por saída de forrageamento, domesticação, colônias perenes e, por fim, estocam grande quantidade de alimento no ninho (HEARD, 1999). Assim como todas as abelhas que necessitam de néctar e pólen para alimentarem suas crias (PROCTOR; YEO; LACK,

1996), elas acabam por promover a polinização nas espécies que oferecem tais recursos.

Slaa et al. (2006) enumeram vantagens do uso dos Meliponini no serviço de polinização, como: ocorrência em diferentes climas, diversidade de tamanhos corporais entre espécies e capacidade de comunicação entre os indivíduos da colônia para localização de recursos alimentares de melhor qualidade, permitindo a seleção de espécies para cada tipo de cultivo.

As palmeiras são preponderantemente polinizadas por insetos, sendo 29% feita por besouros, 26% por abelhas, 8% por moscas e 7% pelo vento, havendo ainda uma série de outros polinizadores que vão de mamíferos a caranguejo (BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011). Segundo Henderson et al. (2000), o gênero *Euterpe* enquadra-se no grupo de palmeiras polinizadas pelo grupo abelhas-moscas-vespas, como o constatado para o açazeiro (*E. oleracea*) no Capítulo 4.

Na literatura, exemplos do uso de polinizadores cultivados para incrementar a produção de palmeiras, limita-se à introdução dos besouros *Elaeidobius kamerunicus*, e *E. subvittatus* em plantios de dendê (*Elaeis guineensis*) onde o cultivo era exótico e apresentava problemas de polinização (MOURA et al., 2008; DHILEEPAN, 1994; CHINCHILA; ESCALANTE; RICHARDSON, 1990; SYED, 1981)

Venturieri (2008) e Venturieri et al. (2014) mencionaram que várias espécies podem ser consideradas como polinizadores do açazeiro (*E. oleracea*), especialmente abelhas e moscas, e propuseram a introdução de colônias das abelhas-sem-ferrão *Melipona fasciculata* e *M. flavolineata* em caixas racionais para melhorar a produtividade de açazeiros em detrimento do uso da *A. mellifera*, por serem nativas, de menor custo de implantação, fácil manejo e por não oferecerem perigo a seus manejadores.

No entanto, em um plantio comercial em Santo Antônio do Tauá, (PA), a produção de frutos, antes e após a introdução das colônias das abelhas mencionadas, não foi observada diferença significativa pelo teste t, ($p < 0,05$) (VENTURIERI et al., 2006), porém, Venturieri et al., (2014) mantiveram a indicação para as áreas onde o estoque de polinizadores esteja abalado pela modificação do habitat.

A *M. flavolineata* Friese 1900, popularmente conhecida como urucu-amarela, é uma das abelhas mais criadas pelos agricultores familiares do nordeste paraense (VENTURIERI, 2004). A espécie possui ocorrência natural nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão e Tocantins

(SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). As técnicas de criação racional desta abelha foram aperfeiçoadas (VENTURIERI, 2004; CONTRERA; VENTURIERI, 2008) e difundidas entre os agricultores do Nordeste Paraense, com o apoio da Embrapa Amazônia Oriental (VENTURIERI, 2008b).

O estudo do uso de polinizadores nativos amazônicos poderá contribuir para o desenvolvimento de técnicas de manejo para aumento da produtividade de forma ecologicamente compatível.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de frutos de *E. oleracea* cultivado em terra-firme sob a influência da polinização aberta promovida pela população de insetos que existiam no local e pela influência desta população quando adensada pela introdução de colônias de *M. flavolineata*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de janeiro a julho de 2014, em um plantio racional de *E. oleracea* localizado no município de Igarapé-Açu, no Estado do Pará (1°01'47,76"S e 47°35'08,95"O). O plantio foi feito em latossolo amarelo, com irrigação, adubação mista (NPK+ micronutrientes e esterco de gado), com o espaçamento de 3x3m entre touceiras. A propriedade foi escolhida por conter um amplo plantio de açazeiros estabelecidos em terra-firme, com 4 anos de idade, portanto, em fase reprodutiva, e com a altura das árvores não ultrapassando 20m.

Os dados de precipitação e temperatura diários usados foram os de uma estação meteorológica pertencente a EMBRAPA – Amazônia Oriental, situado a 12 quilômetros da unidade experimental (1°07'59"S e 47°36'55" O).

As avaliações a seguir descritas foram feitas em três períodos: o primeiro e o último sem a introdução artificial de colônias, e o segundo com a introdução de 72 colônias de *M. flavolineata*, colocadas no centro do plantio.

A carga polínica das corbículas de *M. flavolineata* das colônias introduzidas, foram avaliadas em 2 colônias por dia durante cinco dias não consecutivos, totalizando 10 colônias amostradas. As colônias foram escolhidas de forma aleatória entre as que ainda não haviam sido utilizadas para a coleta, com o intuito de evitar que as abelhas ao perceberem a ameaça do coletor fechassem a entrada dos seus ninhos, e também para evitar uma diminuição populacional exagerada das abelhas campeiras.

Nesta análise foram coletadas as três primeiras abelhas que chegavam às suas colônias, no início de cada hora, durante o período compreendido entre 8:00 e 14:00h, ou seja, o intervalo que abrange o início da abertura das flores masculinas ao fim da sua abscisão (ver Capítulo 3). A quantificação dos grãos-de-pólen existentes nas corbículas foi feita em microscópio óptico com lentes de aumento de 400x, em lâminas em meio de dispersão de glicerina, em 500 grãos de pólen.

A carga polínica na corbícula das abelhas que portavam pólen de açaí sempre apresentava coloração branca rosada. Esse parâmetro foi usado como indicador visual para a avaliação da frequência com a qual elas visitavam o açaí. Ao retornarem às colônias as abelhas foram classificadas como: contendo pólen de açaí (com coloração branca levemente rosada); pólen diferente de açaí (com cor diferente da rosada); e não contendo pólen (carga que visivelmente não era de pólen-interpretada como sendo de néctar, resina, barro ou mesmo vazia). Nesta avaliação as abelhas foram contadas e classificadas segundo a sua carga, por períodos de 5 min a cada hora, entre 8:00 e 17:00h.

Para avaliar a possível interferência das vegetações circundantes no forrageio das abelhas, as árvores avaliadas foram nomeadas segundo o quadrante que ocupavam na área de estudo sendo: quadrante 1, vizinho ao cultivo de mandioca e capoeirinha; quadrante 2, vizinho a pequena faixa de capoeira e pecuária silvipastoril; quadrante 3, vizinho a pecuária silvipastoril e açazal jovem (não estavam em idade reprodutiva); quadrante 4, cultivo de dendezeiros (*Elaeis guineensis*) e açazal jovem (não estavam em idade reprodutiva) (ver Figura 4.1 no Capítulo 4).

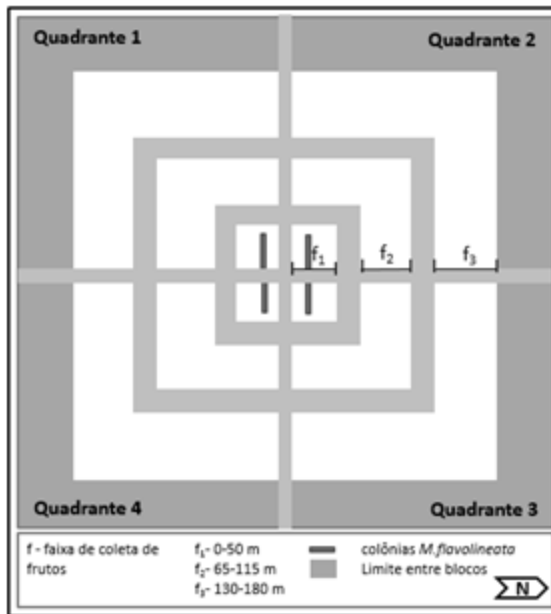
Para avaliação do fator produção de frutos, foram marcadas as árvores com as inflorescências na fase feminina com a abertura dos seus botões florais ainda no início, em três épocas: a) época 0, sem colônias introduzidas; b) época 1, com colônias introduzidas e c) época 2, após a retirada das colônias.

O período de exposição das flores femininas por época foi de 10 dias sendo que, no caso da época 1, (com a introdução artificial da *M. flavolineata*) a marcação das flores e a contagem do período foi iniciado 15 dias após a introdução das colônias para que as abelhas pudessem se recuperar do estresse causado pela viagem e para se adaptarem ao ambiente. Para as épocas 0 e 2 as medições foram feitas em inflorescências por árvores/quadrante. Para a época 1 as medições foram feitas com a inclusão da variável distância da planta ao meliponário sendo elas de 0-50m, 65-115m e de 120-170m (Figura 5.1). As medições foram

feitas em três a cinco plantas por tratamento, definidas aleatoriamente por sorteio. Após 10, 30 e 180 dias foram avaliados o número de frutos existentes em 9 ráquias por planta (três no segmento do terço basal, três no mediano e três no apical do cacho) (ver Capítulo 2).

Antecedendo a análise estatística foi verificada a homocedasticidade e de normalidade da variável produção de frutos, respectivamente pelo teste Brown-Forysth e o teste Lilliefors, ambos a $p < 0,05$. Quando em ambos os testes não foram observadas diferenças significativas foi adotado o modelo de análise de variância ANOVA, e quando em pelo menos um dos testes tenha sido observada diferença significativa, foi usada a ANOVA - GLM (MYERS et al., 2010; p. 234). Para determinar quais os fatores que contribuíram para a distinção das médias foram aplicados o teste DMS ($p < 0,05$). A correlação entre as variáveis foi estimada através do índice de correlação de Spearman (AYRES et al., 2007). As análises foram feitas com o suporte do programa Statistica 6.0 (Satssoft, Tulsa, Oklahoma, Estados Unidos).

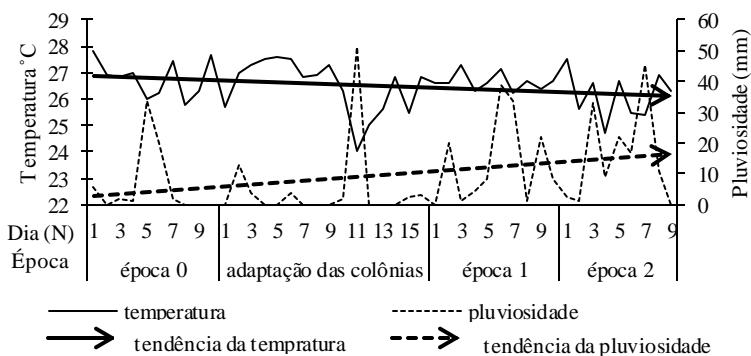
Figura 5.1- Croqui da área de estudo e faixas de acompanhamento de frutos formados e abortados após 10, 30 e 180 dias da exposição do estigma. Igarapé-*acú*, Pará.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados climatológicos de temperatura e pluviosidade estão apresentados na Figura 5.2. Para o período em estudo, a média (\pm desvio padrão) da temperatura foi de $26,54 \pm 0,71^\circ\text{C}$ e da pluviosidade foi de $11,86 \pm 1,74\text{mm}$. A tendência da temperatura foi decrescente e a da pluviosidade foi crescente, ou seja, características típicas da transição da estação seca para a chuvosa da região normalmente observada na localidade (PACHECO; BASTOS, 2004).

Figura 5.2- Temperatura e precipitação diárias nas épocas das avaliações.



A atividade das abelhas e as condições de temperatura e pluviosidade

As colônias de *M. flavolineata* mostraram ter atividade externa à colônia concentrada no período de 8:00 às 13:00h, que concentrou 73,50% (1376 de 1872 abelhas) das observações de abelhas que não carregavam pólen e com 93,54% (362 de 387 abelhas) das que carregavam pólen (Figura 5.3).

As quantidades de abelhas que coletaram pólen do açazeiro não apresentaram correlação significativa com a pluviosidade e nem com a temperatura do dia das coletas das abelhas (respectivamente $r_s = -0,10$, $p = 0,87$; e $r_s = 0,50$, $p = 0,39$). No entanto, nota-se que nas datas em que a pluviosidade no dia anterior foi inferior a 22 mm, as coletas de pólen (avaliadas nos dias 31 de janeiro, 2 e 4 de fevereiro) foram altas; e na data em que a pluviosidade do dia anterior foi precedida de dois dias com pluviosidade mais elevada (superior a 34mm, coleta avaliada no dia 7 de fevereiro), foi a mais baixa. No dia 31 de janeiro a *M. flavolineata* deu

preferência à coleta de polens de *E. oleracea*, dia precedido por dois dias sem chuva. Após o aumento da pluviosidade, essa preferência foi invertida (2 de fevereiro), mantendo-se até o fim das avaliações (Figura

Figura 5.3- Análise da carga da corbícula das *M. flavolineata* observadas em cinco dias. Número de abelhas observadas com carga de pólen de açaí, com carga de pólen diferente de açaí e sem carga de pólen visível. Igarapé-Açú, Pa.

5.4).

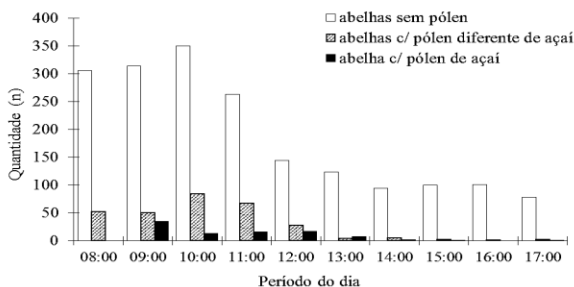
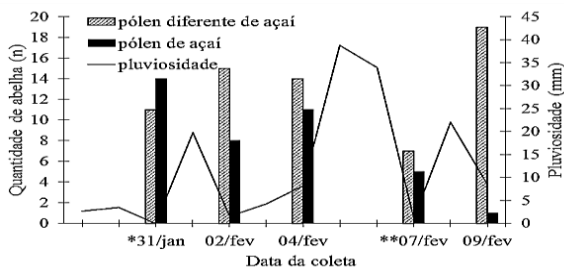


Figura 5.4- Constância floral de *M. flavolineata* no período de antese das anteras de *E. oleracea*. *Data antecedida de dois dias com pouca chuva; **Data antecedida de dois dias de chuva intensa e constante.



Free (1993) associou fatores meteorológicos (temperatura, luminosidade, chuva e umidade relativa) à atividade de voo das abelhas e indiretamente à produção de pólen e néctar em flores de *Vicia faba*, e descreveu que o forrageio das abelhas é mais intenso quando há alternância de condições ambientais desfavoráveis e favoráveis, o que justificaria o súbito aumento na coleta de pólen observado no dia 9 de fevereiro, após a mais baixa coleta observada (dia 7 de fevereiro), possivelmente fruto de um esforço concentrado para compensar a baixa coleta observada no dia anterior.

Embora contando com essa explicação, o efeito da alta pluviosidade foi citada como possível fator de diminuição das atividades de forrageio de polinizadores em floresta tropical nos estudos de Bawa *et al.* (1985), comprovado para *Plebeia remota* por Imperatriz-Fonseca (2007) e para *M. flavolineata* por Cortopassi-Laurino *et al.* (2007). Com isso, supõe-se que em avaliações longas a pluviosidade média possa influir negativamente na atividade dos insetos, porém em avaliações pontuais há um sobreesforço das abelhas para compensar as baixas nas coletas provocadas pelas chuvas.

A fidelidade polínica da *Melipona flavolineata*

O período de maior intensidade de coleta de pólen coincidiu com o horário de abertura das flores masculinas de *E. oleracea*. As atividades, sem a carga de pólen (assumido que poderiam estar portando, entre outras coisas, o néctar), estenderam-se pelo período de maior receptividade do estigma (Figura 5.3, comparar com a Figura 3.3 da pág.61 do Capítulo 3). A coincidência dos picos de atividades da *M. flavolineata* com o período de maior disponibilidade de pólen e de néctar reforça a sua indicação como agente polinizador do açazeiro.

As abelhas, que retornaram ao ninho portando alguma carga em suas corbículas, o fizeram no intervalo 8:00 às 15:00h (Figura 5.3). Para o intervalo de 9:00 às 14:00h, período de maior probabilidade de haver polinização em *E. oleracea* (Capítulo 3), o pólen de açazeiro foi visualizado em 27% das cargas de pólen das corbículas (88 de 321 cargas analisadas).

As cargas polínicas nas corbículas foram compostas por pólenes de *E. oleracea* e outros 12 morfótipos de pólen não identificados, e teve maior frequência os morfótipos de *E. oleracea* (Tabela 5.1). O período em que estas abelhas preferiram o recurso polínico do açazeiro houve coincidência com a disponibilidade de pólen nas flores masculinas e flores femininas com alta receptividade do estigma, ou seja, entre 12:00 e 13:00h (Capítulo 3).

A constância floral por viagem pela análise polínica das 146 cargas de pólen coletadas nas corbículas das abelhas demonstrou que 95,2% delas (N= 139) havia apenas um tipo morfológico de pólen (Tabela 5.2). Nas cargas em que fora observado mais de um tipo de pólen, elas eram oriundas de corbículas que estavam pouco preenchidas, e entre os morfótipos não foi observado o de *E. oleracea*. Segundo Free (1993), as

cargas de polens mistos podem ocorrer entre 0 e 11% nas abelhas melíferas, sendo que o pólen da fonte principal pouco visto nas cargas mistas.

Tabela 5.1- Morfótipos de pólenes presentes em cargas de corbículas de *M. flavolineata* de 9:00 às 14:00h em 31 de janeiro, 2 de fevereiro, 4 de fevereiro e 7-9 de fevereiro de 2014, de colônias introduzidas em um plantio de *E. oleracea* em Igarapé-açu, PA.

Morfótipos de pólen por espécie	Frequência		
	n	Relativa (%)	Acumulada (%)
<i>E. oleracea</i>	44	39,3	39,3
sp. 1	14	12,5	51,8
sp. 2	12	10,7	62,5
sp. 3	9	8,0	70,5
sp. 4	8	7,1	77,7
sp. 5	6	5,4	83,0
sp. 6	5	4,5	87,5
sp. 7	4	3,6	91,1
sp. 8	3	2,7	93,8
sp. 9	2	1,8	95,5
sp. 10	2	1,8	97,3
sp. 11	2	1,8	99,1
sp. 12	1	0,9	100,0
Total	112	100,0	

Tabela 5.2- A constância floral por viagem de *M. flavolineata* às fontes de pólen pela análise da carga polínica em corbículas coletadas em 31 de janeiro, 2 de fevereiro, 4 de fevereiro e 7-9 de fevereiro de 2014, estratificada por horário, no intervalo de 8:00 às 15:00h.

Horário	Com pólen exclusivamente de açaí (n)	Com pólen diferente de açaí		Constância floral (somente com pólen de açaí (%))
		Com um morfótipo (n)	Com mais de um morfótipo (n)	
08:00-9:00	0	26	2	0%
09:00-10:00	1	28	0	3%
10:00-11:00	13	18	1	41%
11:00-12:00	9	10	3	41%
12:00-13:00	16	4	0	80%
13:00-14:00	5	2	1	63%
14:00-15:00	1	3	0	25%

As hipóteses sobre misturas de polens, podem estar relacionadas aos resíduos de viagens anteriores que permaneceram aderidos ao corpo do inseto, pelas nuvens de pólen trazidas pelo vento e/ou por polens levados às plantas quando visitadas por outros insetos (FREE, 1993). O mesmo autor ressalta que a proporção de carga mista, em relação às cargas com apenas um tipo polínico, quando usado como único fator

comparativo, não expressa satisfatoriamente a constância da abelha, pois os tipos polínicos das cargas são também reflexo das condições ambientais (por exemplo a homogeneização da vegetação do entorno ou novos episódios de disponibilidade de néctar e pólen mais atraentes às abelhas).

Os fatores ambientais como a intensidade luminosa, pluviosidade, temperatura do dia e a disponibilidade de recursos em novas plantas, podem influenciar na atividade de forrageio das abelhas (CORTOPASSI-LAURINO; VELTHUIS; NOGUEIRA-NETO, 2007; FREE, 1993), assim como podem ter interferido na produção de néctar e disponibilidade de pólen em *E. oleracea* (Capítulo 3). Portanto, provavelmente quando as condições ambientais foram propícias, para ambas as espécies, as coletas de pólen de *E. oleracea* foi intensificada pelas *M. flavolineata*.

Produção de frutos

A produção e aborto de frutos foram avaliados em dois estados de maturação: imaturo (10 e 30 dias) e maduro aos 180 dias. O tempo médio que os frutos levam para estarem maduros é de 175 a 180 dias (OLIVEIRA et al., 2002).

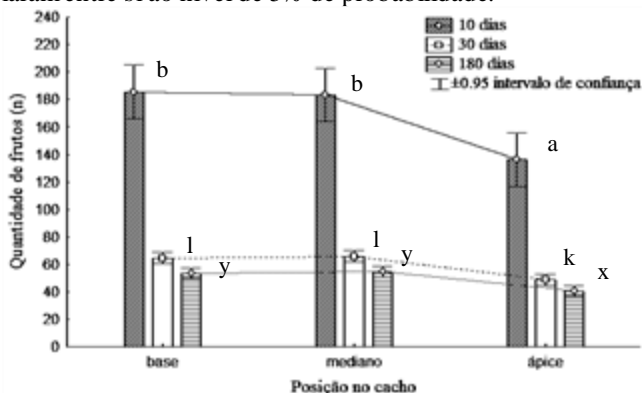
Para a variável “frutos formados”, avaliados aos 10, 30 e 180 dias, para os três períodos em que os frutos ficaram nos cachos, houve diferença significativa para os fatores “posição do fruto no cacho”, e “época”. Houve diferença para o fator “quadrante” para os períodos que os frutos ficaram nos cachos de 30 e 180 dias. Houve interação entre “época” e “quadrante” para os períodos que os frutos ficaram nos cachos de 30 e 180 dias (Tabela 5.3). Para a variável “frutos abortados” houve diferença significativa para os fatores “posição do fruto no cacho” e “época”, ambos para os períodos que os frutos ficaram nos cachos de 10-30 e de 10-180 dias. Houve também interação entre quadrante e época para o aborto estimado aos 10-30 dias (Tabela 5.3).

Posição no cacho: As ráquulas localizadas no ápice apresentaram menor quantidade de frutos que as secções anteriores nas três épocas e em todos os períodos de desenvolvimento do fruto. No terço do ápice a quantidade de frutos por ráquulas foi 1,3 vezes menor que nos terços mediano e da base do cacho, e essa diferença manteve-se em todos os tempos de desenvolvimento avaliados (Tabela 5.3 e Figura 5.5).

Tabela 5.3- A probabilidade dos fatores posição no cacho, época, quadrante e suas interações influenciarem a quantidade de frutos de *E. oleracea* formados e abortados em diferentes tempos de desenvolvimento do fruto. Estudo feito de janeiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Grafados em negrito os fatores significativos pelo teste GLM, $p < 0,05$.

Fatores	Frutos formados			Frutos abortados	
	10 dias	30 dias	180 dias	10-30 dias	10-180 dias
Posição no cacho	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Época	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quadrante	0,07	0,00	0,03	0,27	0,27
Posição no cacho * época	0,30	0,09	0,77	0,07	0,17
Época*quadrante	0,09	0,00	0,02	0,03	0,12
Quadrante*posição no cacho	1,00	0,91	0,97	0,99	0,99
Quadrante*época *posição no cacho	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Somatário do quadrado do resíduo	6108473,31	290028,56	244675,19	4973894,00	5106592,88

Figura 5.5- Quantidade de frutos formados em ráquulas das secções base, mediano e ápice do cacho avaliados após 10, 30 e 180 dias da exposição do estigma à polinização aberta. Estudo feito de janeiro a julho 2014 em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, PA. Barras assinaladas com a mesma letra não diferenciaram entre si ao nível de 5% de probabilidade.



Considerando que o número de flores em uma ráquila está associado ao seu comprimento, a variação da produção de frutos nas diferentes secções do cacho pode ser atribuída às diferenças no número de flores por ráquulas, que no último terço do cacho é menor que as do terço basal e medianos (Capítulo 2; HENDERSON; GALEANO, 1996).

Época: O número de frutos aos 10 dias foi crescente ao longo das épocas (Figura 5.6). Contudo, aos 30 e 180 dias de desenvolvimento houve um decréscimo ao longo das épocas. Provavelmente o incremento observado nas frutificações avaliadas aos 10 dias, ocorreu devido ao aumento da pluviosidade, às temperaturas mais amenas que elevaram o tempo em que as flores permaneceram fixas às ráquulas (Capítulo 3), ou mesmo em decorrência do aumento do número de flores por ráquulas. Nota-se, no entanto, que grande parte dos frutos ainda fixados nas ráquulas aos 10 dias foram abortados, em qualquer uma das épocas, indicando limitações que podem estar associadas à capacidade trófica da planta em sustentar os frutos formados e/ou à expressão tardia de sistema de incompatibilidade (SEAVY; BAWA, 1986).

Em estudos com polinização controlada em *E. oleracea*, entre as plantas previamente testadas como compatíveis, feitas aos 1^o, 2^o, 3^o, 4^o e 5^o dias após a antese da flor feminina, observou-se que nas polinizações feitas após o 1^o dia, todas acabaram sendo abortadas, embora permaneciam por mais tempo nas árvores, com algumas chegando a ficar por até 21 dias (VENTURIERI et al., 2014). Em outra *Arecacea*, a *Hyospathe elegans*, suas flores quando não fertilizadas começam a ser abortadas durante a segunda semana após a antese (LISTABARTH, 2001). Logo, a avaliação do pegamento dos frutos aos 10 dias pode ter sido prematura para estimar o efeito da polinização sob a produção de frutos. Devido a sua maior estabilidade após 180 dias, a produção de frutos refletiu melhor a produtividade porque os abortos quase não ocorriam.

Época e sua interação com o quadrante

Para a variável “frutos formados”: Foram observadas diferenças significativas para as avaliações aos 30 e 180 dias após a exposição do estigma (Tabela 5.3). Nas tabelas 5.4 e 5.5 as médias estão ordenadas por ordem crescente. Em ambos os períodos de avaliação, nota-se que as médias mais baixas foram observadas na época 2, seguida pelas da época 1, e as mais altas na época 0 (Figura 5.7 e 5.8) A mesma ordem foi observada para a variável “número de frutos abortados” aos 180 dias (Tabela 5.5). No entanto, este fator teve interação com a época de avaliação (Tabela 5.5; Figuras 5.8).

Figura 5.6- Frutos de *E. oleracea* amostrados aos 10, 30 e 180 dias após a exposição do estigma à polinização livre em: **época 0** (5-14 de janeiro), **época 1** (31 de janeiro-9 de fevereiro) e **época 2** (10-18 de fevereiro). Dados dos frutos existentes em 9 ráquulas. Estudo de janeiro - julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Colunas seguidas da mesma letra apresentaram médias sem diferença estatística significativa, $p < 0,05$.

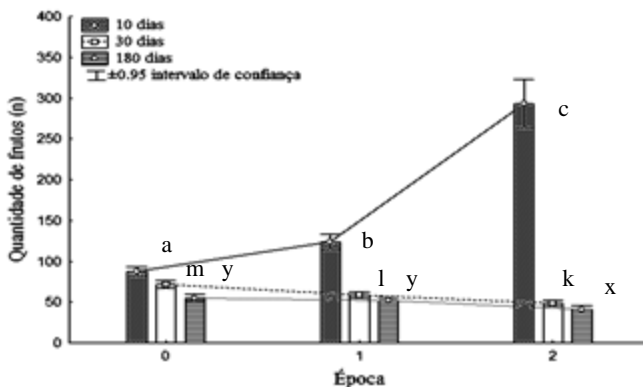


Tabela 5.4- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

Quadrante	Época	Média de frutos 30 dias	Grupo			
		após a exp. do estigma	1	2	3	4
4	2	44,2	a			
3	2	46,6	a	b		
1	2	47,6	a	b		
1	1	52,7	a	b		
2	2	55,1	a	b		
1	0	55,6		b		
2	1	56,1		b		
4	1	57,8		b	c	
3	1	69,1			c	d
2	0	73,8				d
3	0	80,3				d
4	0	80,9				d

Figura 5.7- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

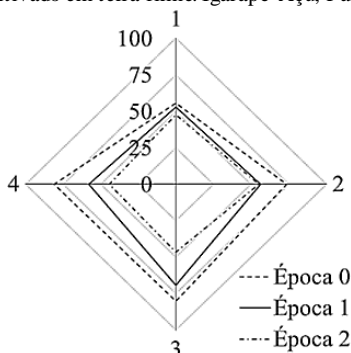
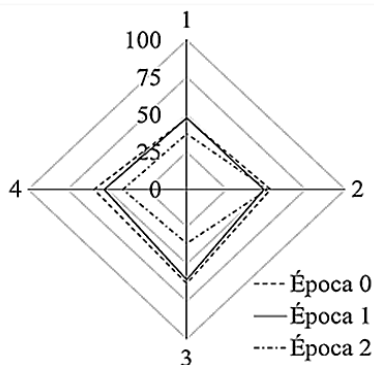


Tabela 5.5- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará.

Quadrante	Época	Média de frutos 180 dias após a exp. do estigma	Grupo						
			1	2	3	4	5	6	
3	2	36,4	a						
1	2	37,2	a	b					
4	2	40,4	a	b	c				
1	1	47,2		b	c	d			
1	0	47,4		b	c	d			
2	1	48,8		c	d				
2	2	50,9			d	e			
4	1	52,1				d	e	f	
2	0	52,8				d	e	f	
4	0	58,3				d	e	f	
3	1	60,4					e	f	
3	0	62,7						f	

Figura 5.8- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açu, Pará.



Para a variável “frutos abortados”: Foram observadas diferenças significativas avaliadas aos 30 dias (Tabela 5.3). Na tabela 5.6, as médias estão ordenadas por ordem crescente. Em ambos os períodos de avaliação, nota-se que as médias mais baixas foram observadas na **época 0**, as mais altas na **época 1**, seguida pela **época 2**. Ou seja, a ordem inversa para número de frutos formados, indicando que o incremento dessa variável é decorrente do menor número de frutos abortados. No entanto, este fator teve interação com a época de avaliação somente para a avaliação feita aos 30 dias (Tabelas 5.3, 5.6, 5.7 e Figura 5.9).

A quantidade de frutos formados aos 30 e aos 180 dias após a exposição do estigma à polinização aberta, em relação aos frutos existentes nas ráquulas aos 10 dias, variou entre épocas. Respectivamente na **época 0** apresentou 82,0% e 63,1% (N=153), na **época 1**, apresentou 47,3% e 41,9% (N=153) e na **época 2** 16,5% e 14,1% (N=165).

Tabela 5.6- Interação entre quadrante x época para a variável quantidade de frutos abortados de *E. oleracea* avaliados aos 30 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$). Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

Quadrante	Época	Frutos abortados aos 30 dias	Grupo						
			1	2	3	4	5	6	
4	0	3,0	a						
3	0	15,4	a	b					
2	0	18,5	a	b					
1	0	22,6	a	b					
1	1	51,6	a	b	c				
2	1	58,0		b	c				
4	1	59,4		b	c				
3	1	95,0			c				
1	2	201,7				d			
3	2	229,3				d	e		
2	2	267,7					e	f	
4	2	279,2						f	

Figura 5.9- Representação gráfica das médias em função do quadrante e da época. Interação entre quadrante x época para a variável “frutos abortados de *E. oleracea*”, avaliados aos 30 e 180 dias após a exposição do estigma. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará

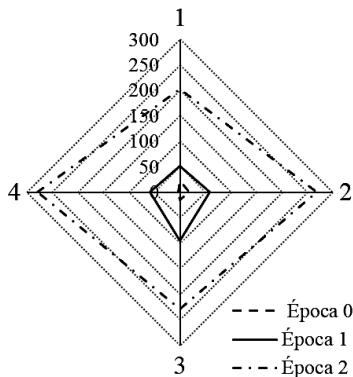


Tabela 5.7- Interação entre quadrante x época para a variável “frutos abortados de *E. oleracea*” avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

Quadrante	Época	Frutos abortados aos 180 dias	Grupo			
			1	2	3	4
4	0	24,6	a			
3	0	33,0	a			
1	0	34,5	a			
2	0	36,2	a			
1	1	56,7	a	b		
4	1	65,1	a	b		
2	1	65,3	a	b		
3	1	103,7		b		
1	2	212,1			c	
3	2	239,5			c	d
2	2	271,9				d
4	2	283,1				d

A influência da *Melipona flavolineata* na formação de frutos

A análise da variável da quantidade de frutos com a presença das colônias de *M. flavolineata* sob os fatores quadrante, distância em relação do meliponário e suas interações estão representados na Tabela 5.8-5.11.

Tabela 5.8- Análise da probabilidade dos fatores quadrante, distância do açazeiro em relação ao meliponário e suas interações influenciarem na quantidade de frutos de *E. oleracea* formados e abortados em diferentes tempos de desenvolvimento do fruto na presença de *M. flavolineata*. Estudo realizado de janeiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA. Grafados em negrito os fatores significativos para o teste GLM, $p < 0,05$.

Fator	Frutos formados			Frutos abortados	
	10 dias	30 dias	180 dias	30 dias	180 dias
Quadrante	0,00	0,04	0,15	0,00	0,00
Distância	0,00	0,34	0,23	0,00	0,00
Quadrante*distância	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Somatório do quadrado do resíduo	302761,0	63530,2	57299,4	151286,4	173396,0

Tabela 5.9- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, com a presença de *M. flavolineata*: a) avaliados aos 10 dias; b) avaliados aos 30 dias; c) avaliados aos 180 dias, todos após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014 em açazeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

a						b									
Quadrante	Distância	Frutos aos 10 dias após a exp. do estigma	Grupo					Quadrante	Distância	Frutos aos 30 dias após a exp. do estigma	Grupo				
			1	2	3	4	5				1	2	3	4	5
2	1	81,6	a					2	1	36,3	a				
4	2	87,2	a	b				3	3	44,2	a	b			
1	2	96,6	a	b	c			1	2	47,1	a	b	c		
3	2	106,9	a	b	c	d		4	2	47,4	a	b	c	d	
1	1	107,1	a	b	c	d		1	3	54,9	b	c	d		
1	3	109,3	a	b	c	d		1	1	56,1	b	c	d		
3	3	119,1		b	c	d		3	2	63,8		c	d	e	
3	1	121,8		b	c	d		3	1	65,1			d	e	
2	2	134,4			c	d		2	2	66,3			d	e	
2	3	139,4				d		2	3	73,3				e	
4	1	182,3					e	4	1	75,3					e
4	3	195,8					e	4	3	77,2					e

Tabela 5.10- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos formados de *E. oleracea*”, com a presença de *M. flavolineata* avaliados aos 180 dias após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados com letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme Igarapé-Açú, Pará.

Quadrante	Distância	Frutos aos 180 dias após a exp. do estigma	Grupo				
			1	2	3	4	5
2	1	29,9	a				
4	2	38,0	a	b			
3	3	40,3	a	b			
1	2	41,7	a	b			
1	1	48,5		b	c		
1	3	51,6		b	c	d	
3	2	55,7		b	c	d	e
3	1	59,3			c	d	e
2	2	59,8			c	d	e
2	3	64,3				d	e
4	3	67,3					e
4	1	68,7					e

Tabela 5.11- Interação entre quadrante x distância para a variável “frutos abortados de *E. oleracea*”, com a presença de *M. flavolineata*: a) avaliados aos 30 dias; b) avaliados aos 180 dias, ambos após a exposição do estigma. Comparação unicaudais pelo teste DMS de Fisher, $p < 0,05$. Grupos estatisticamente iguais estão representados por letras iguais. Estudo feito de janeiro a julho de 2014, em açaizeiro cultivado em terra-firme. Igarapé-Açú, Pará.

a					b						
Quadrante	Distância	Frutos abortados aos 30 dias	Grupo			Quadrante	Distância	Frutos abortados aos 180 dias	Grupo		
			1	2	3				1	2	3
4	2	39,8	a			4	2	49,2	a	b	
3	2	43,1	a			3	2	51,2	a	b	
2	1	45,3	a			2	1	51,7	a		
1	2	49,5	a			1	2	54,9	a	b	
1	1	51,0	a	b		1	1	58,5	a	b	
1	3	54,4	a	b		1	3	61,1	a	b	
3	1	56,7	a	b		3	1	62,5	a	b	
2	3	66,2	a	b		2	2	74,7	a	b	
2	2	68,1	a	b		2	3	75,1	a	b	
3	3	74,9		b		3	3	78,8		b	
4	1	106,9			c	4	1	113,6		c	
4	3	118,6			c	4	3	128,5		c	

A influência da *Melipona flavolineata* na polinização do açazeiro

A hipótese inicial do experimento é: “plantas mais próximas às colônias de *M.flavolineata* seriam as mais bem polinizadas e, conseqüentemente, produziram mais frutos”. Sendo ela verdadeira, haveria correlação negativa entre a distância das plantas avaliadas e a produção de frutos. As correlações de entre as quantidades de frutos e a distância das árvores em relação às colônias de *M. flavolineata* estão mostradas na Tabela 5.12 e 5.13.

Tabela 5.12- Índice de correlação e respectivas probabilidades para as variáveis. Frutos avaliados aos 10, 30 e 180 dias e abortos avaliados aos 30 e 180 dias em função da distância das colônias introduzidas de *M. flavolineata*, por quadrante. Os valores em negrito denotam diferença significativa pelo teste de correlação de Spearman, $p < 0,05$. Estudo feito de fevereiro a julho de 2014. Igarapé-Açú, PA.

Variáveis	Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
Frutos aos 10d	$r_s = -0,02$;	$r_s = 0,64$;	$r_s = 0,64$;	$r_s = 0,18$;
	$p = 0,95$	$p = 0,03$	$p = 0,03$	$p = 0,58$
Frutos aos 30d	$r_s = -0,01$;	$r_s = 0,67$;	$r_s = 0,67$;	$r_s = 0,04$;
	$p = 0,97$	$p = 0,02$	$p = 0,02$	$p = 0,91$
Frutos aos 180d	$r_s = 0,01$;	$r_s = 0,72$;	$r_s = 0,73$;	$r_s = -0,11$;
	$p = 0,97$	$p = 0,01$	$p = 0,01$	$p = 0,76$
Aborto aos 30d	$r_s = 0,08$;	$r_s = 0,30$;	$r_s = 0,30$;	$r_s = 0,15$;
	$p = 0,79$	$p = 0,35$	$p = 0,35$	$p = 0,64$
Aborto aos 180d	$r_s = 0,04$;	$r_s = 0,41$;	$r_s = 0,41$;	$r_s = 0,23$;
	$p = 0,89$	$p = 0,19$	$p = 0,19$	$p = 0,47$

Em todos os quadrantes não houve correlação negativa e significativa, portanto, a hipótese levantada foi refutada. As abelhas *M. flavolineata* não aumentaram a produção de frutos em função da distância que estavam das suas colônias.

Chama a atenção, no entanto, a correlação positiva entre a produção de frutos e o aumento da distância do centro do plantio (onde foram colocadas as colônias de *M. flavolineata*), mostrando que houve aumento da produção de frutos. Esse acréscimo ocorreu na medida em que as plantas estavam próximas à borda, em direção aos revestimentos florísticos de capoeira, a uma área de pasto em sistema silvipastoril (quadrante 2) e a um cultivo de açazeiros jovens, em estado não reprodutivo (quadrante 3), (Capítulo 4).

Nesse sentido, o revestimento florístico do entorno pode ter tido uma influência maior na eficiência da polinização ao ponto de praticamente inibir a ação das *M. flavolineata* introduzidas

artificialmente. Este resultado reforça que cultivos próximos a ambientes propícios sobrevivência de insetos polinizadores se beneficiam com o serviço de polinização (AIZEN et al., 2009).

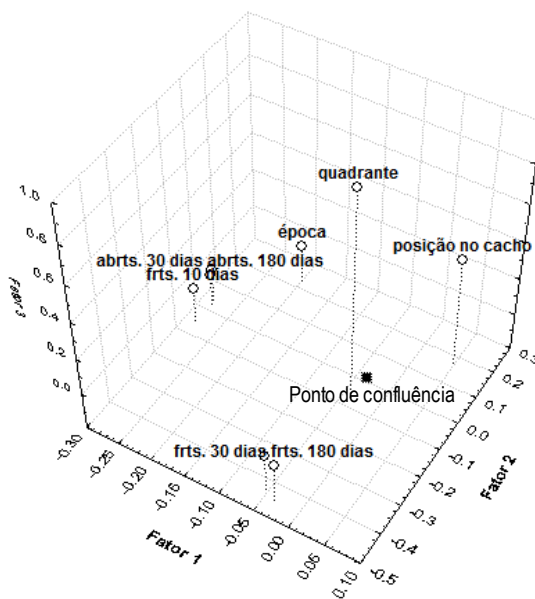
Os resultados mostram que a produção de frutos em um cacho é uma análise complexa, influenciada por diversos fatores: posição dos frutos no cacho, época da avaliação e quadrante. Esses elementos interagiram e provocaram flutuações na produção de frutos (aos 10, 30 e 180 dias) e nos abortos (aos 30 e aos 180). Resta, no entanto, a indagação que qual seria a magnitude de contribuição de cada um desses fatores em um vetor resultante explicativo. A contribuição de cada um desses fatores pode ser estimada pela influência que eles têm sob a variância total avaliada pelos autovalores obtidos de uma análise de Componentes Principais – PCA (AYRES et al., 2007). Na tabela 5.13 são mostrados esses autovalores, onde 81,9% da variância total pode ser conseguida com 3 fatores. Esses fatores quando usados como eixos, podem plotar as variáveis usadas. Pela distribuição que assumem nos planos é possível inferir sua associação e contribuições para a variância total (Figura 5.10).

As variáveis que ficarem mais próximas entre si seriam as mais correlacionadas e, portanto, levariam ao mesmo resultado da análise, sem a necessidade de serem usadas em conjunto. A distância que as variáveis têm em relação ao ponto de confluência das coordenadas plotadas no zero é proporcional a sua contribuição para a variância total, portanto, proporcional à capacidade preditora para explicar a resultante.

Tabela 5.13- Auto-valores calculados para 7 componentes principais. Com 3 fatores foi possível explicar 81,9% da variância.

Fator	Auto-valor (<i>eigenvalue</i>)	Total da variância (%)	Auto-valor acumulativo	Variância acumulativa (%)
1	3,5	43,3	3,5	43,3
2	2,1	26,2	5,6	69,5
3	1,0	12,4	6,6	81,9
4	0,9	11,1	7,4	93,0
5	0,4	4,9	7,8	98,0
6	0,2	1,9	8,0	99,9
7	0,0	0,1	8,0	100,0

Figura 5.10- Distribuição espacial das variáveis avaliadas tendo como os eixos aos Fatores 1, 2 e 3. As variáveis mais próximas entre si são as mais correlacionadas. A distância que assumem na confluência dos eixos plotados em zero é proporcional a sua contribuição para variância total e, por conseguinte, as mais influenciadoras no resultado.



CONCLUSÃO

O hábito de coleta de pólen e néctar da *M. flavolineata* coincide com o intervalo de maior disponibilidade de grãos de pólen e de maior receptividade do estigma de *E. oleracea*.

A *M. flavolineata* apresentou constância e fidelidade floral por *E. oleracea* no período de sua maior disponibilidade de pólen e de néctar.

A vegetação do entorno influenciou na produção de frutos.

A posição da inserção das ráquulas no cacho interfere na quantidade de frutos existentes nas ráquulas, porém não influencia na proporção de frutos abortados.

A quantidade de frutos maduros por ráquula variou de acordo com a sua posição nas ráquis.

A influência da introdução de 72 colônias *M. flavolineata* não pode ser percebida na produção de frutos de *E. oleracea*.

AGRADECIMENTO

Ao CNPq pela concessão a bolsa de mestrado e aos financiamentos dos custos para execução do projeto. Ao Dr. Tomé de Farias Neto, por disponibilizar seu cultivo de açazeiro e pelas sugestões feitas ao trabalho. Ao Hugo Corrêa, Dalmo Venturieri e Elizangela Souza, pela grande ajuda na execução das atividades de campo.

REFERÊNCIAS

AIZEN, M. A. et al. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of botany**, v. 103, n. 9, p. 1579–1588, 2009.

AYRES, M. et al. **Bio estat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. 5. ed. Belém, PA: Instituto de desenvolvimento sustentável Mamirauá- IDSM/ MCT/ CNPq, 2007.

BARFOD, A. S.; HAGEN, M.; BORCHSENIUS, F. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). **Annals of Botany**, v. 108, n. 8, p. 1503–1516, dez. 2011.

BAWA, K. S.; PERRY, D. R.; BEACH, J. H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. I. sexual systems and incompatibility mechanisms. **Botanical Society of America**, v. 72, n.3, n. 2562, p. 331–34, 4 mar. 1985.

CHINCHILA, C.; ESCALANTE, M.; RICHARDSON, D. L. Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Centroamérica: II. Comportamento de insetos. Turrialba, v.40, p.461-470, 1990. **Turrialba**, v. 40, p. 461–470, 1990.

CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C. **Vantagens e limitações do uso de abrigos individuais e comunitários para abelha indígena sem ferrão urucu-amarela (*Melipona flavolineata*)** Belém, Pará. Embrapa Amazônia Oriental., 2008.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; VELTHUIS, H. H. W.; NOGUEIRA-NETO, P. Diversity of stingless bees from the Amazon forest in Xapuri (Acre), Brazil. **Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.**, v. 18, p. 105–114, 2007.

DHILEEPAN, K. Variation in populations of introduced pollinating weevil (*Elaeidobius kamerunicus*) (Coleoptera: Curculionidae) and its impact on fruitset of oil palm (*Elaeis guineensis*) in India. **Bulletin of entomological research**, v. 84, p. 477–485, 1994.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2nd. ed. San Diego: Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, 1993.

GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, p. 1608–1610, 2013.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 44, n. 131, p. 183–206, 1999.

HENDERSON, A. et al. Flowering Phenology of a Palm Community in a Central Amazon Forest. **Brittonia**, v. 52, n. 2, p. 149, abr. 2000.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. Euterpe, Prestoe, and Neonicholsonia (Palmae). **Flora Neotropica**, v. 72, p. 1–89, 1996.

HOMMA, A. K. O. et al. **Açaí**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental, CPATU. Sistema de produção 4, 2005.

HOMMA, A. K. O. et al. **Custo operacional de açazeiro irrigado no nordeste paraense**. 1. ed. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental. Documentos, 255. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2006.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ALEGRE, M. Impacto da precipitação pluviométrica sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v. 7, n.3, p. 135–143, 2007.

JARDIM, M. A. G.; ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico: resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa florestal, Colombo**, v. 15, n. dez., p. 1–18, 1987.

KLEIN, A.-M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007.

MYERS, R. H. et al. **Generalized linear models with applications in engineering and the sciences**. Second ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2010.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. DE; GARCIA, W. S. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 324–331, jun. 2013.

NOGUEIRA, O. L.; HOMMA, A. K. O. **Análise econômica de sistemas de manejo de açaizais nativos no estuário amazônico**. Belém, Pará: Embrapa- CPATÚ. Documentos, 128, 1998.

OLIVEIRA, M. DO S. P. DE et al. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental. Circular técnica, 26, 2002.

PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. **Boletim agrometeorológico 2002 Igarapé-açu**. Belém, PA: Embrapa Amazonia Oriental. Documentos, 188. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2004.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. **The naturam history of pollination**. 1. ed. Portland, Oregon: Timber Press, 1996.

SEAVY, S. R.; BAWA, K. S. Late-acting self-incompatibility in Angiosperms. **The botanical review**, v. 52, n. 2, p. 195–219, 1986.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras sistemática e identificação**. Belo Horizonte, MG: Ministério do Meio Ambiente/ Fund. Araucária, 2002.

SLAA, E. J. et al. Review article Stingless bees in applied pollination : practice and perspectives of pollination in commercially grown. **Apidologie**, v. 37, p. 293–315, 2006.

SYED, R. A. Insect pollination of oil palm: feasibility of introducing *Elaeidobius* spp. into Malaysia. **Oil Palm News**, v. 25, p. 2–16, 1981.

VENTURIERI, G. C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Belém, Pará: Embrapa Amazonia Oriental., 2004.

VENTURIERI, G. C. et al. **Manejo de polinizadores autóctones de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) na Amazonia oriental**. Ribeirão Preto. In: Anais do VII Encontro sobre abelhas, 2006.

VENTURIERI, G. C. Floral biology and management of stingless bees to pollinate assai palm (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) in Brazil in eastern amazon. In: **Pollinators management in Brazil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008a. p. 41.

VENTURIERI, G. C. **Contribuição para a criação racional de meliponíneos Amazônicos**. 1. ed. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 330, 2008b.

VENTURIERI, G. C. et al. Plano de manejo para os polinizadores do açazeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. (Eds.). **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: plano de manejo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. p. 97–129.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

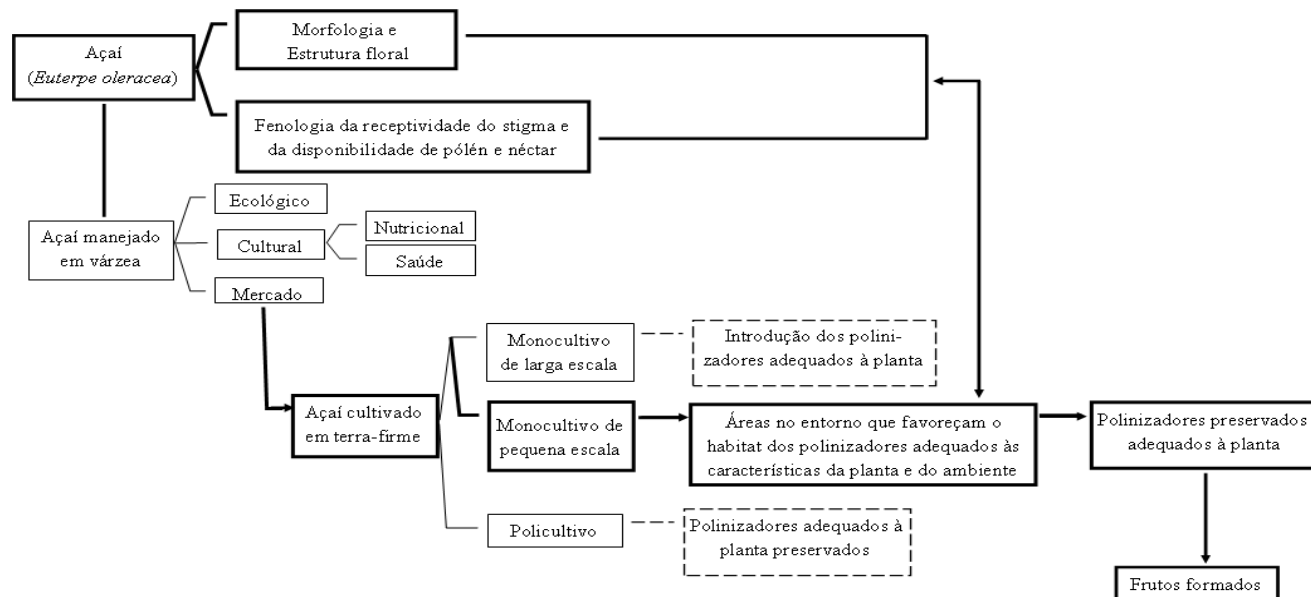
A motivação desta pesquisa surgiu da necessidade de investigar a produtividade dos açazeiros em decorrência da introdução de colônias de abelhas-sem-ferrão, com o intuito de apoiar técnicas que mitiguem a necessidade da expansão de pomares com o uso de tecnologias sustentáveis.

A produção de frutos por planta não deve ser tomada como única resposta ao efeito do serviço de polinização com a introdução de colônias, visto que esta é dependente de diversos fatores como: sanidade do pomar; nível de predação; fertilidade do solo; disponibilidade de água; existência de recurso polínico disponível na área (Figura 6.1) e ainda, provavelmente, a planta que apresentou alta produtividade de frutos em uma estação não apresentará a mesma produtividade na estação seguinte, devido à redução do vigor, como previsto por Stephenson (1981).

O delineamento experimental avaliou a influência de 72 colônias de *M. flavolineata* na produtividade frutos de *E. oleracea*, em plantas sob diferentes distâncias em relação à colônia. Ele foi apoiado na hipótese de que as abelhas têm preferência para forragear áreas próximas ao seu ninho (FREE, 1993). Porém, com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que o modelo experimental não foi adequado porque não isolou do efeito aleatório dos resultados, fatores como a polinização proporcionada pelos insetos já existentes e a capacidade de suporte das plantas.

Outro possível fator de confundimento pode ter sido causado pelo alcance de voo da abelha usada que, embora não tenha sido estimado, em *Melipona mandacaia*, está entre 500 e 1000m (RODRIGUES, 2012), o que pode ter facilitado o acesso à recursos mais compensadores fora da área experimental.

Figura 6.1- Modelo simplificado das inter-relações entre os conteúdos abordados.



Legenda: No modelo, as linhas contínuas finas representam assuntos influenciadores no processo, porém não abordados diretamente neste trabalho. Linhas finas e pontilhadas, inter-relação suposta. Linhas cheias, assuntos e inter-relações abordadas.

Proposta para trabalhos futuros

A partir dos dados levantados e resultados obtidos propõe-se que em trabalhos futuros com objetivo de avaliar a produtividade do açaizeiro sob influência de *M. flavolineata*, ou outro polinizador semelhante, que a área experimental tenha no mínimo 500m de raio de extensão em relação aos outros tipos de coberturas vegetais.

Em combinação com a distância, sugere-se que sejam avaliadas diferentes dosagens de adubação para analisar a extensão da capacidade trófica das plantas no pegamento dos frutos conseguidos com o aumento da polinização.

Recomenda-se que com este modelo as avaliações sejam feitas em pelo menos quatro ciclos reprodutivos dos indivíduos amostrados, para verificar a repetibilidade do efeito da polinização induzida.

Para avaliar a proporção de abortos provocados pelo sistema de autoincompatibilidade, é sugerido verificar o número de grãos de pólen depositados nos estigmas das flores e a proporção dos compatíveis x incompatíveis depositados naturalmente (pelo crescimento dos tubos polínicos no estigma), nas diferentes distâncias dos ninhos.

REFERÊNCIAS

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2nd. ed. San Diego: Academic press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, 1993.

RODRIGUES, F. Aspectos do voo de *Melipona mandacaia* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) na região do Vale do Submédio São Francisco. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2012, 83p.

STEPHENSON, A. G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 253–279. Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.12.110181.001345>.