

SANDRA MARA DA SILVA GOMES

POLINIZADORES E SEMIOQUÍMICOS DO DENDEZEIRO HÍBRIDO
(*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTÉS X *Elaeis guineensis* JACQ)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G633p
2011

Gomes, Sandra Mara da Silva, 1979-
Polinizadores e semioquímicos do dendzeneiro híbrido
(*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTÉS x *Elaeis guineensis* JACQ)
/ Sandra Mara da Silva Gomes. – Viçosa, MG, 2011.
x, 65f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Evaldo Ferreira Vilela.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Insetos - Comportamento. 2. Curculionidae.
3. *Elaeidobius*. 4. Ecologia química. 5. Polinização.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 595.7685

SANDRA MARA DA SILVA GOMES

**POLINIZADORES E SEMIOQUÍMICOS DO DENDEZEIRO HÍBRIDO
(*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTÉS X *Elaeis guineensis* JACQ)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 28 de outubro de 2011.

Eraldo Rodrigues de Lima

José Cola Zanuncio

José Inácio Lacerda Moura

José Magid Waquil

Evaldo Ferreira Vilela
(Orientador)

A Deus,
Aos meus pais Maria Greuza e Aelson (*in memoriam*)
Aos meus irmãos e ao meu noivo Cláudio

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela a oportunidade de cursar o Mestrado e Doutorado.

Ao prof. Evaldo Vilela, pela orientação dos trabalhos.

Ao prof. Eraldo Lima, pela orientação, paciência, amizade, confiança e por acreditar que eu seria capaz.

Ao meu grande amigo e orientador José Inácio, pessoa de alma tão generosa e pura, amigo para a eternidade. Agradeço a toda sua família por ter me acolhido em sua casa e me tratado como filha.

Ao Prof. José Cola Zanuncio e José Waquil pela colaboração.

Aos meus amigos do laboratório pela cumplicidade, ajuda e incentivo. Por estarmos juntos sempre no desespero, na tristeza, na alegria...

Aos que estiveram comigo em todas as coletas e idas ao campo no Pará (Silvino-Coxinha e ao Rafael- Doquinha). A minha grande amiga Laudicéia, ao senhor Carlos pelas conversas, ao Daniel e sua esposa, pela amizade. A todos da Denpasa pela amizade, cuidado e colaboração.

Agradeço ao Sr. Roberto e ao Sr. Ovidio por terem me deixado realizar meu trabalho na Denpasa e por me acolher em sua casa.

A todos que torceram a favor ou contra.

O que nos move é o desafio de evoluir cada vez mais. É o medo que nos faz forte o suficiente para encarar esse desafio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida

Obrigada.

BIOGRAFIA

Sandra Mara da Silva Gomes, nascida em Juiz de Fora em 15 de maio de 1979.

Formada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora-MG, no ano de 2004.

Conclui meu mestrado na Universidade Federal de Viçosa-MG no ano de 2008, pelo Programa de Pós Graduação em Entomologia.

Em 2008, iniciei Doutorado pelo mesmo Programa de pós- Graduação, submetendo-se a defesa de tese em 28 de outubro de 2011.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1 Introdução Geral.....	3
2 Revisão de literatura.....	6
2.1 Polinização e o Odor Floral.....	6
2.2 Importância Econômica do Dendzeiro.....	7
2.3 Botânica do Dendzeiro.....	8
2.4 Caiaué e Híbrido Interespecífico.....	8
2 Justificativa.....	11
3 Referências Bibliográficas.....	14
4 Objetivos.....	19
CAPITULO I Levantamento da Entomofauna de polinizadores de tenera, caiaué e híbrido interespecífico (HIE).....	20
Resumo.....	20
1 Introdução.....	21
2 Material e Métodos.....	25
2.1 Área de Estudo.....	25
2.2 Delineamento Experimental.....	25
2.3 Os Polinizadores.....	27
2.4 Taxa de Fecundação.....	28
2.5 Análise dos Dados.....	29
3 Resultados.....	30
3.1 Levantamento dos Polinizadores.....	30
3.2 Taxa de Fecundação.....	36
4 Discussão.....	39
5 Referências Bibliográficas.....	44
CAPÍTULO II Teores de estragole liberados e ritmo de emissão do odor floral em <i>Elaeis guineensis</i> (tenera), <i>Elaeis oleifera</i> (caiaué)	47

e no híbrido interespecífico (HIE).....	
Resumo.....	46
1 Introdução.....	47
2 Material e Métodos.....	49
2.1 Teores de Estragole.....	49
2.1.1 Área de Estudo.....	49
2.1.2 Coleta dos Voláteis.....	49
2.2 Ritmo de Emissão dos Voláteis.....	51
2.2.1 Área de Coleta.....	51
2.2.2 Coleta dos Voláteis.....	51
2.3 Análise das Amostras.....	52
3 Resultados.....	54
3.1 Teores de Estragole.....	54
3.2 Ritmo de Liberação de Estragole.....	55
3.3 Horário de Atividade dos Polinizadores.....	55
4 Discussão.....	59
5 Referências Bibliográficas.....	62
Anexos.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1- A- <i>Elaeis guineensis</i> , B- <i>Elaeis oleifera</i> , C- Híbrido interespecífico (HIE).....	10
Figura 2- Polinização assistida. A e B- Preparo das inflorescências masculinas de tenera para a coleta de pólen; C- Funcionário com equipamento para realização da polinização; D- Deposição do pólen sobre a inflorescência feminina.....	13
Figura 3- Em vermelho, localidades onde os trabalhos foram realizados no Amazonas e no Pará.....	25
Figura 4- Plantios de dendê no Pará. Quadrados em amarelo representam a área de HIE, A2C e B2A, em vermelho tenera B2C.....	26
Figura 5- A- Inflorescência feminina iniciando antese; B- Inflorescência feminina em antese com cartelas de fita amarela para a captura de polinizadores; C- Inflorescência masculina em antese e com as cartelas amarelas para a captura de polinizadores. D- Inflorescência masculina em antese.....	27
Figura 6- Abundância do curculionídeo polinizador de <i>Elaeidobius kamerunicus</i> (Coleoptera: Curculionidae) (A), em inflorescências femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no Pará. A abundância de <i>E. kamerunicus</i> foi maior na área com plantio de tenera ($F_{2,1187} = 235.06$; $p < 0.001$).....	30
Figura7- Abundância do curculionídeo polinizador <i>Elaeidobius subvittatus</i> (Coleoptera: Curculionidae) (B), em inflorescências femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no município no Pará. <i>E. subvittatus</i> foi mais abundante em áreas de plantio de tenera ($F_{1,1188} = 140.976$; $p < 0.001$) e, as inflorescências masculinas atraem maior número desses curculionídeos femininas ($F_{1,1187} = 43.654$; $p < 0.001$).....	31

Figura 8- Abundância dos curculionídeos polinizadores da espécie *Elaeidobius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) (C), coletados em inflorescências femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no município no Pará. *Elaeidobius* sp., foi mais abundante em áreas de tenera ($F_{1,1188} = 18.2019$; $p < 0.001$). Inflorescências masculinas de tenera atraíram uma quantidade maior de polinizadores dessa espécie ($F_{1,1187} = 5.2488$; $p = 0.02214$)..... 32

Figura 9- Insetos polinizadores que visitam as inflorescências de tenera e HIE em plantios comerciais na região do Pará. I- Vista dorsal do *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) (fêmea) (A); II- *E. kamerunicus* (macho) (A); III- Vista lateral de *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (macho) (B) detalhe em vermelho do apêndice ventral usado na cópula para prender a fêmea; IV- Vista dorsal do *E. subvittatus* (A); V- Vista lateral com destaque para um detalhe nos élitros do *Elaeidobius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) (C) e VI- Detalhe das cerdas margeando os élitros (C). (Fotos José Lino)..... 33

Figura 10- Abundância de coleópteros polinizadores: (D) Curculionídeo do gênero *Celetes* sp.; (E) Curculionidae sp.1; (F) Curculionidae sp. 2; (G) Nitidulidae, *Mystrops* sp. coletados em inflorescências masculinas e femininas de caiaué. É possível observar uma diferença quanto à abundância entre as espécies ($F_{1, 157} = 12.9152$; $p < 0.0001$) e entre as inflorescências masculinas e femininas ($F_{1,156} = 6,5242$; $p = 0.01$) Manicoré - AM..... 35

Figura 11- Insetos polinizadores sobre inflorescências de caiaué em plantios localizados em Manicoré na região do AM. I e II vista lateral e dorsal, respectivamente, do curculionídeo do gênero *Celetes* sp. (D); III e IV curculionídeo sp. 1 (E); V e VI curculionídeo sp. 2 (F); VII e VIII, vista dorsal e ventral do Nitidulídeo, gênero *Mystrops* sp. (G). (Fotos Yeisson Gutiérrez)..... 36

Figura 12- Porcentagem de frutos com sementes encontrados em HIE e tenera obtidos de plantios comerciais no Pará. HIEA- plantas de HIE com polinização assistida; HIEN- plantas de HIE com polinização natural; TEN- tenera.....	37
Figura 13: Porcentagem de frutos sem sementes em HIE e tenera obtidos de plantios comerciais no Pará. HIEA- plantas de HIE com polinização assistida; HIEN- plantas de HIE com polinização natural; TEN- tenera.....	38
Figura 14: Esquema técnica “headspace”. Setas vermelhas apontam a direção do fluxo de ar, com uma velocidade de 250 mL/hora, o fluxo entra no sistema através do filtro de carvão ativado e passa pela bolsa de poliéster contendo a inflorescência, puxado por uma bomba de vácuo.....	50
Figura 15: Técnica de “headspace”. Sistema para coleta dos voláteis buscando avaliar o ritmo de emissão dos voláteis em diferentes horas do dia e da noite, em inflorescências masculinas e femininas de HIE, tenera, caiaué. Coletas realizadas no Banco de Germoplasma da Ceplac/Esmal, município de Una-Bahia, de junho a agosto de 2011.....	52
Figura 16: Teores de estragole de femininas e masculinas de caiaué (<i>Elaeis oleífera</i>), híbrido (HIE) e tenera (<i>Elaeis guineensis</i>). Entre as plantas, apresentam diferenças na liberação do estragole ($F_{2,29} = 17.365$; $p < 0.001$) tenera emite maior quantidade de estragole.....	54
Figura 17- Teores de Estragole emitidos em femininas e masculinas de caiaué (<i>Elaeis oleífera</i>), híbrido (HIE) e tenera (<i>Elaeis guineensis</i>) a cada duas horas. Plantas apresentam diferenças na quantidade de estragole liberado ($F_{2,172} = 54.784$; $p < 0.001$). Inflorescências masculinas de Tenera emitem maior quantidade de estragole.....	55
Figura 18- Abundância de polinizador da espécie <i>Elaeidobius kamerunicus</i> (Coleoptera: Curculionidae) (A) coletado em diferentes horas do dia. Horário de maior atividade foi entre 10:00 e 12:00 horas ($F_{1,118} = 3.9048$; $p = 0.0505$). Essa	

espécie foi abundante em áreas de HIE e tenera que aquelas de caiaué ($F_{1,117}=19.4275$; $p < 0.001$)..... 56

Figura 19- Abundância do polinizador *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (B) coletado em diferentes horas do dia. Horário de maior atividade foi entre 10:00 e 12:00 horas ($F_{1,117}=3.6326$; $p=0.05911$). Essa espécie foi abundante nas áreas de tenera que aquelas de caiaué e HIE ($F_{1,118}= 26.3240$; $p < 0.001$)..... 57

Figura 20: Abundância do polinizador *Mystrops* sp. (Coleoptera: Nitidulidae) (G) coletado em diferentes horas do dia. Essa espécie foi mais abundante em plantas de caiaué que de tenera e HIE ($F_{1,118}= 26.3240$; $p < 0.001$). Não houve diferença entre plantas de tenera e HIE..... 58

RESUMO

GOMES, Sandra Mara da Silva, D.sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2011. **Polinizadores e semioquímicos do dendezeiro híbrido (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTÉS X *Elaeis guineensis* JACQ)** Orientador: Evaldo Vilela, Corientadores: Eraldo Lima e José Cola Zanuncio.

O incentivo para a expansão da cultura do dendê visa ampliar a produção brasileira de biodiesel e de óleos especiais para as indústrias de alimento, cosméticos e siderurgia, para reduzir as de importações e atender as demandas, busca de solução para problemas da produção agrícola, como plantas melhoradas e sementes nacionais. O lançamento do híbrido interespecífico EMBRAPA, adaptado para a região Norte, foi um marco para a dendeicultura nacional. Porém, problemas com a baixa polinização de suas inflorescências motivou estudos para aprofundar os conhecimentos sobre a entomofauna visitante das inflorescências e seu papel na produção das amêndoas e sua produtividade de óleos de dendê, dos semioquímicos emanados das inflorescências e seu papel na atração de insetos polinizadores. A formação de frutos com sementes em HIE polinizadas naturalmente é extremamente baixa. Mostrando, indiretamente, falhas no processo de polinização assistida. Plantas de tenera liberaram maiores quantidades de estragole o qual atrai um maior número de curculionídeos do gênero *Elaeidobius*. Sobre as inflorescências do caiaué, nativa da Amazônia, foi encontrada espécies de curculionídeos, possíveis polinizadores em potencial.

ABSTRACT

GOMES, Sandra Mara da Silva, D.sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2011. **Pollinators and hybrid semiochemicals palm oil (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTÉS X *Elaeis guineensis* JACQ)** Adviser: Evaldo Vilela; Co-Advisers: Eraldo Lima and José Cola Zanuncio.

The incentive for the expansion of cultivation of oil palm aims to increase domestic production of biodiesel and special oils for the food industries, cosmetics and steel, to reduce imports and meet the demands, attempt to solve problems of agricultural production, as improved domestic plants and seeds. The launch of the interspecific hybrid EMBRAPA, adapted to the North, was a milestone for the national oil palm. However, problems with poor pollination of their flowers prompted studies to improve knowledge about the visitor entomofauna of inflorescences and its role in the production of almonds and productivity of oil palm, of semiochemicals emanating from the flowers and their role in attracting pollinators. The formation of fruit with seeds in naturally pollinated HIE is extremely low. Showing indirectly flaws in the process of assisted pollination. Tenera plants released higher amounts of estragole which attract a greater number of weevils of the genus *Elaeidobius*. About the caiaué flowers, native to the Amazon, found species of weevils, possible potential pollinators.

1 Introdução Geral

O aumento da demanda do uso de combustíveis fósseis e seu possível esgotamento são preocupantes, pois as reservas mundiais de petróleo totalizam 1.147,80 bilhões de barris e o consumo está estimado em 80 bilhões de barris/dia (ANP, 2005). É possível chegar a uma estimativa de que as reservas mundiais de petróleo podem se esgotar por volta de 2046 e essa estimativa não leva em consideração a tendência ao aumento do consumo.

Nações desenvolvidas e emergentes procuram diminuir a dependência de combustíveis fósseis, que representam mais de 80% da oferta de energia primária total do planeta (IEA, 2008). A utilização de biomassa (óleos vegetais, biogás, carvão vegetal, cana de açúcar, beterraba, etc) para fins energéticos, principalmente, como bicomcombustíveis, tem sido pesquisada, pois seu uso, para a geração de combustíveis deverá dobrar até 2050 (Ramos, 2003; Fischer, 2001).

A diversificação de fontes de energia deve ocorrer devido à escassez do petróleo e a pressões crescentes com o uso insustentável de fontes não-renováveis, além dos impactos ambientais associados, em particular aqueles relacionados às mudanças climáticas.

O óleo de palma ou dendê representa uma excelente alternativa na utilização como matéria-prima para a produção de biodiesel e sua principal vantagem é seu baixo custo, cerca de R\$ 600 por tonelada de óleo, o que o torna muito competitivo no mercado. Além disso, o dendê apresenta alta produtividade, podendo chegar a 5 a 6 mil litros/hectare, enquanto a soja que rende até 500 litros por hectare.

A palma de óleo é a oleaginosa com maior produção por unidade de área e tem seu cultivo é adequado para o tropico úmido. Por ser uma cultura perene protege o solo contra a erosão e possui alta capacidade de seqüestro de carbono. A exploração econômica dessa cultura se estende por mais de 25 anos e por não ter, praticamente, entressafra possibilita a utilização de extensa mão de obra, promovendo com isso a fixação do homem ao campo.

O óleo de palma tem potencial como bicomcombustível e também é utilizado pela indústria alimentícia em margarina, sorvetes biscoitos, torta, etc., como substituto para gordura trans. Por ser rico em vitaminas A e E, é recomendado como complemento nutritivo para populações de baixa renda. Além disso, está presente nos produtos de higiene pessoal, limpeza e lubrificantes.

A demanda mundial de óleo de palma cresceu 167% entre 1998 e 2010, de 17 para 45.5 milhões de toneladas e poderá chegar a 63 milhões em 2015. O óleo de palma responde

por 57% das exportações de óleo vegetal no mundo (22nd Palm and Lauric Oils Conference and Exhibition POC 2011) (Fonte: UBRABIO).

O Brasil possui potencial e aptidão agrícola para o cultivo do dendezeiro, sua participação no mercado mundial de óleo de palma é ainda baixa. Atualmente, o Brasil não produz de óleo de palma suficiente para as necessidades das indústrias nacionais.

Áreas com dendezeiros crescem acentuadamente na região Norte do Brasil, com incentivos do governo federal. O governo federal lançou, recentemente, um programa de incentivo a plantação de palma visando inserir o Brasil entre os maiores produtores mundiais de óleo de palma. O Brasil possui cerca de 30 milhões de hectares com potencial de plantio, em áreas já degradadas, mas tem apenas 80 mil hectares plantados (Fonte: UBRABIO, 2011).

O cultivo do dendezeiro pode ser ameaçado por pragas e doenças, principalmente *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera, Curculionidae), vetor do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus*, causador da doença anel-vermelho (Moura et al., 1997).

A alternativa promissora, para reduzir as perdas com pragas e doenças, foi desenvolvida pela EMBRAPA a partir do cruzamento da palmeira oleaginosa caiaué (*Elaeis oleifera*), apelidada de “dendê brasileiro” (nativo, de baixa produtividade, não comercial) com o dendezeiro de origem africana (*E. guineensis*). Este híbrido apresenta resistência a diversas pragas e doenças do dendezeiro mais cultivado (tenera) é altamente susceptível nas condições brasileiras.

O HIE tem menor crescimento do tronco o que aumenta o período de exploração econômica; seu óleo tem teor de insaturação superior ao do dendezeiro convencional, sendo mais líquido nas condições ambientais e apresentando-se, inclusive, mais apropriado para o consumo alimentar. Esse híbrido representa um importante passo para se reduzir a dependência de materiais reprodutivos vindos da Ásia.

A alta produtividade do dendê esta relacionada à taxa de fecundação (relação amêndoa/cacho). Acreditava-se que a polinização anemófila era a principal forma de transporte de pólen no dendê, devido a características como a grande produção de grãos de pólen e estes serem secos, o que facilitaria a seu transporte pelo vento. No entanto as inflorescências do dendê, durante o período de antese emitiam um odor adocicado, parecido com anis o que atraia insetos (Syed, 1979). O composto envolvido nessa atratividade era o estragole (4-allylanisole), atraindo, principalmente, *Elaeidobius kamerunicus* e *E. subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (Hussein, 1989).

Os insetos estão entre os polinizadores mais importantes de plantas que dependem deles para realizar a fecundação. Responsáveis pela polinização de 86% dos plantios

comerciais de frutas, nozes e sementes (Nabhan & Buchmann, 1997; Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002).

Aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo são polinizadas por abelha, 5% por besouros e 22% por outros insetos além de mamíferos e pássaros (FAO, 2004). A contribuição dos polinizadores às principais culturas dependentes alcança US\$ 54 bilhões de dólares por ano (Kenmore & Krell, 1998). Em contrapartida, a perda anual de produção agrícola por falta de polinização a 30 cultivos seria de 65 bilhões de dólares (FAO, citada por Kerr et al., 2001).

Estudos de polinizadores, principalmente abelhas, se concentram em plantas cultivadas, como acerola (*Malpighia emarginata*), maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), melão (*Cucumis melo*), maçã (*Malus domestica*), caju (*Anacardium occidentale*), goiaba (*Psidium guajava*) (Alves, 2000; Camillo, 1978; Freitas, 1995; Martins et al., 1999; Sousa, 2003), enquanto plantas com alto valor socioeconômico como o dendê (*Elaeis* sp.) permanecem, praticamente, sem estudos relacionados com esse tema.

O Híbrido interespecífico é uma excelente alternativa em termos de produtividade de frutos, mas, a baixa taxa de fecundação (relação amêndoa/cacho) comparada à do dendezeiro atualmente mais cultivado limita sobremaneira a expansão do seu cultivo (EMBRAPA, 1983). Plantios no sul da Bahia mostraram uma taxa de fecundação de 28% para o dendezeiro híbrido interespecífico contra 79% para o africano (Moura et al., 2008).

A baixa atratividade do HIE pode ser devido à quantidade e, ou qualidade dos odores (semioquímicos) liberados; presença de fibras espáteas recobrando a inflorescência feminina e dificultando a ação de polinizadores; insetos polinizadores associados ao caiaué/híbrido ser inferior à de insetos polinizadores do tenera (Edson Barcelos, EMBRAPA, comunicação pessoal).

2 Revisão de Literatura

2.1 Polinização e o Odor Floral

A reprodução sexual das plantas depende da polinização, com a liberação do pólen pelas anteras, seu transporte, deposição no estigma e germinação do pólen (Faergri & Van Der Pijl, 1979 *in* Andersson, 2001). Muitas angiospermas dependem de polinizadores, principalmente insetos, que estão entre os mais importantes polinizadores pela quantidade de plantas que podem visitar, e conseqüentemente, promoverem a fecundação e a formação de frutos. Eles são responsáveis pela polinização de 86% em plantios comerciais de frutas, nozes e sementes (Nabhan & Buchmann, 1997; Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002).

Os polinizadores buscam por algum tipo de recompensa nas flores, seja alimento (pólen e néctar), abrigo, lugar para acasalar e/ou ovipositar. Pistas visuais como forma, tamanho, cor e olfatórias como o odor floral advertem para essas recompensas. O ganho para as plantas e polinizadores conduziu a evolução de adaptações de plantas a diferentes polinizadores, levando às chamadas “síndromes de polinização” (Proctor et al., 1996).

A composição do odor floral é uma das características que define uma síndrome, por exemplo, polinização por mariposas (Knudsen & Tollsten, 1993), por morcegos (Knudsen & Tollsten, 1995) e por coleópteros (Pellmyr et al., 1990). Esses odores são formados por compostos químicos voláteis de baixo peso molecular e variam quanto ao número de compostos que o formam (Dudareva & Pichersky, 2006; Knudsen et al., 1993). Esses compostos, geralmente, são formados por monoterpenoides e sesquiterpenoides, benzernoides, fenilpropanoides e derivados dos ácidos graxos biossintetizados por um número pequeno de rotas metabólicas que se sobrepõem (Vainstein et al., 2001).

O “blend” é formado por um grande número de compostos, mas, esse muitas vezes é dominado por alguns componentes principais onde esses compostos, não necessariamente, são os mais importantes para o inseto (Knudsen et al., 1993). Aqueles que formam o “blend” liberado por flores de girassol é uma mistura de 144 constituintes. No entanto, somente 28 deles são relevantes para a composição do odor que atraem as abelhas (Pham-Delègue et al., 1990). Mesmo com um grande número de combinações possível, alguns insetos têm a capacidade de discriminar milhares de misturas de odores. Abelhas podem aprender a distinguir 700 odores florais (Schoonhoven et al., 2005).

O odor floral não se apresenta, somente, como forma de identificar uma espécie de flor, muitas vezes dá pistas de recompensas como néctar ou pólen. Esses compostos são

liberados por glândulas especializadas chamadas osmóforos (Vogel, 1990), localizadas em diferentes partes da flor como nas pétalas, estigma ou estames (Dobson & Bergstrom, 2000). No entanto, não se sabe ao certo onde ocorre a síntese desses compostos ocorre nos osmóforos ou se esses são responsáveis, somente, pela sua emissão (Dudareva et al., 2000).

2.2 Importância Econômica do Dendzeiro

A cultura do dendê destaca-se entre as oleaginosas pela alta capacidade de produção de óleo por unidade de área, podendo alcançar de 3 a 5 toneladas de óleo/ha/ano, para o de palma, o seu principal produto, além de 300 a 500 kg/ha/ano de óleo de palmiste obtido a partir do processamento de amêndoa (AGRIANUAL, 2006).

O óleo de palma tem múltiplas aplicações devido à baixa acidez com utilização na agroindústria alimentar (Macfarlane et al., 1975). Após ser refinado é usado na fabricação de margarinas, biscoitos, pães e sorvetes (Surre & Ziller, 1969). A versatilidade do seu aproveitamento levou a novas e maiores perspectivas de consumo, como fabricação de sabões, detergentes, velas, produtos farmacêuticos, cosméticos, corantes naturais e também na indústria siderúrgica onde é empregado na fabricação de laminados de aço e ferro branco.

O óleo de palmiste de alta qualidade e elevados teores de ácidos láuricos e mirísticos, tem uso semelhante ao óleo de copra, na fabricação de sabonetes, detergentes, pomadas, maioneses e também na produção de chocolate, como substituto da manteiga de cacau (Kitamura, 1990).

Do processamento dos cachos, para a extração dos óleos de palma e palmiste, são obtidos uma série de subprodutos como fibras, cachos vazios, casca das amêndoas, torta de palmiste e efluentes líquidos com amplas aplicações (Kaltner & Junior, 2000). A torta de palmiste tem cerca de 13% de proteína bruta e pode ser utilizada na alimentação de animais domésticos (bovinos, aves, eqüinos e suínos), em composição de rações e fertilizante orgânico (Rodrigues et al., 1994). A casca da amêndoa pode ser empregada na fabricação de fibras de freio, ou como fonte alternativa de energia para caldeiras a vapor. Fibras e cachos vazios também podem ser utilizados para este fim ou como adubo na área de cultivo com uso de efluentes líquidos (EMBRAPA, 1983).

2.3 Botânica do Dendezeiro

O gênero *Elaeis* (subtribo *Elaeidinae*, tribo *Cocoseae*, subfamília *Arecoideae*, família *Areceaceae*, ordem *Arecales*) foi estabelecido em 1763, por Nicholas Joseph Jacquin ao descrever palmeiras introduzidas na Ilha de Martinica, às quais denominou *Elaeis guineensis*. *Elaeis* é derivado da palavra grega “elaion”, que significa óleo e guineensis por ter Jacquin atribuída a sua origem à Costa de Guiné, na África (Bailey, 1933; Hartley, 1977). O gênero é de distribuição tropical (África e América Tropical), com duas espécies bem definidas: *Elaeis guineensis* Jacq. (dendê) (Fig. 1A), *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés (caiaué) (Fig. 1B) e duas outras espécies (*Elaeis madagascariensis* Becc. e *Elaeis odora* Traill), mas com as quais pairam controvérsias sobre a classificação (Bailey, 1933, 1940; Zeven, 1972, Corley et al., 1976; Hartley, 1977; Barcelos, 1986).

O dendezeiro é uma planta monóica com flores masculinas e femininas na mesma planta, mas separadas em inflorescências masculinas e femininas. As inflorescências do dendezeiro, protegidas por duas brácteas fibrosas (espatas), são espádices compostas por espigas na axila de cada folha. A espádice racha-se, longitudinalmente, duas semanas antes das inflorescências entrarem em antese. Cada esboço floral possui os dois sexos, porém um deles fica, quase sempre, rudimentar. Inflorescências masculinas e femininas são produzidas em seqüências unissexuais mais ou menos longas denominadas ciclos (Conceição & Muller, 2000; Opute & Obasola, 1979).

O cacho do dendê esta maduro após cinco a seis meses da fecundação das flores femininas da inflorescência. Nesta ocasião, o cacho de uma planta adulta tem forma ovóide, com comprimento de 50 cm e largura de 35 cm. O peso do cacho varia de poucos quilogramas a 100 kg, dependendo da idade e de outras condições, mas com médias de 10 a 30 kg. A média de frutos por cacho é de 1.500, representando 60% a 70% do peso do cacho (Conceição & Muller, 2000).

2.4 Caiaué e Híbrido Interespecífico

O caiaué é uma palmeira nativa da América Central e do norte da América do Sul, encontrada freqüentemente em áreas ribeirinhas e geralmente ligada à presença do homem e com ampla ocorrência na Amazônia brasileira (Meunier, 1975; Hartley, 1977; Ooi et al., 1981). O caiaué pertence ao mesmo gênero do dendê nativo da África (*Elaeis guineensis*

Jacq), porém, não tem para a Amazônia a mesma importância econômico-cultural do dendê para as culturas africanas. A taxa de crescimento anual do seu tronco é baixa, com reduzido comprimento dos entrenós lhe conferindo menor porte, o que pode diminuir os custos de exploração.

O caiaué apresenta resistência a pragas e doenças de dendezeiros comerciais do Brasil. Apesar disso, seu plantio é economicamente inviável, dada sua baixa produtividade de óleo, comparativamente à cultura do dendê tenera (Barcelos, 1986).

Os híbridos interespecíficos (Fig. 1C), geralmente, apresentam características intermediárias aos dois parentais, revelando ação aditiva dos genes e possibilidades de progresso com seleção. Essas características incluem uma menor taxa de crescimento do tronco, o que aumenta o período de exploração econômica; óleo com teor de insaturados superior ao do tenera e, além disso, é mais líquido nas condições ambientais e mais apropriado para o consumo alimentar, e com melhores aspectos relacionados à resistência/tolerância a doenças e pragas, comparadas ao tenera (Barcelos, 1986).



Figura 1: A - *Elaeis guineensis*, B - *Elaeis oleífera*, C - Híbrido interespecífico (HIE)

3 Justificativa

O Brasil vive um momento crucial no que se refere à cultura da palma. Com uma produção de óleo de palma ainda modesta, hoje, em torno de 200 mil toneladas/ano e 90% dessa produção está concentrada no estado do Pará (AGRIANUAL, 2006). O país é o 11º produtor do mundo e importa o mesmo volume que produz para suprir a demanda interna. Porém, dentro de algumas décadas, pode se aproximar dos maiores produtores mundiais nesse segmento – o primeiro é a Indonésia, com 20,9 milhões de toneladas/ano, seguido pela Malásia, com 17,5 milhões de toneladas/ano e a Tailândia, com 1,3 milhões de toneladas/ano. O Governo Federal tem apostado no setor e lançou, no mês de junho de 2010, um programa de incentivo à cultura da palma.

O potencial do Brasil para a cultura da palma é enorme. Há terra, condições climáticas, mão de obra e demanda no mercado. A perspectiva de mercado é tão promissora que grandes empresas como a Petrobras e a Vale estão entrando no segmento e investindo na produção do óleo de palma. A expectativa do programa brasileiro é cultivar uma área de um milhão de hectares e alcançar uma produção de óleo de palma de 6 toneladas/hectare/ano o que levaria o Brasil ao terceiro lugar na produção mundial.

Para o aumento dessa produção, a melhor opção para a expansão do cultivo da palma é o Híbrido Interespecífico, fruto de programas de melhoramento, tem como características a alta produtividade e a resistência a pragas herdadas dos parentais. No entanto, problemas básicos, como a ausência de polinização natural levam as empresas, que estão investindo em seu plantio, a terem elevados gastos com a polinização assistida.

Estudos sobre polinização por insetos tem enorme importância em todo o mundo (Gallai et al., 2008; Klein et al., 2007) como fator de produção de alimentos, fibras, madeira e bioenergia, no entanto, continuam ainda escassos no Brasil, o que justifica o presente esforço. As características atuais e os altos rendimentos apresentados pela dendeicultura são conseqüências de mais de meio século de pesquisas. A importância de se continuar progredindo é indiscutível e pode ser medido pelo esforço e atenção dispensados pelos principais centros de produção e desenvolvimento da cultura, como Malásia e Indonésia.

Assim, é preciso aprofundar o conhecimento sobre os insetos polinizadores, a polinização em si e presença e papel dos voláteis das inflorescências do híbrido

interespecífico sobre os polinizadores. Lembrando que para solucionar o problema, as empresas detentoras de vastas áreas plantadas com o híbrido interespecífico, recolhem, sistemática e diariamente, consideráveis quantidades de pólen de plantas do dendê Tenera e os lança sobre inflorescências dos híbridos, utilizando para isto pessoas que sopram o pólen, devidamente acondicionado, do alto de escadas armadas ao lado das plantas. Trata-se de um processo moroso, dispendioso e que precisa ser substituído (Fig. 2).

A polinização não deve ser estudada nos trópicos com foco apenas em insetos como agentes (Faria et al., 2006), e não apenas também do ponto de vista do desenvolvimento científico, mas como conhecimento prático e tecnológico para a solução de problemas específicos relevantes para o agronegócio brasileiro, como é o presente caso.



Figura 2: Polinização assistida. A e B- Preparo das inflorescências masculinas de tenera para coleta de pólen; C- Funcionário com equipamento para realização da polinização; D- Deposição do pólen sobre inflorescência feminina.

4 Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2006: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 504 p., 2006.

ALVES, J.E. Eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.). Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 140f, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Dados Estatísticos, página <http://www.anp.gov.br>, visitado em 27/08/2011.

BARCELOS, E. Características genético-ecológicas de populações naturais de caiué (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés na Amazônia brasileira. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisa do Amazonas (INPA). Manaus, AM, 1986.

BAILEY, L.H. Certain palms of Panamá. Gents. Herb, v. 3, 33-116, 1933.

BAILEY, L.H. The generic name Corozo. Gents. Herb, v. 4, 373-374, 1940.

CAMILLO, E. Polinização do maracujazeiro. Anais do II Simpósio sobre a cultura do Maracujazeiro. Jaboticabal, SP, 32-39, 1978

CONCEIÇÃO, H.E.O. & MULLER, A.A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: I.J.M. Viegas & A.A. Muller (Ed.). A Cultura do Dendezeiro na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 31-44, 2000.

CORLEY, R.H.V.; HARDON, J.J. & WOOD, B.J. Oil palm research. Amsterdam, Elsevier, 523p, 1976.

DOBSON, H., BERGSTROM, G. The ecology and evolution of pollen odors. Plant and Systematics and Evolution, 222. 63-87, 2000.

DUDAREVA, N.; PIECHULLA, B. & PICHERSKY, E. Biogenesis of floral scent. *Horticultural Reviews*, 24, 31-54, 2000.

EMBRAPA. Dendê: uma nova opção agrícola. Manaus: Embrapa/CNPSD, 22p. (Documento 1), 1983.

FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B. M. & PEREIRA, J. O. P. (Ed.). *Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 19-25, 2004.

FARIA, D.; LAPS, R. R.; BAUMGARTEM, J. & CETRA, M. Bat and bird assemblages from forests and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, London, v. 15, n. 2, 587-612, 2006.

FISCHER, G. & SCHRATTERNHOLZER, L. Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass & Bioenergy*, Pergamon, v.20, n.3, 151-159, 2001.

FREITAS, B.M. The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). University of Wales, Cardiff - Reino Unido. 197 pp. (Tese de PhD), 1995.

GALLAI, N.; SALLES, J-M; SETTELE, J. & VAISSIERE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, v. 68, 810-821, 2009.

KALTNER, F.J. & JUNIOR, J.F. Processamento industrial de cachos de dendê para produção de óleos de palma e palmiste. In: M.J. Viegas & Muller, A.A. (eds). *A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira*. Belém, Embrapa, 374p, 357-374, 2000.

KENMORE, P. & KRELL, R. Global perspectives on pollination in agriculture and agroecosystem management. In: *International Workshop on Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture, with Emphasis on Bees*. São Paulo, Brasil. Outubro, 1998.

KEVAN, P. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Pollinating bees: the conservation link between Agriculture and Nature. Brasília, DF: Ministry of Environment, 313p., 2002

KERR, W.E.; CARVALHO, G.A.; SILVA, A.C. & ASSIS, M.G.P. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. Parcerias Estratégicas, nº 12. 20-41, 2001.

KITAMURA, P.C. Dendê: oferta e demanda no mercado internacional. Belém: EMBRAPA/CPATU. 24p. (Documentos, 51), 1990.

KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. & TSCHAMTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v.274, 303-313, 2007.

KNUDSEN, J.T.; TOLLSTEN, L. & BERGSTROM, G. Floral scents—a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. Phytochemistry, 33, 253-280, 1993.

HARTLEY, C.W.S. The oil palm. 2nd. ed. London, Longman, 806p., 1977.

HUSSEIN, M.Y.; LAJIS, N.H.; KINSON, A. & TEO, C.B. Laboratory and field evaluation on the attractancy of *Elaeidobius kamerunicus* Faust to 4-allylanisole. Porim Bulletin, v. 18, 20-26, 1989.

IEA. International Energy Agency. *Key Energy Statistics*. Paris: OECD, 2008.

MACFARLANE, N.; SWETMAN, T. & CORNELIUS, J.A. Analysis of mesocarpo and kernel oils from the American oil palm and f1 hybrids with the west African oil palm. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 26, 293-1298, 1975.

MARTINS C.G.M.; LORENZON M.C.A. & BAPTISTA J.L. Eficiência de tipos de polinização em acerola. Caatinga, 55-59, 1999.

MOURA, J.I.L.; BENTO, J.M.S.; SOUZA, J. & VILELA, E.F. Captura de *Rhynchophorus palmarum* pelo uso de feromônio de agregação associado à árvore-armadilha mais inseticida. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v. 26, 69-73, 1997.

MEUNIER, J. Lê palmier à huile américain *Elaeis melanococca*. Oléagineux, v. 30, 51-61, 1975.

NABHAN, G.P. & BUCHMANN, S.L. Services provided by pollinators. In: G.C. Daily (ed.). Nature's service: Societal dependence on natural ecosystems. Washington, D.C., Island, 133-50, 1997.

OPUTE, F.I. & OBASOLA, C.O. Breeding for short-stemmed oil palm in Nigeria: fatty acids, their significance and characteristics. Annual Botanical, v. 43, 677-681, 1979.

OOI, S.C.; SILVA, E.B.; MULLER, A.A. & NASCIMENTO, J.C. Oil palm genetic resources-native *E. oleifera* e *E. oleifera* populations in Brazil offer promising sources. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.16, 385-95, 1981.

PHAM-DELE`GUE, M.H.; ETIEVANT, P.; GUICHARD, E.; MARILLEAU, R.; DOUAULT, P. & CHAUFFAILLE, J. Chemicals involved in honeybee–sunflower relationship. Journal of Chemical Ecology, v. 16, 3053–65, 1990.

PROCTOR, M.Y. & LACK P.A. The Natural History of pollination. Harper Collins Publishers. London, 1996.

RAMOS, L.P.; KUCEK, K.T.; DOMINGOS, A.K. & WILHELM, H.M. Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, v. 26, 28-37, 2003.

RODRIGUES FILHO, J.A.; CAMARÃO, A.P. & GUIMARÃES, C.M.C. Consumo involutário e digestibilidade “in vitro” de misturas constituídas parcialmente de subprodutos disponíveis no Estado do Pará. Belém: Embrapa/CPATU, 5p. (Comunicado Técnico, 76), 1994.

SCHOONHOVEN, L.M.; LOON, J.A. VAN & DICKE, M. Insects and flower: mutualism par excellence. In: Insect-Plant Biology, 2nd ed, 306-331, 2005.

SOUSA, R.M. Polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) por abelhas melíferas (*Apis mellifera*): Requerimentos da cultura e manejo das colônias. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

SURRE, C. & ZILLER, R. La palma de aceite. Barcelona. Ed. Blume. 243p, 1969.

SYED, R.A. Studies on pollination by insects. Bulletin of Entomological Research, v. 69, 213-224, 1979.

UBRABIO. Palmas para o dendê. Agroenergia em Revista, ano II, v. 2, 34-35, 2011

VOGEL, S. The role of scent glands in pollination – On the structure and function of osmophores, Amerind Publishing Co. Pvt. Ltda. New Delhi, 1990.

VAINSTEIN, A.; LEWINSOHN, E.; PICHERSKY, E. & WEISS, D. Floral fragrance. New inroads into an old commodity. Plant Physiology, v. 127, 1383-1389, 2001.

ZEVEN, A.C. The partial and complete domestication of the oil palm (*Elaeis guineensis*). Economic Botanical, v. 26, 274-279, 1972.

5 Objetivos

Este estudo tem como objetivo principal verificar a quantidade e o ritmo de emissão do estragole por inflorescências masculinas e femininas do dendezeiro africano (tenera), do dendezeiro americano (caiaué) e do híbrido interespecífico (HIE).

Os objetivos específicos são:

- I- Realizar um levantamento sobre quais espécie de polinizadores são atraídos por inflorescências masculinas e femininas de tenera, caiaué e HIE.
- II- Qual a taxa de fecundação dos frutos de tenera e HIE em plantios no Pará.
- III- Verificar o teor de estragole liberado de inflorescências masculinas e femininas de tenera, caiaué e HIE
- IV- Verificar se existe correspondência entre emissão de voláteis por plantas de tenera, caiaué e HIE e a atividade de forrageamento dos polinizadores.

Resumo

GOMES, Sandra Mara da Silva, Dsc.; Universidade Federal de Viçosa, Outubro, 2011; **Levantamento da entomofauna de polinizadores de tenera, caiaué e híbrido interespecífico (HIE)**. Orientador: Evaldo Vilela; Orientadores: Eraldo Lima e José Cola Zanuncio.

O levantamento dos polinizadores de inflorescências de tenera e HIE foi realizado em plantios comerciais no Pará e em plantas nativas de caiaué em Manicoré, Amazonas. Três espécies de curculionídeo do gênero *Elaeidobius*: *E. kamerunicus*, *E. subvittatus*, *Elaeidobius* sp. polinizam em plantas no Pará. Inflorescências masculinas e femininas de tenera atraem um maior número de *E. kamerunicus*. No estado do Amazonas três espécies de curculionídeos e um de nitidulídeos, foram encontradas. *Celetes* (Curculionidae) foi mais atraído por inflorescências femininas e *Mystrops* (Nitidulidae) por inflorescências masculinas. Plantas de HIE polinizadas naturalmente apresentam taxa de fecundação baixa comparadas a plantas de tenera, polinizadas naturalmente. Mostra também a fragilidade do processo de polinização assistida. Plantas de HIE com polinização assistida produzem menor porcentagem de frutos com semente que aquelas de tenera.

CAPÍTULO I

Levantamento da entomofauna de polinizadores de tenera, caiaué e híbrido interespecífico (HIE)

1 Introdução

O dendezeiro era polinizado exclusivamente pelo vento Hartly (1977). Essa afirmação foi repetida por alguns anos, principalmente, pelas características das inflorescências dessa planta como produção abundante de pólen, perianto reduzido, flores elevadas, ausências de atrativos visuais, estigmas largos e grãos de pólen com superfície seca e lisa (Hardon & Corley, 1976).

Coleópteros tem papel fundamental na polinização do dendê como relatado para *Elaeis guineensis* Jacq, na África do Sul, onde sua é nativa, e sua polinização pelo vento não era efetiva e uma grande quantidade de insetos visitava flores masculinas e femininas (Syed, 1979). Grande parte desses insetos era de *Elaeidobius* spp (Coleoptera: Curculionidae, Derelomini).

Polinizadores mais importantes do dendê são da família Curculionidae, subfamília Derelominae, tribo Derelomini e dos gêneros *Phyllotrox*, *Derelominus*, *Derelomus*, *Meredolus*, *Notolomus*, *Nodoncnemus*, *Derelomorplus*, *Prosoestus*, e *Elaeidobius* (Henderson, 1986). O gênero *Elaeidobius* inclui estão às espécies *E. kamerunicus*, *E. subvittatus*, *E. singularis* e *E. plagiatus* que visitam, exclusivamente, flores do gênero *Elaeis*, e se desenvolve em inflorescências (Mariau et al., 1991). Adultos desses insetos não se alimentam de pólen, mas suas larvas se alimentam das partes da espiguetas em decomposição (Syed, 1979).

Entre os nitidulídeos, os mais importantes polinizadores do dendezeiro estão o *Microporum congolense* e *Mystrops costaricensis*. *M. congolense* tem ocorrência na África, e *M. costaricensis* na América do Sul e Central (Mariau & Genty, 1988). Larvas e adultos de *M. costaricensis* vivem e se alimentam do pólen das flores masculinas do dendezeiro, com ciclo biológico de, aproximadamente, 15 dias e, a exemplo do *Elaeidobius* spp com desenvolvimento biológico nas espiguetas masculinas do dendezeiro, e *M. costaricensis* com pupação no solo (Genty et al., 1986). Isto coloca essa espécie em desvantagem em relação a

E. kamerunicus, pois no solo, suas pupas ficam sujeitas à predadores, principalmente, formigas (Genty et al., 1986). Na Ásia, *Trips hawaiiensis* é, parcialmente, efetiva por carregar poucos grãos de pólen.

Em Camarões, cerca de doze espécies de insetos visitam as inflorescências femininas do dendezeiro depois de visitarem a inflorescência masculina em estágio de antese e estima-se que 20 mil indivíduos visitam cada inflorescência feminina durante o período de receptividade e que 70% do pólen transportado é viável (Syed, 1979). Entre os polinizadores mais abundantes estão o *E. kamerunicus*, *E. subvittatus*, *E. plagiatus* e *Atheta* sp. Em Madagascar, existe um único polinizador, o *Microsporum* sp. (Coleoptera: Nitidulidae).

No Brasil, especialmente, na região amazônica a atividade polinizadora de *E. subvittatus* no período chuvoso diminui drasticamente (Mariau & Genty, 1988). Isto poderia estar relacionado ao surgimento de um fungo nas inflorescências masculinas, após o estágio de antese, o que impediria o desenvolvimento de suas das larvas e reduzindo a população nesse período e a taxa de fecundação pode ser reduzida a 30%, em média. A atividade polinizadora de *E. subvittatus* é maior na estação seca, quando a taxa de fecundação pode chegar a 80%.

A taxa de fecundação dos dendezeiros da América do Sul fica abaixo de 50%, e por isto, foram introduzidas, em 1986, outras espécies de *Elaeidobius* na Colômbia: *E. kamerunicus*, *E. singularis* e uma mistura das quatro espécies de *Elaeidobius*, em plantios da região Amazônica na tentativa de elevar essa taxa (Mariau & Genty, 1988). A Colômbia faz criação massal de curculionídeos polinizadores para liberação programada nas plantações de dendezeiros, que coloca este país à frente do Brasil pela maior produtividade e melhor qualidade produção de óleos (Aldana et al., 2005).

O único inseto polinizador na costa pacífica do Equador é o *M. costaricensis pacificus*, mas na Amazônia equatoriana não existe nenhuma espécie de *M. c. pacificus* e, espécies de *Elaeidobius* não foram introduzidas nessa região (Mariau & Genty, 1988). Na costa do Pacífico a taxa de fecundação é de 67%, semelhante a do Brasil e Colômbia, isto se deve a maior atividade polinizadora (sete a oito horas) da subespécie *pacificus* que da *orientalis* (duas horas) (Mariau & Genty, 1988). Seu comportamento na estação chuvosa é, também, mais favorável à atividade polinizadora.

Insetos como *Cyclocephala* spp (Scarabaeidae), *Cryptorae* spp (Nitidulidae) e *Trigona* spp (Apidae) são frequentemente vistos sobre inflorescências de caiaué América do Sul e Central (Hardon, 1969). Estes insetos transferem pólen para as flores femininas na região

apical das inflorescências, pois região da base das inflorescências é inacessível aos grãos de pólen trazidos pelo vento em virtude da proteção das brácteas (Hardon, 1969).

No Brasil, especificamente, na região Amazônica, *Mystrops* sp. (Coleoptera: Nitidulidae) e o *Celestes* sp. (Curculionidae) desempenham papel importante na polinização do caiaué, originária da América Latina, com populações naturais em Colômbia, Costa Rica, Equador, Guiana Francesa, Honduras, Nicarágua, Panamá, Suriname, Venezuela e em regiões do Norte do Brasil. Locais onde o caiaué foi introduzido para melhoramento genético, as taxas de fecundação são extremamente baixas e sem insetos polinizadores, mesmo próxima a grandes plantios de dendezeiros com elevado número de *E. subvittatus* e *M. costaricensis* (Lucchini, 1986).

A polinização entomófila do híbrido interespecífico na Amazônia Central é, realizada pelo curculionídeo *Grasidius* sp. que transporta maior quantidade de grãos de pólen do que espécimes de *E. kamerunicus* e *E. subvittatus* (Maia, 2002).

Poucos indivíduos de *E. kamerunicus* e *E. subvittatus* chegam às inflorescências femininas do *E. oleifera*, mas HIE é mais atrativo a *E. kamerunicus* que *E. oleifera*, contudo, a visitação de espécimes de *E. kamerunicus*, *E. subvittatus* e *M. costaricensis* são pouco menos freqüentes no HIE, que no híbrido intraespecífico (*E. guineensis* x *E. guineensis*) (Chichilla et al., 1990).

E. kamerunicus foi introduzido na península da Malásia com o propósito de aumentar a taxa de fecundação de dendezeiros. Além dessa espécie, *Thrips hawaiiensis* e *Pyroderces* sp. também são polinizadores nativos de dendezeiro na Malásia. Essas três espécies de polinizadores disputam o mesmo nicho, mas apresentam comportamento e biologia diferentes (Wahid & Kamarudin, 1977). *T. hawaiiensis* empupa no solo e tem melhor atividade polinizadora no período chuvoso. Isto melhora seu desempenho na polinização, pois *E. kamerunicus* não voa sob chuva. *Pyroderces* sp. tem atividade polinizadora entre duas e três horas após o por do sol. Quando espécimes de *E. kamerunicus* diminuem o vôo sobre inflorescências do dendezeiro. *Pyroderces* sp. tem permanência curta sobre inflorescências do dendezeiro, com 31% na taxa de fecundação (Wahid & Kamarudin, 1977).

Insetos específicos como *E. subvittatus* e *E. kamerunicus* atuam na polinização do dendezeiro, mas outros fatores podem afetar o êxito da polinização, como intensidade do vento, quantidade de pólen (número de flores masculina/ha), número de flores femininas em antese por hectare, interação entre flores masculinas e femininas em antese, duração da antese, temperatura ambiental, precipitação e eventual utilização de inseticidas (Genty et al., 1986).

Insetos que visitam o dendê são divididos em duas classes: polinizadores diretos que visitam as flores masculinas e femininas, para se alimentar de pólen, sendo atraídos pelos odores e tem parte de seu ciclo de desenvolvimento nas flores. A outra classe é de polinizadores indiretos que visitam somente as flores masculinas, sendo sua maioria himenóptera Apidae (*Apis*, *Trigona*, *Melipona*) que recolhem pólen para a alimentação de seus estágios larvais (Genty et al., 1986).

Apesar de não visitem com freqüência flores femininas de *Elaeis*, abelhas transportam e espalham grande quantidade de pólen durante o vôo promovendo polinização indireta. Coleópteros Smicripidae, Corylophidae, Staphylinidae e Scarabaeidae são também importantes polinizadores indiretos (Genty et al., 1986).

O objetivo deste capítulo (i) realizar um levantamento das espécies de polinizadores atraídas pelas inflorescências masculinas e femininas de tenera, caiaué e HIE; (ii) saber qual é a taxa de fecundação dos frutos de tenera e HIE em plantios comerciais no Pará.

2.2 Delineamento Experimental

No Pará, a área dos plantios é dividida em blocos, sendo três escolhidos. Um com uma área de sete hectares de HIE e 952 plantas, ao lado de uma área de tenera, mas separada por uma rua de 24 metros de largura; o outro bloco é formado por uma área de tenera com cinco hectares. O número exato de plantas, deste bloco não foi determinado devido ao fato de ter sido atacado por uma doença fatal chamada de AF (Amarelecimento Fatal) e ter matado várias plantas. O terceiro bloco é formado por uma área de HIE, com aproximadamente, sete hectares e 950 plantas, escolhida por não apresentar nenhuma área de tenera próxima (Fig. 4).

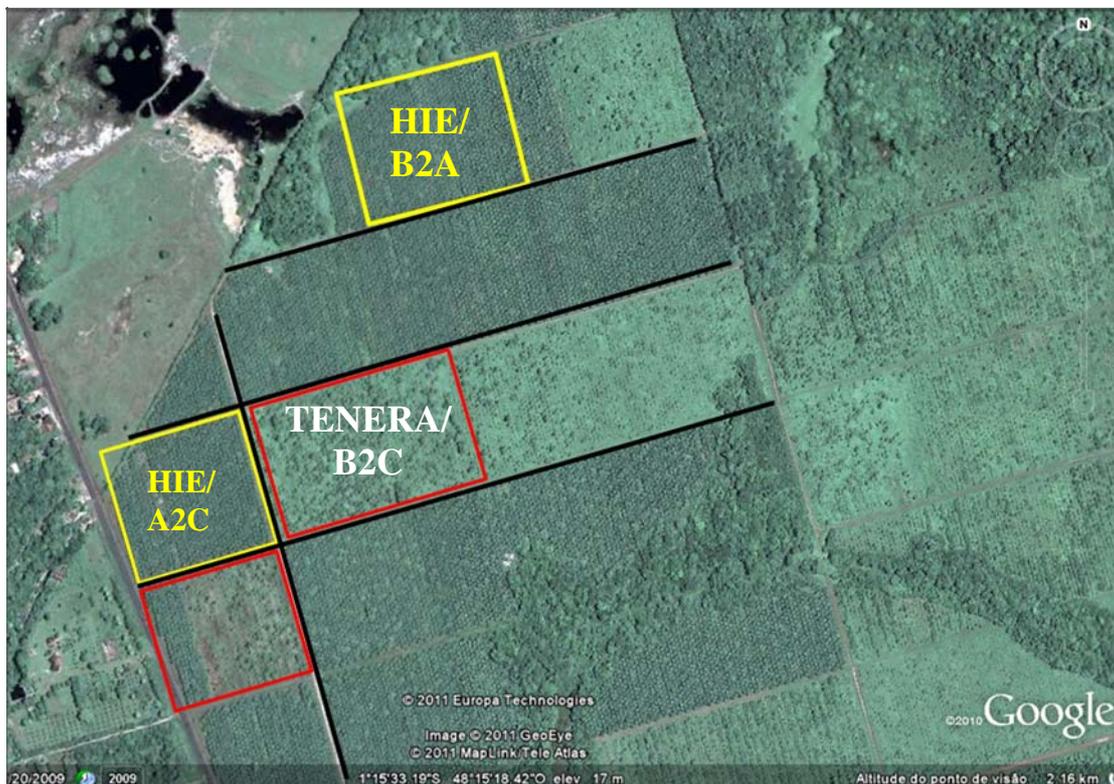


Figura 4: Plantios de dendê no Pará. Os quadrados em amarelo representam a área de HIE, A2C e B2A, em vermelho tenera B2C.

2.3 Os Polinizadores

Quarenta inflorescências masculinas e quarenta femininas em estágio de pré-antese foram selecionadas, identificadas com fitas coloridas e acompanhadas até os primeiros sinais de antese. Uma vez iniciada a antese, cartelas adesivas amarelas com 33cm², foram colocadas no ápice, na base e no meio das inflorescências até o final da antese (Fig. 5).



Figura 5: A - Inflorescência feminina iniciando antese; B - Inflorescência feminina em antese com cartelas de fita amarela para a captura de polinizadores; C - Inflorescência masculina em antese e com as cartelas amarelas para a captura de polinizadores. D - Inflorescência masculina em antese.

O material adesivo Biotrap (BIOCONTROLE) é utilizado para capturar insetos. Esse material adesivo, de cor amarela, é comumente utilizado em armadilhas para capturas de pragas. No entanto, essa cor, não atrai insetos (Moura et al., 2008). As fitas foram retiradas das inflorescências e levadas para o laboratório para contagem e identificação do material coletado, o que foi retirado das fitas com removedor a base de querosene.

Em Manicoré, apenas, vinte inflorescências masculinas e vinte femininas foram analisadas em razão do curto período de permanência na área 20 dias (dezembro de 2010). O plantio de caiaué é nativo e até a empresa iniciar os trabalhos de produção de semente, em associação com a EMBRAPA, essas plantas encontravam-se em meio à floresta. Devido a problemas com o material adesivo, as inflorescências eram cortadas, no segundo dia de antese para as femininas e terceiro dia para a masculina, e sacudidas em sacos plásticos para retirada dos insetos. Uma vez separados das inflorescências esses insetos eram conservados em álcool a 70% para contagem e identificação.

Os insetos coletados foram separados, etiquetados e enviados para o prof. Germano Rosado Neto, da Universidade Federal do Paraná para identificação. Devido a dúvidas geradas na identificação, o material foi enviado para um especialista em Porto Rico, o Prof. Dr. Nico Franz. Alguns exemplares foram depositados no Museu de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa Minas Gerais.

*OBS.: Algumas espécies estão ainda em processo de identificação, principalmente as do Amazonas. Um código de letras foi utilizado: A - *Elaeidobius kamerunicus*; B - *Elaeidobius subvittatus*, C - *Elaeidobius* sp.; D - *Celetes* sp.; (Curculionidae); E - Curculionidae sp. 1; F - Curculionidae sp. 2; G - Nitidulidae, *Mystrops* sp..

2.4 Taxa de Fecundação

Vinte cachos de dendezeiro tenera, vinte de HIE com polinização assistida e treze cachos de HIE com polinização natural, foram analisados para saber a porcentagem de frutos com semente. Depois de coletados, os cachos foram levados para o laboratório pesados e as espiguetas separadas. Um grande número de frutos se soltava durante o processo de separação das espiguetas do cacho e então os frutos foram separados das espiguetas. Para analisar a proporção de frutos com semente, montantes semelhantes visualmente, de frutos de tenera e HIE com polinização assistida e HIE com polinização natural foram separados. Somente frutos com valor na extração de óleo, ou seja, com poupa foram analisados.

2.5 Análise dos Dados

As análises foram realizadas com o Programa R (R Development Core Team, 2011), usando Modelagem Linear Generalizada (GLM), seguido por análise de resíduos para verificar a aceitabilidade do modelo utilizado. A simplificação dos modelos procedeu através da retirada das variáveis não significativas, sendo retidas aquelas de menor deviance.

A quantidade de insetos atraídos pelas inflorescências foi realizada por análise de variância (ANOVA) com distribuição de erros Binomial, corrigido a sobredispersão seguida por análise de contraste. Esta análise agrega as variáveis explicativas (x) que não diferem das outras. A variável (y) foi abundância de polinizadores. A mesma análise tendo como variável (y) o número de frutos com e sem sementes foi realizada para conhecer a taxa de fecundação.

3 Resultados

3.1 Levantamento dos Polinizadores

Os principais polinizadores de HIE e tenera no Pará foi *Elaeidobius kamerunicus* (A), *Elaeidobius subvittatus* (B), *Elaeidobius* sp. (C) (Fig. 9).

A abundância dos polinizadores da espécie A foi diferente entre plantios de HIE e tenera ($F_{2,1187}=235.06$; $p<0.001$) (Fig. 6). A presença dessa espécie em tenera foi expressiva, mas rara em HIE (B2A). A abundância desses polinizadores foi semelhante entre as inflorescências femininas e masculinas de HIE e tenera ($F_{1,1186}= 2.1579$; $p=0.1421$).

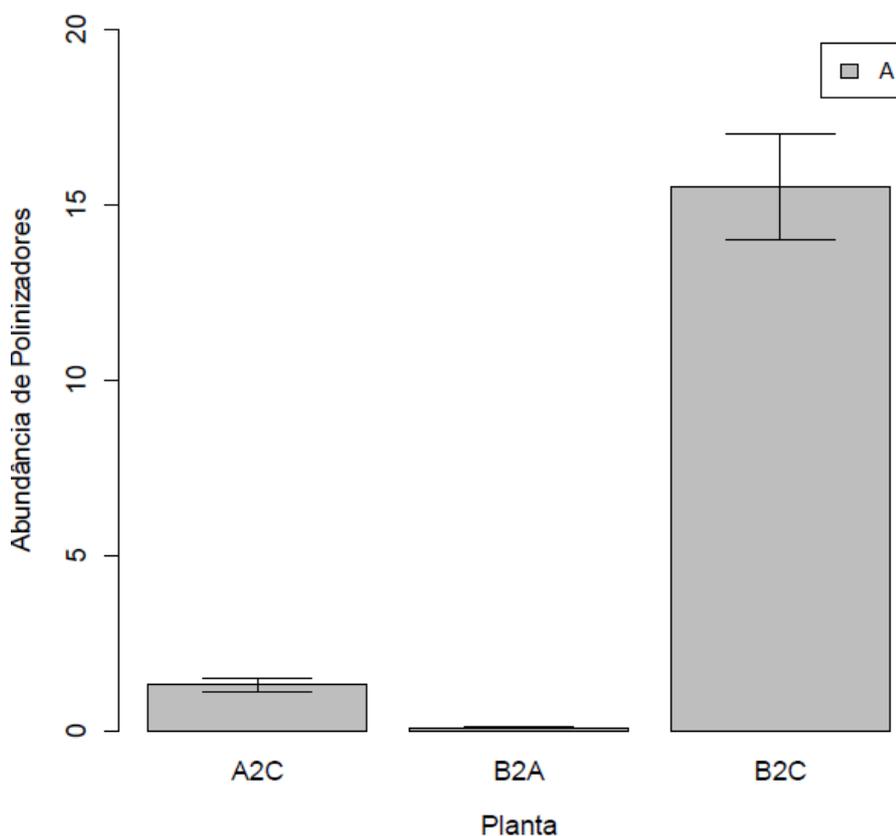


Figura 6: Abundância dos curculionídeos polinizadores da espécie *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) (A), coletados inflorescências em femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no Pará. A abundância de *E. kamerunicus* foi muito maior na área que apresentava plantio de tenera ($F_{2,1187}=235.06$; $p<0.001$).

Os polinizadores *Elaeidobius subvittatus* (B) e *Elaeidobius* sp. (C), foram mais abundantes em plantio de tenera que nos de HIE ($F_{1,1188}=140.976$; $p<0.001$ (Fig. 7) e $F_{1,1188}=18.2019$; $p<0.001$ (Fig. 8), respectivamente).

A abundância das espécies A e B, diferiu entre as áreas de HIE e tenera ($F_{1,1187}=43.654$; $p<0.001$ (Fig. 7)) mas, inflorescências masculinas atraíram um maior número de indivíduos dessa espécie em ambas as áreas ($F_{1,1187}=5.2488$; $p=0.02214$ (Fig. 8)).

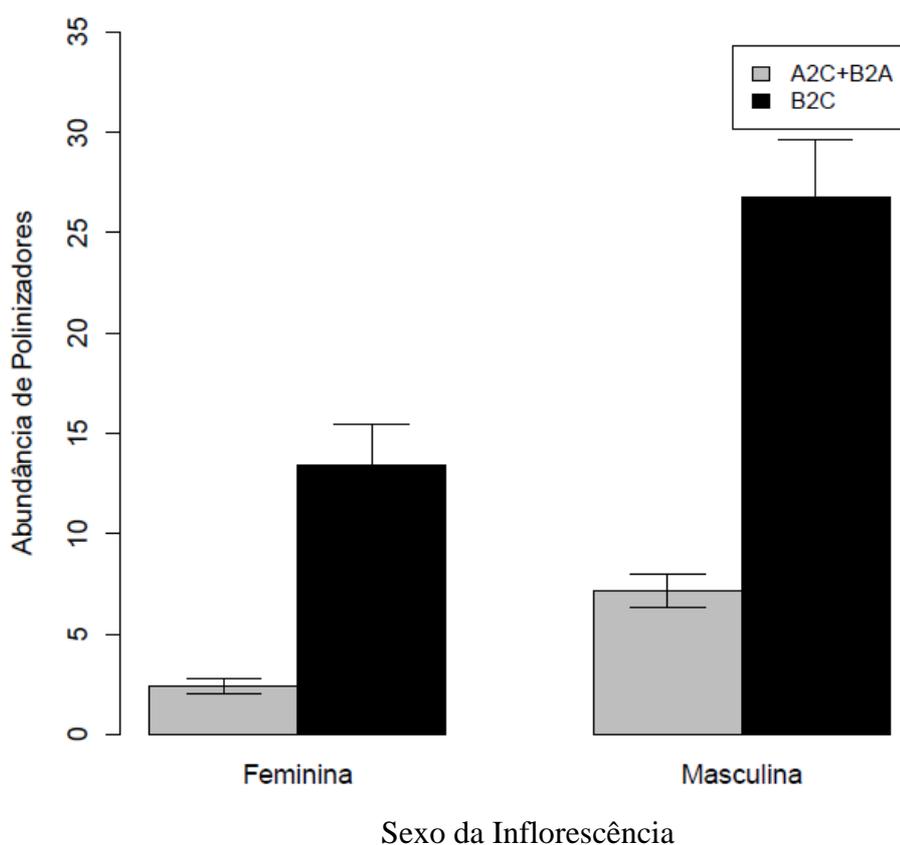


Figura7: Abundância dos polinizadores *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (B), coletados em inflorescências femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no município no Pará. A espécie *E. subvittatus* foi mais abundante em áreas de plantio de tenera ($F_{1,1188}=140.976$; $p<0.001$) e inflorescências masculinas atraem um número maior desses curculionídeos que as inflorescências femininas ($F_{1,1187}=43.654$; $p<0.001$).

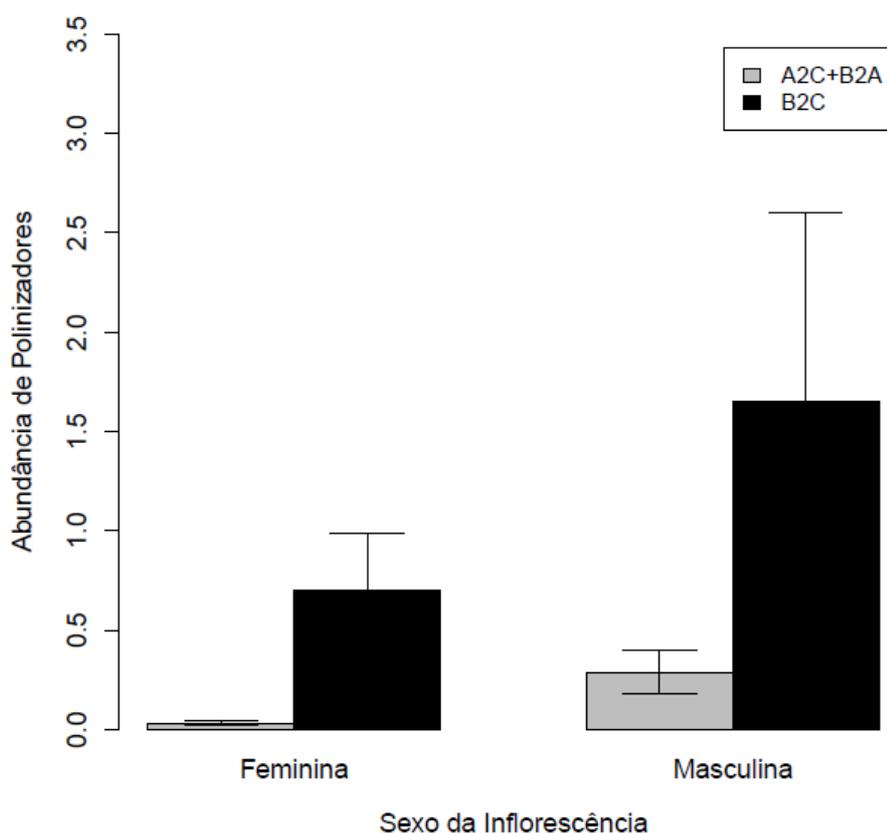


Figura 8: Abundância dos polinizadores *Elaeidobius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) (C), coletados em inflorescências femininas e masculinas de HIE (A2C, B2A) e tenera (B2C) em plantios comerciais no município no Pará. *Elaeidobius* sp., foi mais abundante em áreas de tenera ($F_{1,1188} = 18.2019$; $p < 0.001$). Inflorescências masculinas de tenera atraíram uma quantidade maior de polinizadores dessa espécie ($F_{1,1187} = 5.2488$; $p = 0.02214$).

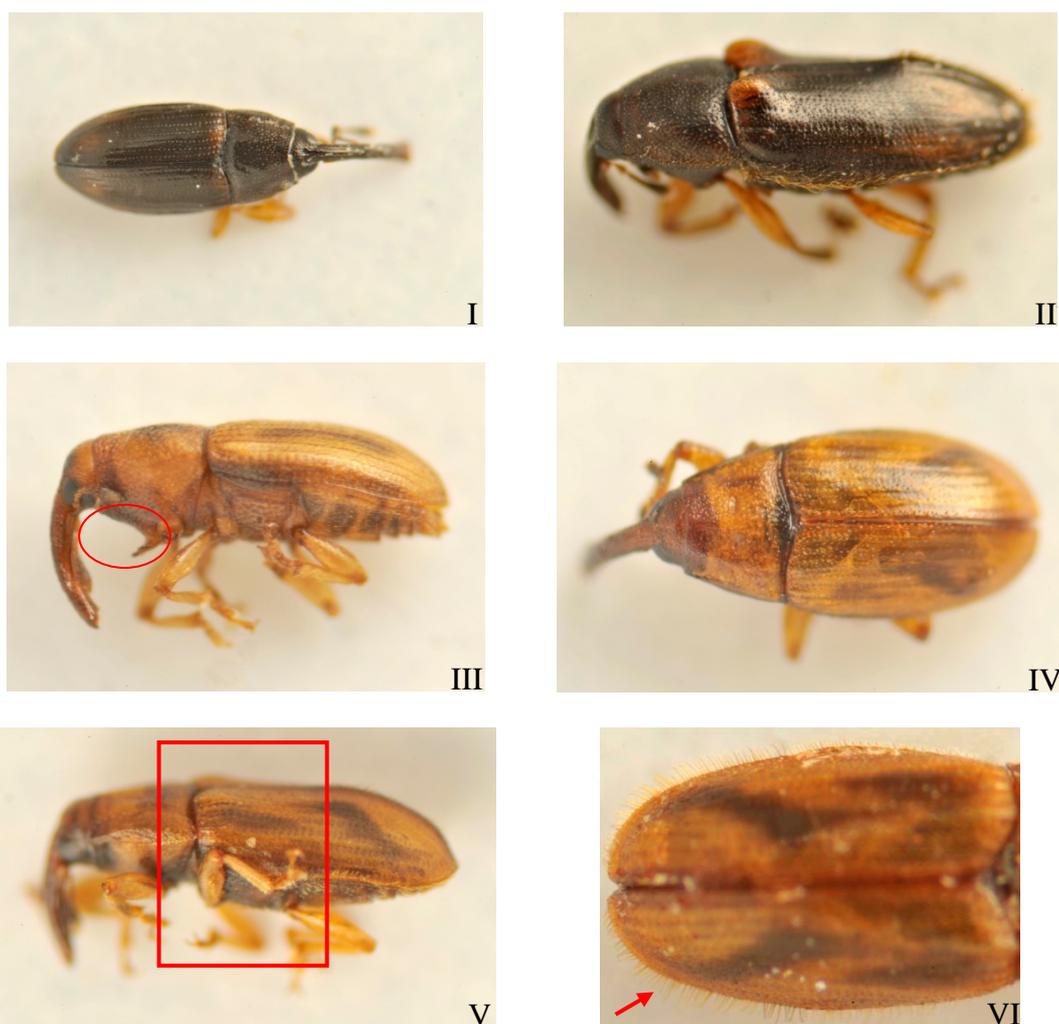


Figura 9: Insetos polinizadores de tenera e HIE coletados em plantios comerciais na região do Pará. I - Vista dorsal do *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) (fêmea) (A) e II - *E. kamerunicus* (macho) (A), III - Vista lateral *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (macho) (B) detalhe em vermelho do apêndice ventral usado na cópula como meio de prender a fêmea; IV - Vista dorsal do *E. subvittatus* (A). V - Vista lateral com um destaque para um detalhe nos élitros do *Elaeidobius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) (C), VI - Detalhe das cerdas margeando os élitros (C). (Fotos José Lino).

A área de caiaué apresentou três espécies de curculionídeos. Uma do gênero *Celetes* sp. (D), as outras duas espécies (E e F) ainda em processo de identificação e um nitidulídeo. Este é do gênero *Mystrops* sp. (G) (Fig. 11), em processo de identificação ao nível de espécie.

A abundância de polinizadores mostrou diferença entre as espécies ($F_{1,157}=12.9152$; $p<0.001$), mas semelhança entre os curculionídeo E e F. As espécies que visitam as inflorescências femininas e masculinas de caiaué variaram, o gênero *Celestes* sp. foi mais abundante em inflorescências femininas ($F_{1,156}= 6,5242$; $p=0.01$ Fig. 10).

Entre polinizadores e inflorescências de caiaué foi possível observar uma interação em pla ($F_{2,154}=45.0973$; $p<0.001$). A presença do curculionídeo *Celetes* sp. (subtribo Derelomina) em inflorescências femininas de caiaué foi expressiva, o nitidulídeo *Mystrops* sp. em inflorescências masculinas de caiaué (Fig. 10).

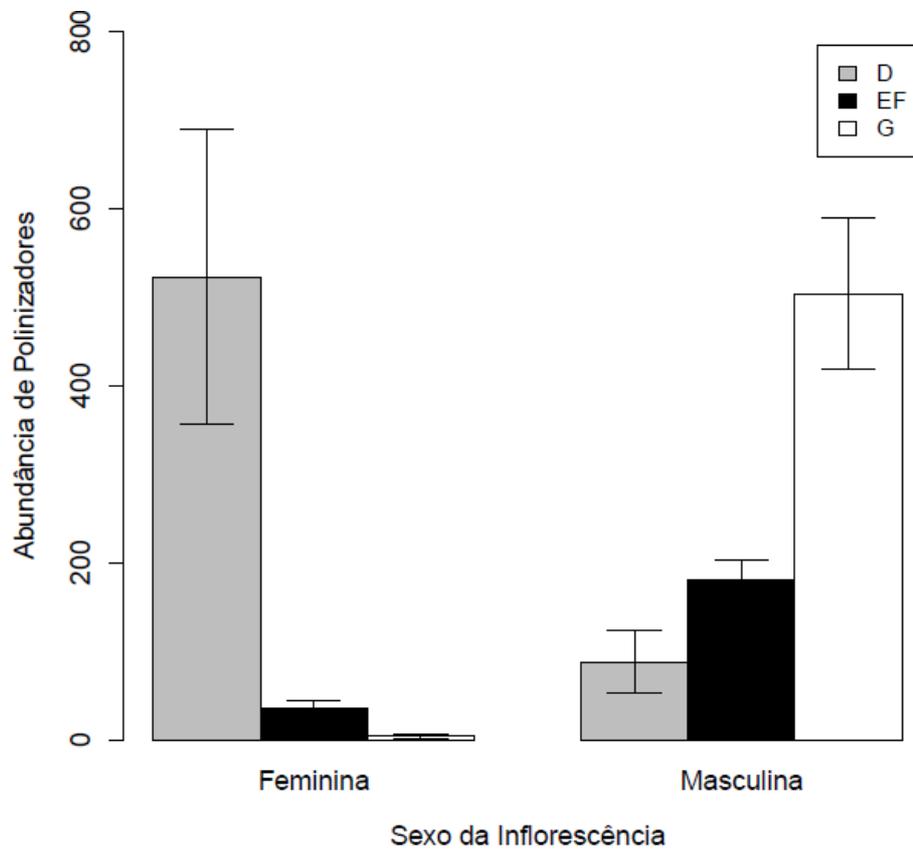


Figura 10: Abundância de coleópteros polinizadores (D) *Celetes* sp.; (E) Curculionidae sp. 1; (F) Curculionidae sp. 2; (G) *Mystrops* sp. coletados em inflorescências masculinas e femininas de caiaué. É possível observar uma diferença quanto à abundância entre as espécies ($F_{1, 157}=12.9152$; $p<0.0001$) e entre as inflorescências, masculinas e femininas ($F_{1,156}= 6,5242$; $p=0.01$) Manicoré - AM.

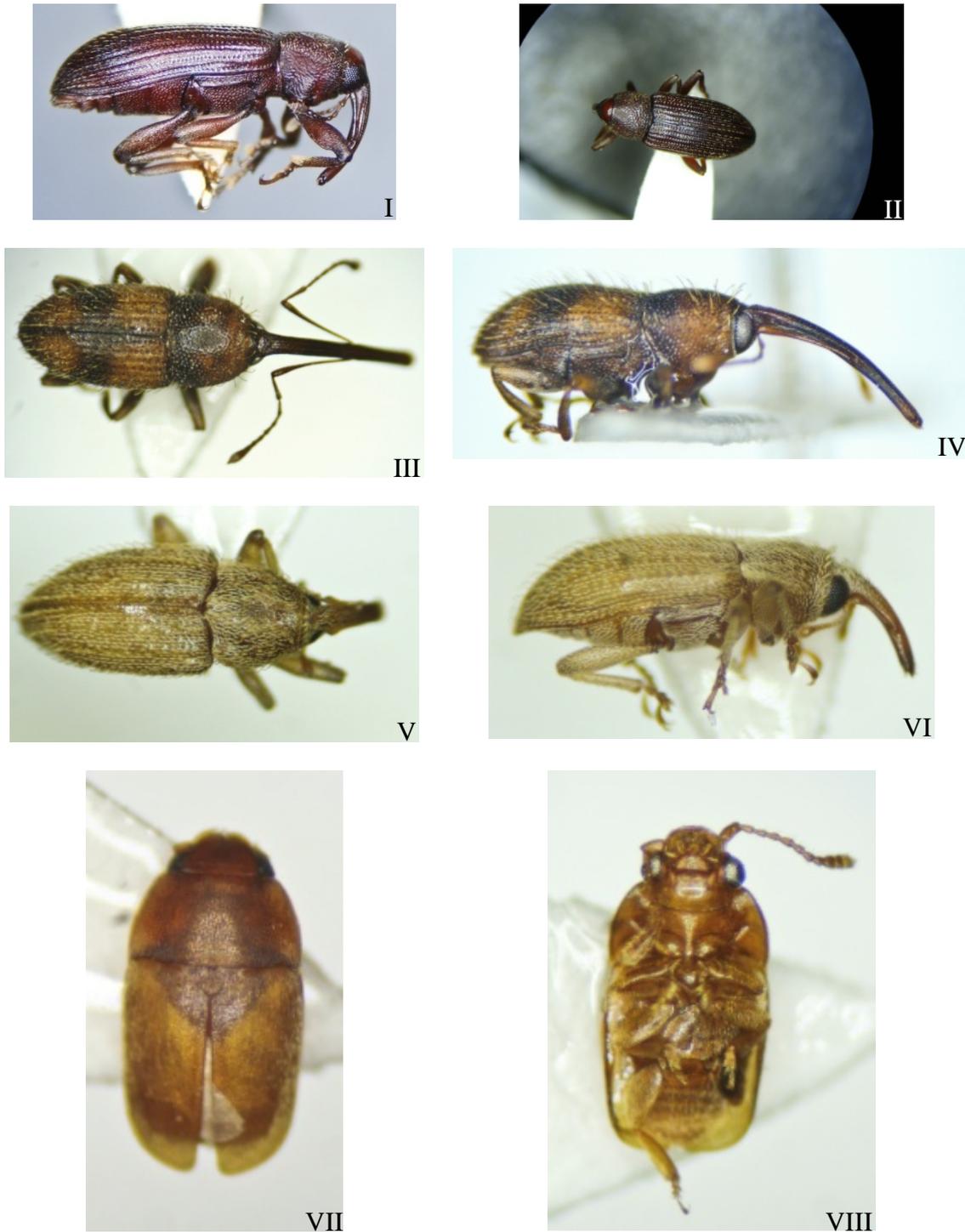


Figura 11: Insetos polinizadores encontrados sobre inflorescências de caiaué em plantios localizados em Manicoré- AM. I e II vista lateral e dorsal, respectivamente, do curculionídeo do gênero *Celetes* sp. (D); III e IV curculionídeo sp. 1 (E); V e VI curculionídeo sp. 2 (F); VII e VIII , vista dorsal e ventral do Nitidulídeo, gênero *Mystrops* sp. (G). (Fotos Yeisson Gutiérrez).

3.2 Taxa de Fecundação dos Frutos

Plantas de HIE com polinização natural (HIEN) apresentam uma baixa taxa de frutos com sementes quando comparada ao tenera e a plantas de HIE com polinização assistida (HIEA) ($\chi_{2,49}=2388.9$; $P<0.001$ (Fig. 12)).

A porcentagem de frutos sem semente encontrados em plantas de HIE com polinização natural (HIEN) foi maior que nas demais plantas ($\chi_{2,49}= 2388.9$; $p< 0.001$ (Fig. 13))

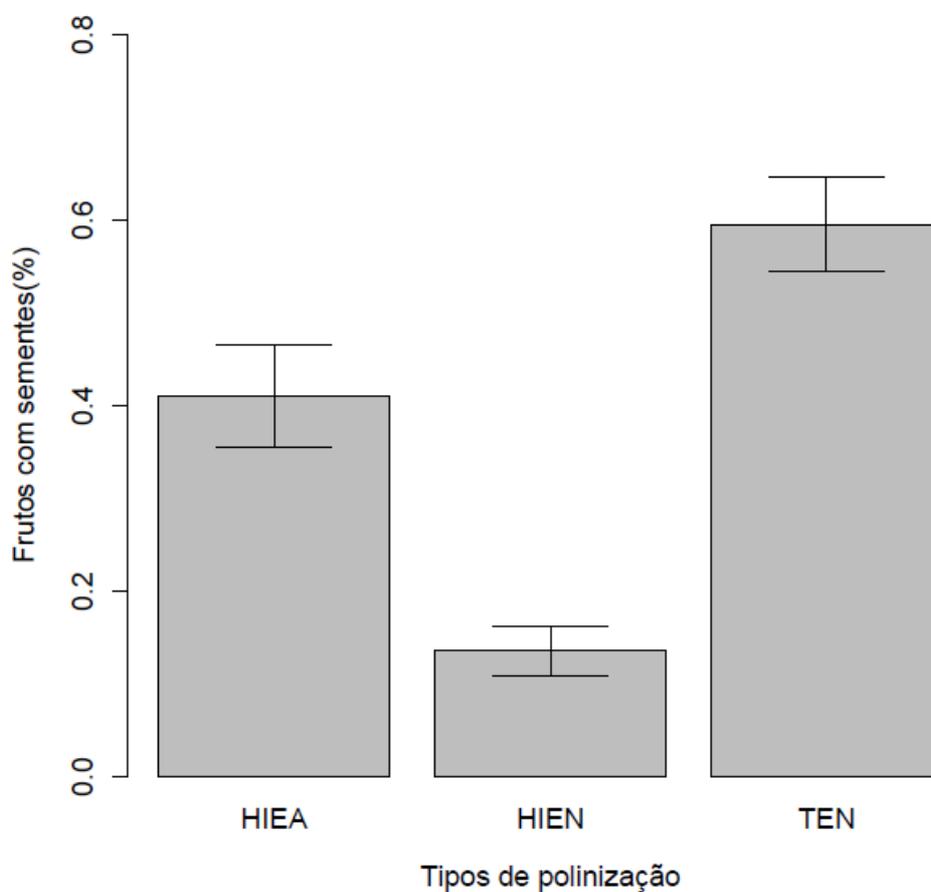


Figura 12: Porcentagem de frutos com sementes encontrados em HIE e tenera obtidos de plantios comerciais no Pará. HIEA- plantas de HIE com polinização assistida; HIEN- plantas de HIE com polinização natural; TEN-tenera.

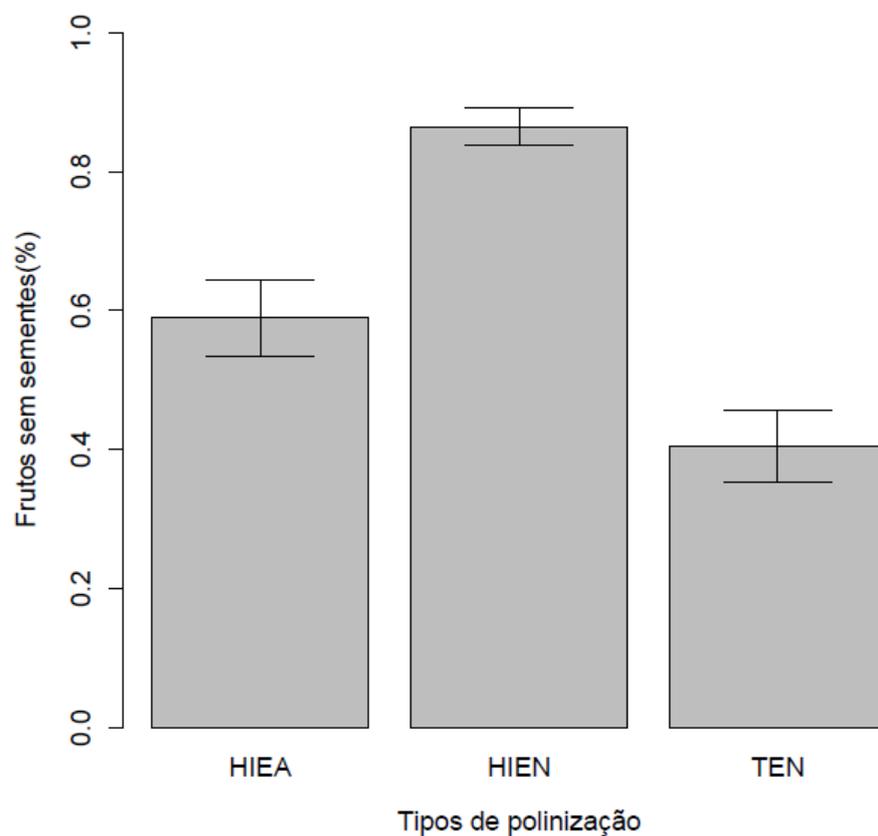


Figura 13: Porcentagem de frutos sem sementes encontrados em HIE e tenera obtidos de plantios comerciais no Pará. HIEA - plantas de HIE com polinização assistida; HIEN - plantas de HIE com polinização natural; TEN-tenera.

4 Discussão

Uma polinização adequada do dendê é imprescindível para a obtenção de altas produções de óleo. No Pará, os insetos polinizadores associados à entomofauna das inflorescências masculinas e femininas de HIE e tenera, são principalmente, coleópteros da família Curculionidae. A presença de insetos, como abelhas dos gêneros *Apis*, *Mellipona*, *Halictidae*, foram observado em pequeno número, e somente em inflorescências masculinas em busca de pólen para suas larvas. Esses himenópteros são polinizadores indiretos, pois apesar de carregarem grandes quantidades de pólen pelo corpo, visitam somente inflorescências masculinas (Genty et al., 1986). No entanto, apesar desses himenópteros não visitarem inflorescências femininas, ao alçar vôo elas promovem a liberação de grãos de pólen pelo ambiente. Pequenas moscas (Diptera) também foram observadas, mas somente chegavam às inflorescências quando se iniciava o processo de decomposição das flores.

Na América Latina, o nitidulídeo *Mystrops costaricensis*, exclusivo da América do Sul, e o curculionídeo *Elaeidobius subvittatus* seriam os principais insetos polinizadores de dendê (Genty et al., 1986). Este último pode ter sido introduzido na América em amostras de pólen da África Ocidental ou veio através da costa leste do Brasil, e em seguida passou a colonizar toda a América Neotropical (Caudwell et al., 2003). Esse curculionídeo é considerado um polinizador mais eficiente que *M. costaricensis* por carregar maior número de grãos de pólen e apresentar maior período de atividade (Syed et al., 1984).

E. subvittatus é considerado um polinizador eficiente, mas, *E. kamerunicus* quando introduzido na África Ocidental em plantios de dendê em 1985 na Colômbia, no Equador e Honduras aumentou a polinização e a produção de óleo (Chinchilla, 1988).

Nessa época, no Brasil, a principal espécie de polinizador era *E. subvittatus*, que apesar da sua eficiência em outros países era considerado deficiente. Então, em 1985, *E. singularis*, *E. plagiatus* e *E. kamerunicus* foram trazidas da Costa Rica para a região amazônica, para aumentar a produção de óleo. No entanto, o avanço do amarelecimento fatal, (AF) doença de etiologia ainda desconhecida, devastou plantios de dendê e reduziu a produção de óleo, mascarando os possíveis benefícios da introdução desses insetos. O problema da produção de óleo de dendê estaria resolvido com variedades híbridas resistentes a várias doenças.

Duas espécies, tidas como as principais espécies polinizadoras de dendê hoje, *E. kamerunicus*, *E. subvittatus*, foram coletados além de uma terceira espécie do gênero *Elaeidobius* visitando inflorescências tenera enquanto as inflorescências de HIE foram pouco visitadas. Apesar da abundância em tenera ter sido maior que em HIE, o número total de insetos foi extremamente baixo. Em torno de 30.000 espécimes de *E. kamerunicus* foi coletado no Banco de Germoplasma da Ceplac/Esmal, localizado em Una-Bahia, somente no mês de junho de 2005 (Moura et al., 2008).

A população de *E. kamerunicus* diminuiu em localidades da Malásia (Ming, 1999), o que poderia ser devido a problemas diretos ou indiretos do clima, ou ao parasitismo por nematóides, agravado por mudanças climáticas, como aumento na quantidade de chuva. No leste da Malásia, a produção de frutos caiu devido a uma queda na polinização em decorrência do número insuficientes de polinizadores (Rao & Law, 1998). O número de curculionídeos caiu quando seus locais de reprodução, inflorescências masculinas, foram menos abundantes. Populações de polinizadores, derivadas de apenas alguns pares, poderiam sofrer um processo de depressão por endogamia e, portanto, sucumbiram mais rapidamente ao parasitismo por nematóides e aos fatores climáticos. Além disso, esses polinizadores não estariam bem adaptados a ambientes com umidade elevada (Rao & Law, 1998).

Fatores que ocorreram em plantios da Malásia, podem influenciar a abundância de polinizadores no Pará. Polinizadores nas áreas de plantios da Denpasa foram introduzidos de materiais da Embrapa do Rio Urubu no Amazonas, mas com origem a África. Então na Malásia, a população do Pará estaria passando por um processo de depressão por endogamia, o que levaria a população local a uma perda da variabilidade e estar sofrendo com doenças e mudanças climáticas como excesso de umidade (Rao & Law, 1998). Isso levaria a um declínio no número de polinizadores na região, a ponto de ter um número insuficiente de polinizadores para atender toda a área.

Insetos introduzidos da África, se reproduzem nas inflorescências masculinas de dendê, incluindo as de HIE pouco esses insetos, por outro lado a degradação dos plantios de Tenera pelo AF, reduziu o número de plantas e de inflorescências masculinas, o que interfere na biologia reprodutiva desses insetos já que a reprodução e o desenvolvimento das suas larvas ocorrem nas inflorescências masculinas.

Outro ponto considerado é a obtenção do pólen para a polinização assistida em áreas de HIE. O pólen de HIE apresenta baixa taxa de fertilização, com isso grandes quantidades de inflorescências masculinas de Tenera são retiradas todos os dias do campo para a extração do

pólen (que apresenta fertilidade de mais de 70%) com isso, essa retirada massal de inflorescências masculinas reduzem ainda mais os locais de reprodução dos polinizadores.

Os insetos que visitam inflorescências femininas ou masculinas, mostrou um número semelhante de *E. kamerunicus* (A), nas duas inflorescências. As outras duas espécies (*E. subvittatus* (B) e *Elaeidobius* sp. (C)), apareceram mais nas inflorescências masculinas, semelhante ao coletado em Camarões, após a inspeção de inflorescências masculina (Syed, 1979). O número de insetos foi grande e estavam presentes na inflorescência masculina durante a antese e as flores femininas durante os primeiros dias de receptividade das flores. Insetos encontrados nas inflorescências masculinas mostrou mais abundância de curculionídeos do gênero *Elaeidobius* sp. e o *Atheta* sp. (Coleoptera: Staphylinidae), entre os curculionídeos havia o *E. kamerunicus*, *E. plagiatus* e *E. subvittatus*. Dos insetos presentes em grande número nas inflorescências masculina, apenas *E. subvittatus* e o *Atheta* sp. foram encontrados nas inflorescências femininas, e estes eram apenas presentes em número muito pequeno.

Espécies sobre as inflorescências de Caiuaé, como o curculionídeo do gênero *Celetes* sp. (D), curculionídeo sp. 1 (E), curculionídeo sp. 2 (F) e nitidulídeo do gênero *Mystrops* sp. (G) (Fig. 11), apareceram em ambas as inflorescências (femininas e masculinas). A espécie *Celetes* sp. apareceu em maior número sobre inflorescências femininas. *Celetes*, membro da subtribo derelomini, tem maioria de suas espécies na América do Sul e seis com ocorrência na América Central (Franz & Valente, 2005). A história de vida de espécies do gênero *Celetes* é, relativamente, uniforme, mas seus adultos são associados a inflorescências de palmeiras, eles se alimentam de pólen, de tecidos das pétalas e pedúnculos (Valente & Vanin, 2002).

Os inúmeros espécimes de *Celetes* (D) em inflorescências femininas e a baixa ocorrência sobre as masculinas (Fig. 10), levanta a dúvida sobre sua importância na polinização de *E. oleifera*. Adultos desse gênero são polinizadores (Gottsberger, 1990). No primeiro dia antese, durante o dia, a atividade destes insetos era intensa sobre as inflorescências femininas e se observou insetos se alimentando do tecido na região superior do estigma, se acasalando entre e sobre as espiguetas e ao final desse primeiro dia a inflorescência encontrava-se danificadas.

A inflorescência feminina de *Elaeis* em antese, expõe seu estigma com três lobos e uma superfície papilar formando uma extensa área receptiva aos grãos de pólen. Durante a antese, esses estigmas liberam exudato, rico em polissacarídeo, que promove a germinação dos grãos de pólen duas horas após a polinização (Tandon et al., 2001). A atividade de *Celetes*

sobre inflorescências femininas pode destruir a superfície do estigma, impedir a germinação dos grãos de pólen impedindo a fecundação e a formação de fruto com sementes.

Nitidulídeos do gênero *Mystrops* em grande quantidade sobre as inflorescências masculinas de caiaué são descritos como polinizadores pouco eficientes por carregarem poucos grãos de pólen e inflorescências femininas exercem pouca atratividade sobre eles (Fig. 10) concordando com resultados de Chinchilla et al. (1990). Entre os polinizadores do gênero *Elaeis*, *Mystrops costaricensis* é considerado o menos eficiente, eles carregam apenas 0.6 grãos de pólen por indivíduos e o número desses coleopteros sobre as inflorescências femininas representam menos de 1% dos polinizadores (Evers 1977, in Chinchilla et al., 1990).

Outras duas espécies de curculionídeos (E) e (F) (em processo de identificação), encontrados sobre as inflorescências de caiaué no Amazonas, podem ser polinizadores potenciais, por terem sido observados em inflorescências masculinas e femininas.

A porcentagem de frutos com semente mostra a baixa taxa de polinização natural do HIE (Fig. 12) em relação ao tenera no Pará. A única espécie polinizadora do tenera era o *E. subvittatus*, com taxa de fecundação em torno de 50% e variando entre 60 e 80% em plantios jovens (Lucchini et al., 1984). Os fatores que poderiam estar ligados a baixa proporção de frutos com semente no HIE incluem a baixa taxa de emissão de estragole, conseqüentemente menor atratividade sobre os polinizadores, baixa produção de pólen (Edson Barcelos, comunicação pessoal, citado por Moura et al., 2008).

A análise dos frutos revelou também, que a polinização assistida, não é tão eficiente quanto a polinização natural (Fig. 12), e a fragilidade no processo utilizado, em plantios comerciais no Pará, para o aumento da produtividade.

O estudo da dinâmica populacional e a biologia molecular dos principais polinizadores no estado do Pará é necessário para se entender o que pode estar acontecendo nestas áreas. Isto é muito importante também, conhecer a biologia reprodutiva e comportamental das espécies sobre inflorescências de caiaué no Amazonas. O HIE é polinizado naturalmente, e, por isto, interessante avaliar a atratividade desses insetos aos voláteis emitidos pelas inflorescências de HIE e avaliar sua capacidade como polinizadores.

Incentivos dados pelo Governo Federal para aumentar a área de cultivo do dende, no Brasil, e a necessidade mais eminente de se encontrar fonte de combustíveis “limpos”, com menos danos ao meio ambiente, tornam fundamentais estudos sobre o processo de aumento de produção de óleo de dende no país.

Estabelecer uma rede de pesquisa com países que produzem óleo de dende e com polinizadores introduzidos da África é importante para saber como esses polinizadores vem se comportando ao longo desses anos.

5 Referências Bibliográficas

- ALADANA, J.; REY, L. & ROCHA, P. Multiplicación de um polinizador (Coleoptera: Curculionidae) em poblaciones nativas de *Elaeis oleifera* (H.B.K.) Cortés. Ceniavances, v. 126, 1-5, 2005.
- CHINCHILLA, C. & RICHARDSON, D.L. Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin) en Centroamérica. I. Población de insectos y conformación de racimos. Turrialba, v.40, 452-460, 1990.
- CHINCHILLA, C.; ESCALANTE, M. & RICHARDSON, D.L. Polinización en palm aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Centroamérica. II. Comportamiento de insectos. Turrialba, v. 40, 461-470, 1990.
- FRANZ, N.M. & VALENTE, R.M. Evolutionary trends in derelomine flower weevil (Coleoptera: Curculionidae): from associations to homogy. Invertebrate Systematics, v19, 499-530, 2005.
- GENTY. P.; GARZON A.; LUCCHINI, F. & DELVARE, C. Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. Oléagineux, v.41, 99-111, 1986.
- HARTLEY, C.W.S.. The oil palm. 2nd. ed. London, Longhman, 806p. 1977
- HARDON, J.J. & TAN, G.J. Interspecific hybrids in the genus *Elaeis*; I. Crossability, citogenetics and fertility of F1 hibrids *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*. Euphytica, v. 18, 372-379, 1969.
- HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. Botanical Review, v. 52, 221-259, 1986.
- HARDON, J. & CORLEY R. Pollination. In Oil Palm Research. Corley, Hardon & Wood (eds.). Elsevier Amsterdam, 299-305, 1976.
- LUCCIHINI, F. & MORIN, J.P. Distribuição e importância de *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) polinizador do dendê *Elaeis guineensis*, no Brasil. Embrapa, Brasil, n° 24, 1-5, 1984.

LUCCIHINI, F. Estudos sobre a polinização do dendê e caiaué. Embrapa-Belém. Relatório do Projeto 021830021. 20 p. 1986.

MAIA, P.B. Polinização entomófila do híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, 1887 x *Elaeis guineensis* Jacquin, 1763) (Arecaceae) e ciclo evolutivo de um Derelomini (Coleoptera: Curculionidae) na Amazônia Central, Brasil. (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2002.

MARIAU, D. & GENTY, P. H. Contribución de IRHO al estudio de los insectos polinizadores de la palma de aceite en África, América del Sur e Indonesia. *Palmas*, v.9, 33-38, 1988.

MARIAU, D.; HOUSSOU, M.; LECOUSTRE, R. & NDIGUI, B. Insectes pollinisateurs du palmier et taux de nouaison en Afrique de l'ouest. *Oleagineux*, v.46, 43-51, 1991.

MING, K.S. The *Elaeidobius kamerunicus* story. *The Planter*. 75 (876), 143-150, 1999.

RAO, V. & LAW, I.H. The problem of poor fruitset in parts of East Malaysia. *The Plante*. 74 (870), 463-483, 1998.

SYED, R. A. Studies on pollination by insects. *Bulletin of Entomological Research*, v. 9, 213-224, 1979.

TANDON, R.; MANOHARA, T.N.; NIJALINGAPPA, B.H.M. & SHIVANNA, K.R. Pollination and pollen-pistil interaction in oil palm, *Elaeis guineensis*, v 87, 831-838, 2001.

VALENTE, R.M. & VANIM, S.A. Curculionidae (Coleoptera) em inflorescência de *Attalea maripa* (Aubl) Mart. (Arecaceae). In 'Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico e Diversidade Biológica, 1º ed' (ed. P.L.B. Lisboa) pp. 483-502, 2002.

WAHID, M.B. & KAMARUNDIN, N.H.J. Role and effectiveness of *Elaeidobius kamerunicus*, *Trips hawaiiensis* and *Pyroderces* sp. in pollination of mature oil palm, in Peninsular Malaysia. *Elaeis*, v. 9, 1977.

RESUMO

GOMES, Sandra Mara da Silva, Dsc.; Universidade Federal de Viçosa, Outubro de 2011. **Teores de Estragole Liberados e Ritmo de Emissão do Odor Floral em *Elaeis guineensis* (tenera), *Elaeis oleifera* (caiaué) e no Híbrido Interespecífico (HIE).** Orientador: Evaldo Vilela; Orientadores: Eraldo Lima e José Cola Zanuncio

Voláteis foram coletados de inflorescências de tenera e HIE no Pará e de caiaué no Amazonas para a determinação da quantidade de estragole. A quantidade de estragole não variou entre inflorescências masculinas e femininas, mas, as de tenera liberam maiores quantidades que as de caiaué e HIE. Consequentemente, inflorescências masculinas e femininas atraem maior número de espécimes de *E. kamerunicus* e *E. subvittatus*. O ritmo de emissão de estragole foi estudado no Banco de Germoplasma da CEPLAC/ESMAI no estado da Bahia, e não constatou variação na quantidade desse composto durante o dia. A atividade dos polinizadores, *E. kamerunicus* e *E. subvittatus*, foi maior entre as 08:00 e as 12:00 da manhã.

CAPÍTULO II

Teores de Estragole Liberados e Ritmo de Emissão do Odor Floral em *Elaeis guineensis* (tenera), *Elaeis oleífera* (caiaué) e no Híbrido Interespecífico (HIE)

1 Introdução

Insetos polinizadores e flores apresentam associação mutualística mediada muitas vezes por odor, cor da flor, valor nutritivo do néctar e/ou do pólen (Harbone, 1982; Kumano-Nomura & Yamaoka, 2009). Voláteis liberados por flores têm, freqüentemente, grande importância na atração e insetos polinizadores, principalmente entre angiospermas. O odor é um estímulo mais primitivo que a cor na atratividade de insetos polinizadores (Harbone 1982). Muitos grupos de besouros compensam a ausência de cor por um forte odor. O odor é importante para insetos de vôo noturno e outros animais como morcegos, por apresentam a sensibilidade a estímulos visuais, praticamente, inexistente.

Odores liberados por flores são, muitas vezes, efetivos a baixas concentrações devido à sensibilidade dos insetos a pequenas concentrações de substâncias químicas voláteis. Plantas com os odores de suas flores são imperceptíveis ao olfato humano, tem quantidade suficiente para atrair abelhas ou borboletas. Algumas plantas apresentam odor máximo sincronizado com o tempo, ou seja, quando o pólen está maduro ou a flor feminina está receptiva (Harbone, 1982; Fussel et al., 2007).

Substâncias aromáticas nas flores incluem alcoóis alifáticos, acetonas e ésteres. O maior constituinte pode ser responsável por um odor particular da flor, mas, usualmente, uma mistura de componentes é responsável pelo odor. A ação conjunta com outros componentes químicos, produzindo um odor característico e acarretando um determinado comportamento no receptor um fator importante nestes voláteis de flores (Harbone, 1982).

Constituintes químicos dos aromas florais inflorescências de Arecaceae e a ecologia da polinização de três gêneros de palmeiras: *Ammandra*, *Aphandra* e *Phytelephas* (Ervick et al., 1999). Os semioquímicos foram analisados por cromatografia gasosa e espectrometria de massa (CG-EM). *Ammandra* possui sesquiterpenos, *Aphandra* possui (+)-2-methoxy-sec-butyl pyrazina e *Phytelephas* o p-metil anisol. Espécies de Aleocharinae (Staphylinidae) polinizam *Aphandra natalia* e se reproduzem nas flores masculinas de espécies de *Phytalephas*. Uma espécie de Biridinae (Curculionidae) visita e poliniza somente *Aphandra*

natalia e se reproduz em suas inflorescências femininas. A relação aparente de um ou alguns aromas florais como atrativos com poucos polinizadores específicos pode indicar evidências de co-evolução. Espécies simpátricas de Phytelephantoidea possuem diferentes aromas e, em razão disso, espécies com aromas similares têm distribuição alopátrica, ou seja, tais áreas de distribuição não se sobrepõem parcialmente, devida à ausência de um mecanismo de isolamento dos polinizadores (Ervick et al., 1999).

Voláteis de flores podem induzir comportamentos complexos sobre determinadas espécies de insetos. A flor da orquídea *Ophrys sphegodos*, engana o macho solitário de *Andrena nigroaenea*, para ter êxito na fecundação. A flor *O. sphegodos*, mimetiza a fêmea de *A. nigroaenea*, libera odores semelhantes ao feromônio sexual desta abelha. Ao posar sobre a flor, o macho copula incessantemente o que resulta na fecundação (Pichersky & Gershenzon, 2002).

A inflorescência masculina do dendezeiro exala o composto químico o 4-allylanisole, conhecida como estragole (Lajis et al., 1985; Hussein et al., 1989), e o forte odor das inflorescências lembra cheiro de anis que, por sua vez, atrai espécimes de *Elaeidobius* (Syed, 1982). Ao chegarem à inflorescência masculina, *E. subvittatus* e *E. kamerunicus* copulam e ovipositam nas espiguetas masculinas. À medida que vão terminando o estágio de antese e, naturalmente, diminuição da concentração do odor, besouros retardatários recém-chegados à inflorescência masculina são “enganados” por alguma inflorescência feminina próxima em estágio de antese, que exala idêntico odor. Ao serem atraídos, dirigem-se para a flor feminina carregando grãos de pólen por todo o corpo e realizam a fecundação.

Testes em laboratório e campo com extratos naturais de flores masculinas e femininas de *E. guineensis* e com composto sintético 4-allylanisole mostrou que o allylanisole sintético em concentrações entre 150 e 200µL/armadilha no campo atraiu mais espécimes de *E. kamerunicus* que o extrato das flores naturais (Hussein et al., 1989).

O objetivo deste capítulo foi verificar qual a (i) a quantidade de estragole emitido por inflorescências masculinas e femininas de tenera, caiaué e HIE; (ii) se existe correspondência entre a emissão de voláteis por inflorescências de tenera, caiaué e HIE e a atividade de forrageamento dos polinizadores.

2 Material e Métodos

2.1 Teores de Estragole

2.1.1 Área de Estudo

Os voláteis foram extraídos de material coletado em plantios de Híbrido Interespecífico (HIE) e tenera no município de Santa Bárbara do Pará, Pará, e em área de caiaué em Manicoré, Amazonas. Esses plantios pertencem à empresa Denpasa - Dendê do Pará S.A.. Como os plantios, no Pará, são formados majoritariamente pelo Híbrido Interespecífico Embrapa (HIE), mas com dendezeiros tenera e a área de caiaué, é formada por plantas nativas.

A coleta e as análises dos materiais emitidos pelas inflorescências foram feitas no Laboratório de Semioquímicos da Universidade Federal de Viçosa, o qual integra a rede do INCT de Semioquímicos na Agricultura. Os voláteis foram coletados entre setembro e novembro de 2010 no Pará. Os voláteis do material de Manicoré foram coletados em dezembro de 2010.

2.1.2 Coleta dos Voláteis

Inflorescências femininas e masculinas de tenera, HIE e de caiaué, em estágio de pré-antese, foram ensacadas com bolsas de lonas, até iniciarem a antese para a obtenção dos voláteis. Uma vez iniciada a antese, essas inflorescências foram observadas diariamente até a abertura total das flores, por volta do segundo dia de antese para as femininas e por volta do terceiro ou quarto dia para as masculinas. Neste ponto, essas inflorescências eram coletadas e levadas para o laboratório.

Em laboratório, as inflorescências eram medida (altura x circunferência) e colocadas em bolsas de poliéster Royalpack (45 cm x 7,5m). Os voláteis foram coletados com a técnica de “headspace” (Fig. 14), a qual consiste na coleta dos voláteis, das inflorescências, por um fluxo de ar que carrega os compostos através de uma bolsa de poliéster. Esse fluxo é impulsionado por uma bomba de vácuo, que o mantém contínuo e com uma velocidade de 250 mL/min, até um filtro o polímero Porapak Q (20mg de polímero por filtro) como material

adsorvente. O ar, na entrada do sistema é puxado pela bomba, filtrado por uma coluna, com carvão ativado adaptada para o caso.

O fluxo de ar era interrompido após seis horas de coleta e o filtro contendo o polímero era desconectado do sistema e mantido sob refrigeração até sua lavagem. Os filtros foram lavados com 500 μL do solvente hexano. As amostras foram diluídas 10 vezes e o composto n-heptyl acetato (99,8% de pureza) adicionado a uma concentração de 100 $\text{ng}/\mu\text{L}$, usado como padrão interno para a quantificação dos compostos das amostras.

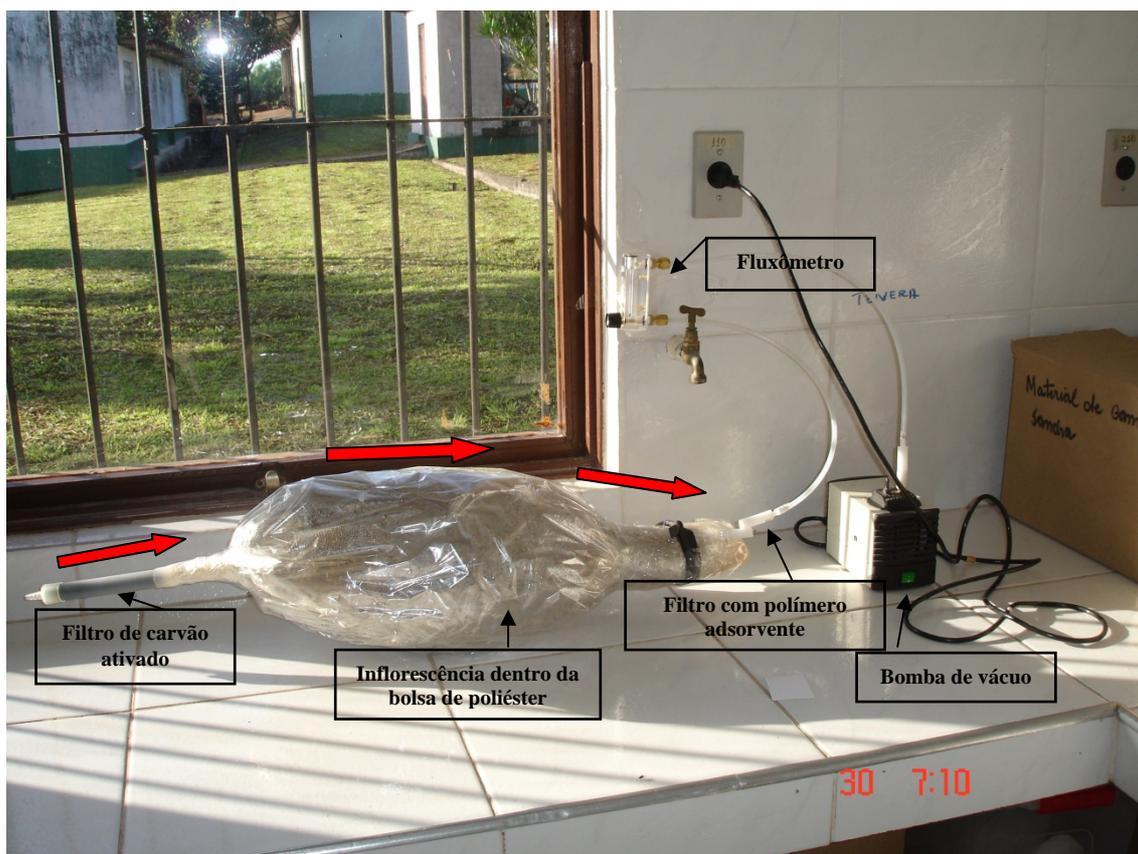


Figura 14: Esquema técnico “headspace”. Setas vermelhas apontando a direção do fluxo de ar com velocidade de 250 mL/hora. O fluxo entra no sistema através do filtro de carvão ativado e passa pela bolsa de poliéster com a inflorescência, puxado por uma bomba de vácuo.

2.2 Ritmo de Emissão dos Voláteis

2.2.1 Área de coleta

Os dados foram coletados em Julho e Agosto de 2011, do Banco de Germoplasma da Estação Lemos Maia- Ceplac/Esmal, em Una, na região Sul da Bahia. Esse Banco tem uma área de 14 hectares com 1223 plantas de tenera (origem Malásia), 34 plantas de caiaué e 250 plantas de HIE.

2.2.2 Coleta dos voláteis

As amostras dos voláteis de tenera, caiaué e HIE foram coletadas no campo com a técnica de “headspace” (Fig. 12). Inflorescências femininas e masculinas foram selecionadas e ensacadas com bolsas de lona. Antes de iniciar a coleta dos voláteis, com uma pequena janela de plástico transparente para acompanhar o processo de abertura das flores. Esta bolsa evitava a chegada de insetos quando as inflorescências iniciassem a antese, diminuindo a contaminação das amostras por odores liberados dos mesmos.

As inflorescências eram acompanhadas do início da antese até o segundo dia para as femininas e o terceiro dia para a masculina quando os voláteis eram coletados. Neste estágio, a bolsa de lona era retirada das inflorescências e medidas (altura x comprimento). Vinte espiguetas, entre a base e o meio das inflorescências, eram selecionadas e ensacadas com saco de poliéster Royalpack (45cm X 7,5m).

Uma bomba de vácuo automática foi usada para impulsionar um fluxo constante de ar de 800 mL/min pela inflorescência levando os voláteis até o filtro com o polímero adsorvente Porapak Q (20mg de polímero por filtro). As amostras foram coletadas a cada duas horas ao longo do dia: 06:00-08:00, 10:00-12:00, 14:00-16:00, 18:00-20:00, 22:00-24:00 e 02:00-04:00. Os filtros contendo os voláteis eram mantidos sob refrigeração até sua lavagem com 500µL do solvente hexano.

O levantamento dos polinizadores que visitavam as inflorescências, nos respectivos horários de coletas dos voláteis, foi realizado utilizando cartelas adesivas (BIOTRAP), com 33cm², distribuídas pelas inflorescências (Fig. 15).



Figura 15: Técnica de Headspace. Sistema montado para coleta dos voláteis para avaliação do ritmo de emissão dos voláteis em diferentes horas do dia e da noite, em inflorescências masculinas e femininas de HIE, tenera e caiaué, no Banco de Germoplasma da Ceplac/Esmal, município de Una-Bahia, entre os meses de junho a agosto de 2011.

2.3 Análise das Amostras

As amostras foram analisadas com injeção de 1 μ L em Cromatógrafo a Gás (GC-2010/SHIMADZU), sendo, cada uma, injetada em modo splitless, com a temperatura do injetor em 250°C. O Hélio, foi o gás utilizado para carrear os voláteis a uma pressão de 57.9 kPa com um fluxo de 11.7 mL/min. A coluna utilizada foi de sílica fundida, com 30m de comprimento e espessura de 0.32mm. A temperatura da coluna foi de 70°C por dois minutos, passando a 210°C por três minutos e a seguir aumenta para 270°C. O tempo de retenção total de cada amostra injetada foi de 32.33minutos.

2.4 Análise dos Dados

As análises foram realizadas com o Programa R (R Development Core Team, 2011) usando Modelagem Linear Generalizada (GLM), seguida da análise de resíduos para verificar a aceitabilidade do modelo. A simplificação dos modelos foi feita pela retirada das variáveis não significativas, deixando-se, apenas, as de menor deviência.

A taxa de estragole liberado pelas inflorescências de tenera, caiué e HIE submetidas a análises de variância (ANOVA) com distribuição de erros Binomial, corrigido a sobredispersão seguida por análise de contraste. Esta análise agrega da variável explicativa (x) que não são diferentes uma das outras. A variável do eixo (y) foi teores de estragole liberados por planta. Para a análise dos polinizadores atraídos pelo estragole, foi utilizada a mesma análise. A variável do eixo (y), neste caso, foi à abundância de insetos coletados por planta em diferentes horas do dia.

3 Resultados

3.1 Teores de Estragole

Inflorescências de tenera liberam maior quantidade de estragole que as de HIE e caiaué ($F_{2,29} = 17.365$; $p < 0.001$ Fig. 16). A quantidade de estragole liberados foi semelhante para inflorescências femininas e masculinas ($F_{1,28} = 0.2922$; $p = 0.5931$).

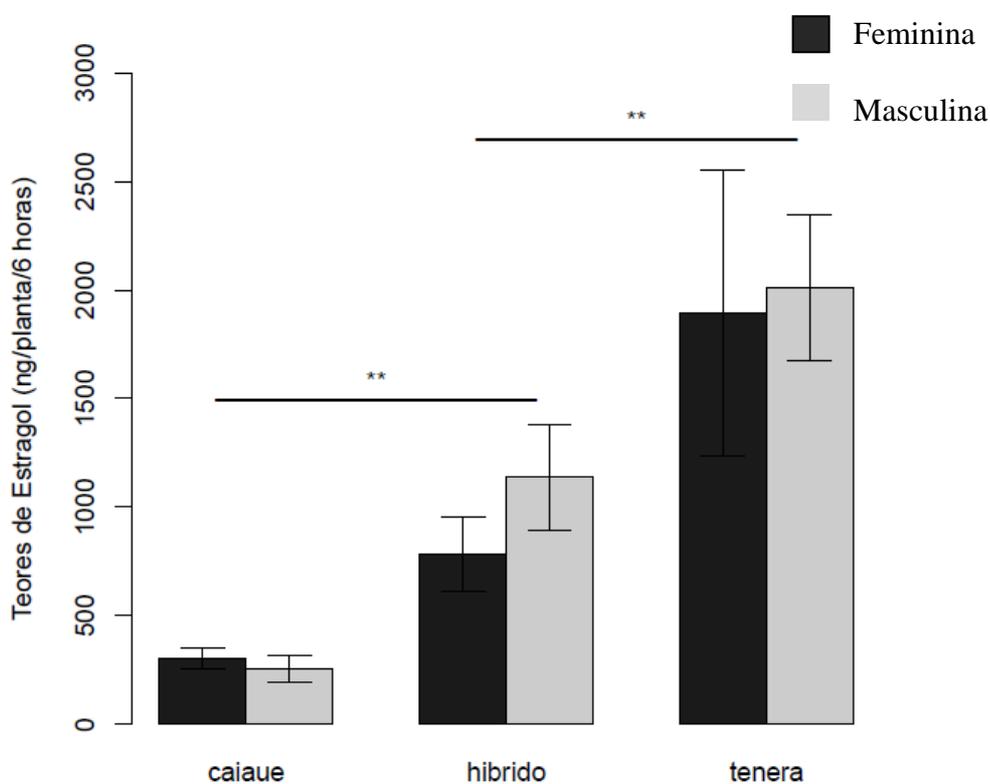


Figura 16: Teores de estragole em inflorescências femininas e masculinas de caiaué (*Elaeis oleífera*), híbrido (HIE) e tenera (*Elaeis guineensis*). Tenera emite uma maior quantidade de estragole ($F_{2,29} = 17.365$; $p < 0.001$).

3.2 Ritmo de Liberação de Estragole

A liberação de estragole pelas inflorescências de HIE, caiaué e tenera, foi semelhante entre as horas do dia ou da noite ($F_{1,170}=1.4657$; $p=0.2277$).

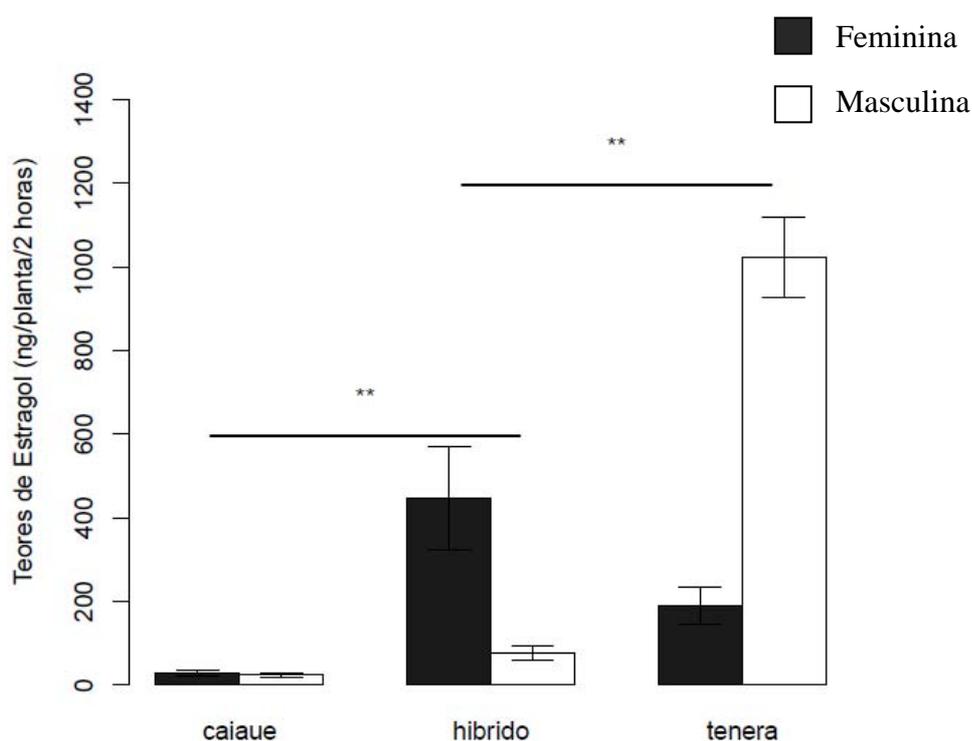


Figura 17: Teores de estragole emitidos por inflorescências femininas e masculinas de caiaué (*Elaeis oleífera*), hibrido (HIE) e tenera (*Elaeis guineensis*) a cada duas horas. Inflorescências masculinas de tenera emitem uma quantidade maior de estragole. ($F_{2,172}= 54.784$; $p<0.001$).

3.3 Horário de Atividade dos Polinizadores

Os insetos polinizadores, na Bahia, foram dois curculionídeos, o principal polinizador do dendê, *Elaeidobius kamerunicus* (A), e *Elaeidobius subvittatus* (B). A terceira espécie foi *Mystrops* sp. (G) um coleóptero da família Nitidulidae.

Elaeidobius kamerunicus (A), foi mais ativo entre 10:00 e 12:00 ($F_{1,118}=3.9048$; $p=0.0505$ Fig. 16) em torno das inflorescências, que não variou entre inflorescências femininas e masculinas ($F_{1,115}=0.0003$; $p=0.98689$).

A abundância de *E. kamerunicus* foi semelhante em, plantas de HIE e tenera. No entanto, com relação às plantas de caiaué ocorreu uma diferença na abundância desses insetos ($F_{1,117}=19.4275$; $p<0.001$ Fig. 18). HIE e tenera apresentam um grande número de *E. kamerunicus* visitando suas inflorescências entre 10:00 e 12:00.

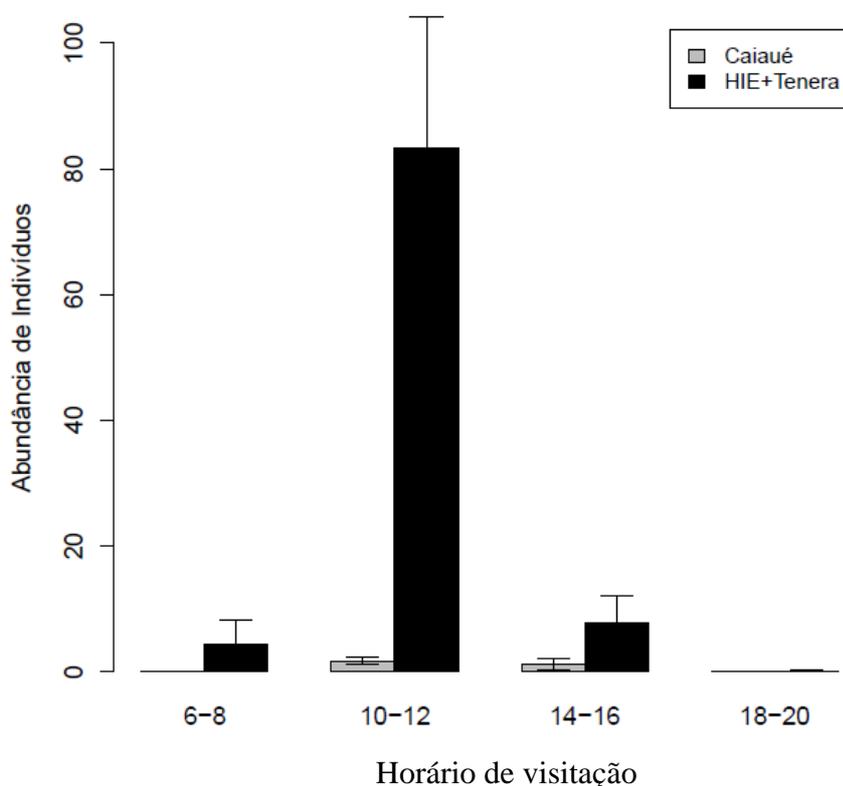


Figura 18: Abundância do polinizador *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) (A) coletados em diferentes horas do dia. Entre 10:00 e 12:00 horas foi o horário de maior atividade destes insetos ($F_{1,118}=3.9048$; $p=0.0505$). Essa espécie foi abundante em áreas de HIE e tenera que em áreas de caiaué ($F_{1,117}=19.4275$; $p<0.001$).

Elaeidobius subvittatus (B), foi também mais abundante entre 10:00 e 12:00 ($F_{1,117}=3.6326$; $p=0.05911$ Fig. 19) em plantas de tenera que nas de caiaué e HIE ($F_{1,118}=26.3240$; $p<0.001$ Fig. 19).

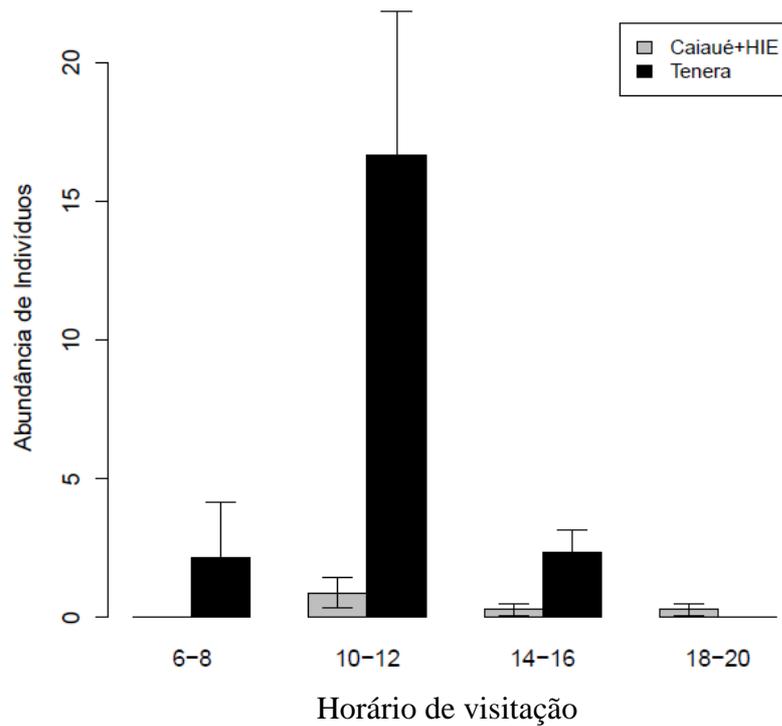


Figura 19: Abundância do polinizador *Elaeidobius subvittatus* (Coleoptera: Curculionidae) (B) coletados em diferentes horas do dia. Entre 10:00 e 12:00 horas foi o horário de maior atividade destes insetos ($F_{1,117}=3.6326$; $p=0.05911$). Essa espécie foi abundante nas áreas de tenera que em áreas caiaué e HIE ($F_{1,118}=26.3240$; $p<0.001$).

Mystrops sp. (G) apresentou abundância semelhante nas inflorescências de HIE, tenera e caiaué em diferentes horas do dia ($F_{1,116}=1.4526$; $p=0.23056$). Houve uma variação quanto às plantas ($F_{1,118}=26.3240$; $p<0.001$ Fig. 20). Caiaué apresentou maior abundância deste nitidulídeo que as plantas de tenera e HIE.

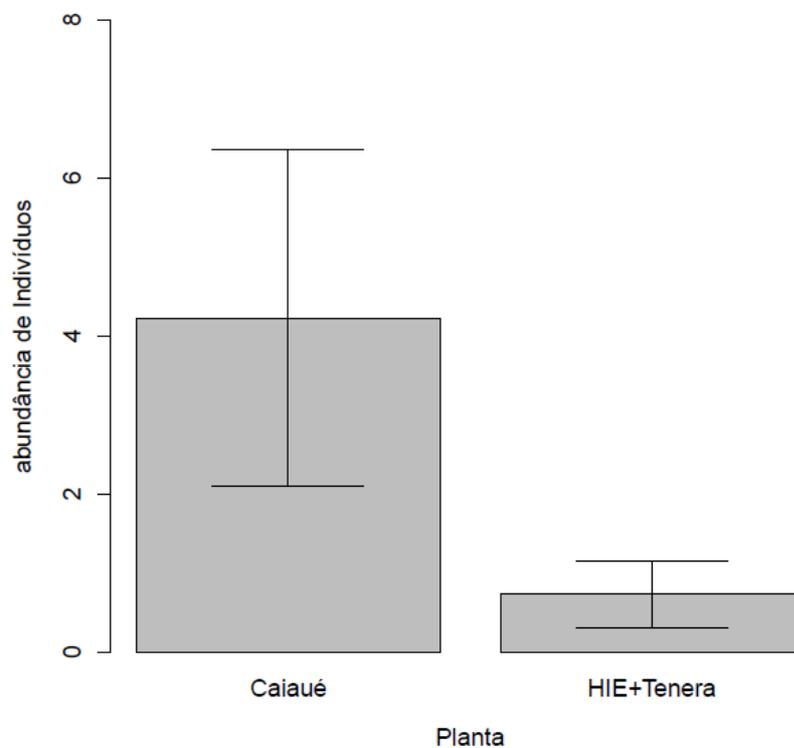


Figura 20: Abundância do polinizador *Mystrops* sp. (Coleoptera: Nitidulidae) (G) em diferentes horas do dia. Essa espécie foi abundante em plantas de caiaué que em plantas de tenera e HIE ($F_{1,118}=26.3240$; $p<0.001$).

4 Discussão

Adaptações florais ao longo do processo evolutivo foram selecionadas para aumentar o sucesso reprodutivo das plantas e, indiretamente dos polinizadores. Uma forma específica da flor, um odor que sinalize algum tipo de recompensa (néctar, óleo, pólen, por exemplo) pode chamar a atenção de polinizadores (Dudareva & Pichersky, 2006).

Inflorescências de tenera, caiaué e HIE apresentam o estragole, conhecido como 1 - methoxy-4-2 (propenil) benzeno, chavicol ou 4-allylanisolle é descrito como sendo adocicado ou como um odor que lembra anis ou erva-doce, como composto mais abundante. Este volátil, de inflorescências masculinas e femininas do gênero *Elaeis* (Arecaceae), e em plantas de *Pimpinella anisum*, *Illicium verum* e *Cycas revolutas* atrai polinizadores, principalmente, coleópteros das famílias Curculionidae e Nitidulidae (Lajis et al., 1985; Hussein et al., 1991).

Inflorescências masculinas e femininas liberam estragole (Lajis et al., 1985) que foi confirmado neste trabalho. Inflorescências de ambos os sexo de tenera, de caiaué e do HIE liberam quantidades semelhantes de estragole. No entanto, inflorescências de tenera liberam uma quantidade maior de estragole que as demais, o que justificaria a maior atratividade de sobre os polinizadores, principalmente *E. kamerunicus* e *E. subvitattus*.

Palmeiras polinizadas por besouros tem, geralmente, grandes quantidades de um composto ou um composto dominante (Dudareva et al., 2006). Palmeiras do gênero *Wettinia* (Arecaceae), são polinizadas, principalmente, por curculionídeos e nitidulídeos (embora sejam visitadas também por abelhas e hemípteros). Voláteis liberados por suas flores, apresentam nível elevado de derivados de ácidos graxos, principalmente, hidrocarbonetos alifáticos (por exemplo, dodecano). Espécies de *Phythalphas* (Arecaceae), polinizadas por pequenos coleópteros, apresentam um “blend” formado, principalmente, por compostos benzenóides metoxilados, terpenóides e derivados de ácido graxos (Dudareva & Pichersky, 2006).

Dezenas de espécimes de curculionídeos e nitidulídeos são atraídos para as inflorescências masculinas de tenera e caiaué durante a antese. A grande produção de pólen por suas inflorescências é um ambiente ideal para o desenvolvimento desses insetos, alimento abundante além de abrigo e local para acasalar e ovipositar. É comum observar grande quantidade de insetos em torno das inflorescências durante a antese. As femininas, aparentemente, não produzem nenhuma recompensa para atrair polinizadores. Essa condição é comum, e a maioria das palmeiras polinizadas por coleópteros não apresentam produção de néctar, embora sejam visitadas por himenópteros e dípteros (Gottsberger, 1989).

Mesmo não sendo muito atrativas aos polinizadores, as inflorescências femininas de tenera, caiaué e HIE liberam os mesmos compostos voláteis que as inflorescências masculinas, mas em quantidades variáveis, essa é, possivelmente, uma estratégia como forma de “enganar” e atrair polinizadores. Essa condição ocorre, em *Phytelephas* (Arecaceae), as quais não apresentam nenhuma recompensa para atrair insetos para as inflorescências femininas. No entanto, a análise da composição química dos voláteis de inflorescências mostrou semelhança de 99% do odor liberado por inflorescências masculinas e femininas (Knudsen et al., 1999).

A habilidade de produzir frutos com sementes e de exportar seus grãos de pólen, principalmente se o gameta masculino vier de outras inflorescências que não a sua afeta o sucesso reprodutivo das plantas. A estratégia de inflorescências femininas, de algumas espécies da família Arecaceae, em “enganar” polinizadores e aumentar seu “fitness” reprodutivo explica, pelo menos em parte, a parceria entre insetos da ordem Coleoptera e essas plantas.

A variação na quantidade de estragole liberada por plantas de tenera, caiaué e HIE pode estar relacionada à maior ou menor atratividade de polinizadores. Espécimes de *E. kamerunicus* são atraídos no campo por concentrações de estragole entre 150 a 200µL/armadilha (Hussein et al., 1989). A maior quantidade de estragole liberada por tenera explica a maior atração de polinizadores.

A liberação de estragole por inflorescências de caiaué (*Elaeis oleifera*) pode não ser suficiente para atrair adultos de *Elaeidobius*. No entanto, no estado do Amazonas curculionídeos do gênero *Celetes* e de outras duas espécies, em processo de identificação, além dos nitidulídeos do gênero *Mystrops*, são atraídos, em grandes números, pelas inflorescências masculinas e femininas.

O gênero *Celetes*, pertence a subtribo Derelomina, mesma subtribo das espécies de *Elaeidobius* descritas como as principais polinizadoras do dênde. A relação desses insetos com as inflorescências femininas, é bastante delicada, estando na eminência entre ser vilão (praga) ou herói (polinizador). Espécimes de *Celetes* ficam sobre inflorescências femininas do caiaué raspando a superfície do estigma. Este comportamento poderia prejudicar a germinação dos grãos de pólen, já que o estigma de espécies do gênero *Elaeis* produz uma substância rica em polissacarídeo, responsável por promover a germinação do grão de pólen (Tandon et al., 2001).

O ritmo de emissão de estragole ao longo do dia, pelas inflorescências foi semelhante entre tenera, caiaué e HIE, mas os polinizadores *E. kamerunicus* e *E. subvittatus*, apresentam um pico de atividade entre 08:00 e 12:00 da manhã.

Inflorescências de tenera, caiaué e HIE deveria emitir estragole, apenas, quando seus polinizadores estivessem em atividade mas, não é o que ocorreu nessas plantas. A emissão constante de voláteis, representa um custo energético, pois poderia atrair polinizadores generalistas desperdiçando pólen. Um polinizador específico poderia ser raro ou ausente ou apresentar atividade durante poucas horas do dia, como os coleopteros do gênero *Elaeidobius*, mas, a visitação de polinizadores generalistas poderia trazer benefícios, como uma espécie de “seguro” para garantir a reprodução (Dudareva & Pichersky, 2000). Esses curculionídeos começam a chegar em pequenos grupos às inflorescências masculinas e femininas a partir das 08:00 horas da manhã, e com maior atividade entre 10:00 e 11:00, concordando com resultados obtidos por Moura et al., (2008). Esses curculionídeos voam para as inflorescências masculinas onde se alimentam, e também visitam as femininas durante a antese atraídos pelo estragole. No entanto, como não encontram recompensa, voam em busca de recursos em outras inflorescências (Gottsberger, 1990).

A maior atratividade de caiaué para espécies de *Mystrops* e sem variação no horário de atividade, discordando do fato de serem crepusculares com atividade entre 18:00 e 20:00 (Genty et al., 1986) mas, em algumas regiões, se observa também alguma atividade nas primeiras horas do dia. Esses nitidulídeos são péssimos polinizadores devido ao pequeno número de grãos de pólen que carregam e ao fato de apresentarem período curto de atividade (Genty et al., 1986).

O conhecimento da composição e as rotas químicas responsáveis pela síntese e dos voláteis emitidos pelas inflorescências em tenera e caiaué são fundamentais para variedades híbridas mais resistente, produtivas e polinizadas naturalmente.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUDAREVA, N. & PICHERSKY, E. Biochemical and molecular genetic aspects of floral scent. *Plant Physiology*, v.122, 627-633, 2000.

DUDAREVA, N. & PICHERSKY, E. *Biology of floral Scent*. 2006.

ERVICK, F.; TOLLSTEN, L. & KNUDSEN, J.T. Floral scent chemistry and pollination palms (Arecaceae). *Plant System Evolutionary*, v. 217, 279-297, 1999.

FUSSEL, U.; DOTTERI, S., JURGENS, A. & AAS, G. Inter- and intraspecific variation in floral scent in the Genus *Salix* and its implication for pollination. *Journal Chemical Ecology*, v.33, 749-765, 2007.

GENTY. P.; GARZON A.; LUCCHINI, F. & DELVARE, C. Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. *Oléagineux*, v.41, 99-111, 1986.

GOTTSBERGER, I.S. Pollination and evolution in palm. *Phyton*. v. 30, 213-233, 1999.

HARBORNE, J.R. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press. London. 278p., 1982.

HUSSEIN, M.Y.; LAJIS, N.H.; KINSON, A. & TEO, C.B. Laboratory and field evaluation on the attractancy of *Elaeidobius kamerunicus* Faust to 4-allylanisole. *Porim Bulletin*, Kuala Lumpur, v. 18, 20-26, 1989.

KITAMURA, P.C. Dendê: oferta e demanda no mercado internacional. Belém: EMBRAPA/CPATU. 24p. (DOCUMENTOS, 51), 1990.

KUMANO-NOMURA & YAMAOKA, R. Beetle visitations, and associations with quantitative variation of attractants in floral odors of *Homalomena propinqua* (Aaraceae). *Journal Plant Research*, v.122, 183-192, 2009.

KUNERT, M.; BIEDERMANN, A.; KOCH, T. & BOLAND, W. Ultrafast sampling and analysis of plant volatiles by a hand-held miniaturised GC with pre-concentration unit: Kinetic and quantitative aspects of plant volatile production. *Journal Separation Science.*, v. 25, 677-684, 2002.

KNUDSEN, J.T.; ANDERSON, S. & BERGMAN, P. Floral scent attraction in *Geonoma macrostachys*, an understorey palm of the Amazonian rain forest. *Oikos*, 85, 409-418, 1999.

LAJIS, N.H., HUSSEIN, M.Y. & TOI, R.F. Extraction and Identification of the Main Compound Present in *Elaeis Guineensis* Flower Volatiles. *Pertanika*, 8, 105 -108, 1985.

MOURA, J.I.L, CIVIDANES, F.J., SANTOS FILHO, L.P. & VALLE, R.R. Polinização do dendezeiro por besouros no sul da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, 289, 2008.

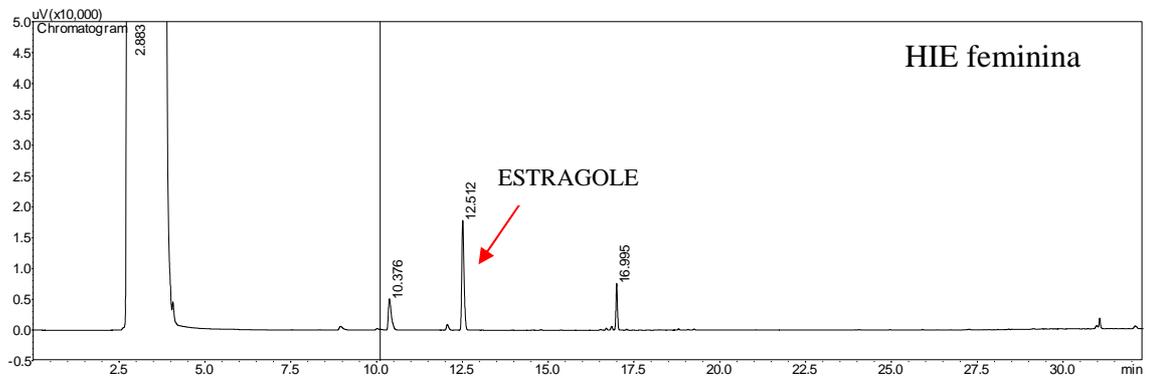
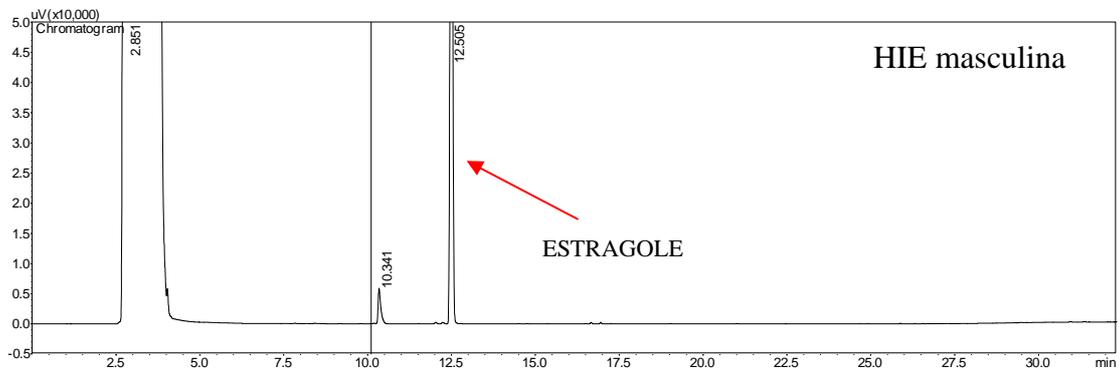
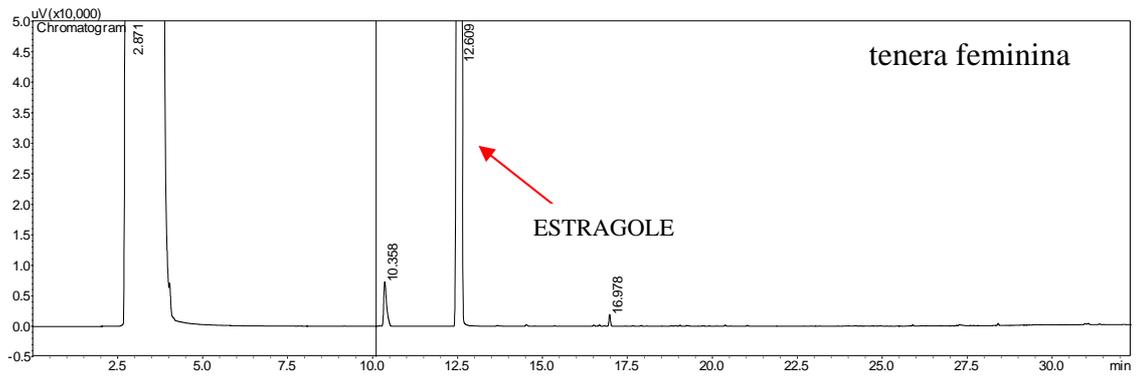
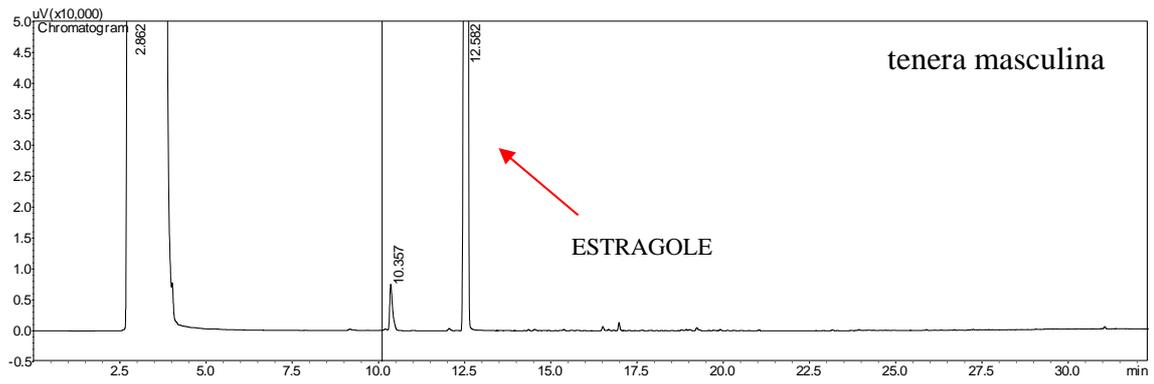
PICHERSKY, E. & GERSHENZON, J. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 5, 237-243, 2002.

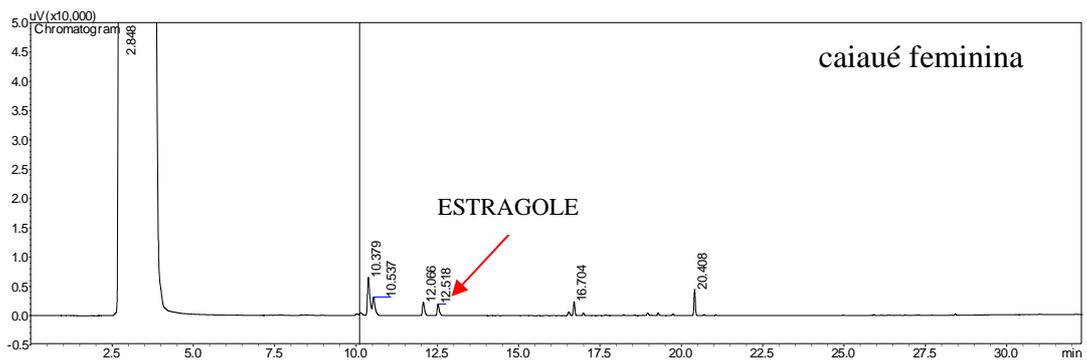
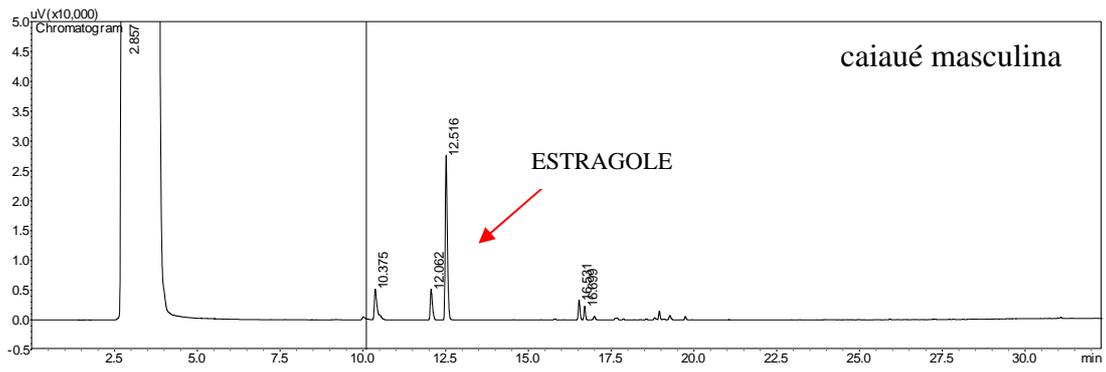
SYED, R.A. Insect pollination of oil palm: Introduction, establishment and pollinating efficiency of *Elaeidobius kamerunicus* in Malaysia. *Planter*. v.58, 547-561,1982.

SURRE, C. & ZILLER, R. La palma de aceite. Barcelona. Ed. Blume. 243p, 1969.

TANDON, R., MANOHARA, T.N., NIJALINGAPPA, B.H.M. & SHIVANNA, K.R. Pollination and Pollen-pistil Interaction in Oil Palm, *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany*. v.87, 831-838, 2001.

ANEXO I





ANEXO I - Perfil cromatográfico do estragole liberado pelas inflorescências masculinas e femininas de tenera, HIE e caiaué.