



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

ISLA SIMPLICIO TEIXEIRA

BIOATIVIDADE DO LÍQUIDO DA CASTANHA DO CAJU (LCC) E
CARACTERIZAÇÃO DAS SENSILAS ANTENAIAS DA PRAGA *Anacampsis phytomiella*
BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

FORTALEZA

2025

ISLA SIMPLICIO TEIXEIRA

BIOATIVIDADE DO LÍQUIDO DA CASTANHA DO CAJU (LCC) E CARACTERIZAÇÃO
DAS SENSILAS ANTENAS DA PRAGA *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA:
GELECHIIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitossanidade

Orientadora: Dra. Nívia da Silva Dias
Coorientadora: Dra. Ariane Morgan Leal Soares

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T266 Teixeira, Isla.
 Bioatividade do líquido da castanha do caju (lcc) e caracterização das sensilas antenais da praga
 anacampsis phytomiella busck, 1914 (lepidoptera: gelechiidae) / Isla Teixeira. – 2025.
 62 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
 Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2025.
 Orientação: Prof. Dr. Nivia da Silva Dias.
 Coorientação: Prof. Dr. Ariane Morgan Leal Soares.
1. pragas cajueiro. 2. ácidos anacárdicos. 3. LCC. 4. sensilas . I. Título.

CDD 630

ISLA SIMPLICIO TEIXEIRA

BIOATIVIDADE DO LÍQUIDO DA CASTANHA DO CAJU (LCC) E CARACTERIZAÇÃO
DAS SENSILAS ANTENAS DA PRAGA *ANACAMPSIS PHYTOMIELLA* BUSCK, 1914
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitossanidade

Orientadora: Dra. Nivia da Silva Dias
Coorientadora: Dra. Arianne Morgana Leal Soares

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Nivia da Silva Dias (Orientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical

Dr^a Érica Costa Calvet
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a Poliana Martins Duarte
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a Merybeth Fernandez Triana
Universidade de Lund

A Deus.

Aos meus pais, Valério Soares e Virginia
Elizabete e meu irmão Igor Simplicio.

Ao meu marido, Breno Fernandes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por proporcionar as oportunidades necessárias para concluir a pesquisa com êxito e dedicação.

Agradeço a minha família, pelo apoio, motivação e amor incondicional durante toda essa trajetória.

Ao meu esposo, Breno Caiana Fernandes, por todo carinho, companheirismo, paciência e por dedicar-se a ser meu porto seguro durante esse momento tão desafiador em minha vida.

À minha orientadora Doutora Nivia da Silva Dias pela confiança, orientação, apoio e amizade ao longo deste percurso acadêmico.

À minha co-orientadora Doutora Ariane Morgana, por todo seu apoio, dedicação, e por se dispor a compartilhar os conhecimentos necessários para a realização deste trabalho.

Ao professor Wagner da Silva Melo por ter auxiliado com a estatística da dissertação.

Ao Oiram Filho, por ter se disponibilizado a me ensinar a fazer as análises no HPLC.

A Doutora Celi Muniz, por ter se disponibilizado a ensinar a utilizar o MEV.

Aos membros da banca examinadora, Dra Érica Calvet e Dra Poliana Martins Duarte, Dra Merybeth Fernandez Triana por suas contribuições e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Ao meu irmão Igor Simplicio Teixeira, por ser a minha maior inspiração e força durante o decorrer da minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de laboratório, por todo incentivo, troca de conhecimentos e afeto durante esses dois anos de convivência. Saibam que quero levá-los comigo para toda a vida.

À Embrapa Agroindústria Tropical, por fornecer as condições necessárias para a realização desta pesquisa.

Universidade Federal do Ceará, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (fitotecnia), pelo acolhimento.

A todos, minha mais sincera gratidão!

RESUMO

A produtividade do cajueiro é comprometida pela ação de diversos insetos-praga, com destaque para a traça-das-castanhas. O controle químico, ainda que amplamente utilizado, apresenta limitações e riscos. A necessidade de desenvolver métodos de controle mais eficientes e sustentáveis impulsiona a busca por novas alternativas, como a exploração da resistência genética das plantas. A presença de compostos químicos específicos no cajueiro pode atuar como barreira natural que são desfavoráveis ao inseto fitófago. Este trabalho possui o objetivo de: 1. Quantificar os ácidos anacárdicos presentes no extrato de LCC em maturis (frutos jovens) de diferentes genótipos sadios e infestados pela traça-das-castanhas, e avaliar a resposta olfativa da praga aos extratos; 2. Analisar a morfologia e os tipos de sensilas antenais entre machos e fêmeas de *A. phytomiella*. Os resultados indicam que: 1. Os genótipos sadios PRO_155/2, PRO_130/1 e CCP_76, assim como o genótipo infestado PRO_115/2, apresentaram perfis de ácidos anacárdicos semelhantes. No entanto, o genótipo PRO_143/7, tanto sadio quanto infestado, apresentou teores semelhantes de monoeno e trieno, enquanto o PRO_130/1 infestado apresentou os maiores níveis desses compostos. O genótipo CCP_76 infestado apresentou os níveis mais elevados de dieno. A resposta olfativa da *A. phytomiella* aos LCC's dos genótipos infestados e sadios não diferiram entre si. No entanto a resposta total dos insetos testados, foram maiores para o PRO 130/1, indicando que tal óleo pode possuir compostos voláteis (COVs) detectados por estes indivíduos. Foram identificados nove tipos de sensilas: tricóides, basicônica, chaética, coelocônica, estilocônicas, escamiforme, auriculica, uniporosa e cerdas de bohm. As sensilas tricóideas e basicônicas são frequentes em ambos os sexos, enquanto as sensilas coelocônicas e estilocônicas são as mais abundantes nas fêmeas e as uniporosas a menos abundante entre as estruturas sensoriais encontradas nas antenas de ambos os sexos. Desta forma, conclui-se que na fase de maturi, os genótipos suscetíveis de cajueiro tendem a aumentar as concentrações de ácidos anacárdicos presentes no LCC como defesa ao ataque de *A. phytomiella*. O LCC do genótipo 130/1 total (sadios e infestados) pode influenciar o comportamento da *A. phytomiella*, podendo possuir misturas específicas de compostos que guiam o inseto para a planta hospedeira. As antenas da traça-das-castanhas possuem diversas sensilas responsáveis localizara em toda a extensão da antena.

Palavras-chaves: pragas cajueiro, ácidos anacárdicos, LCC, sensilas

ABSTRACT

Cashew productivity is compromised by the action of several insect pests, especially the cashew moth. Chemical control, although widely used, has limitations and risks. The need to develop more efficient and sustainable control methods drives the search for new alternatives, such as exploring the genetic resistance of plants. The presence of specific chemical compounds in cashew trees can act as a natural barrier that is unfavorable to the phytophagous insect. This study aims to: 1. Quantify the anacardic acids present in the LCC extract in maturis (young fruits) of different healthy genotypes and those infested by the chestnut moth, and evaluate the olfactory response of the pest to the extracts; 2. Analyze the morphology and types of antennal sensilla between males and females of *A. phytomiella*. The results indicate that: 1. The healthy genotypes PRO_155/2, PRO_130/1 and CCP_76, as well as the infested genotype PRO_115/2, presented similar anacardic acid profiles. However, the genotype PRO_143/7, both healthy and infested, presented similar levels of monoene and triene, while the infested PRO_130/1 presented the highest levels of these compounds. The infested genotype CCP_76 presented the highest levels of diene. The olfactory response of *A. phytomiella* to the LCCs of the infested and healthy genotypes did not differ from each other. However, the total response of the tested insects was higher for PRO_130/1, indicating that this oil may contain volatile compounds (VOCs) detected by these individuals. Nine types of sensilla were identified: trichode, basiconic, chaetic, coeloconic, styloconic, squamiform, aurilic, peg uniporous and Bohm's bristles. Trichode and basiconic sensilla are frequent in both sexes, while coeloconic and styloconic sensilla are the most abundant in females and uniporous sensilla are the least abundant among the sensory structures found in the antennae of both sexes. Thus, it is concluded that in the maturi phase, susceptible cashew genotypes tend to increase the concentrations of anacardic acids present in the LCC as a defense against the attack of *A. phytomiella*; The LCC of the total genotype 130/1 (healthy and infested) can influence the behavior of *A. phytomiella*, and may have specific mixtures of compounds that guide the insect to the host plant. The antennae of the chestnut moth have several sensilla located along the entire length of the antenna.

Keywords: cashew pests, anacardic acids, LCC, sensilla.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Traça-das-castanhas do cajueiro	12
2.2	Mecanismo de resistência das plantas a insetos	13
2.3	Causas químicas de resistências	14
2.4	Sistema olfativo dos insetos.....	15
	CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS ÁCIDOS ANACARDICOS E ATIVIDADE OLFATIVA DA PRAGA <i>Anacampsis phytomiella</i> BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) AO LÍQUIDO DA CASTANHA DE CAJU	22
3	INTRODUÇÃO	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Caracterização química do líquido da castanha de caju (LCC)	26
4.1.1	Extração do LCC	26
4.2	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)	27
4.3	Resposta comportamental da <i>Anacampsis phytomiella</i> ao LCC	27
5	RESULTADOS	28
6	DISCUSSÃO	29
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	32
	CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO DAS SENSILAS ANTENAS DA <i>Anacampsis phytomiella</i> BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE).	39
8	INTRODUÇÃO	42
9	MATERIAL E MÉTODOS	43
9.1	Insetos	43
9.2	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	44
9.3	Terminologia e análise dos dados	44
10	RESULTADOS	45
10.1	Morfologia antenal de <i>Anacampsis phytomiella</i>	45

10.2	Estrutura e distribuição dos diferentes tipos de sensilas	45
10.2.1	Sensila tricóides	45
10.2.2	Sensila basicônica	46
10.2.2. 1	Tipo I	46
10.2.2. 2	Tipo II	46
10.2.3	Sensila chaética	47
10.2.4	Sensila coelocônica	47
10.2.5	Sensila stilocônica	47
10.2.6	Sensila escamiforme	48
10.2.7	Sensila aurilica	48
10.2.8	Sensila peg uniporosa	48
10.2.9	Cerdas de Bohm	49
11	DISCUSSÃO	49
12	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), pertencente à família Anacardiaceae e ao gênero *Anacardium*, é uma árvore perene nativa do semiárido brasileiro, adaptada ao clima tropical). Seu fruto, a castanha, contém uma amêndoa envolta por uma casca firme e um líquido inflamável e cáustico, conhecido como líquido da casca da castanha (LCC) (Braga, 2019). Em 2023, o Brasil produziu 308,9 toneladas de castanha-de-caju, com destaque para os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (IBGE, 2023).

A produtividade do cajueiro é prejudicada por diversas doenças e insetos que afetam várias partes da planta, incluindo caules, folhas, inflorescências e amêndoas, resultando em perdas significativas (Adeniyi et al., 2023). O principal inseto-praga que compromete a produtividade da cultura é a *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (Lepidoptera: Gelechiidae), cuja fase larval se alimenta da amêndoa da castanha, comprometendo-a e inviabilizando sua comercialização (Mesquita; Braga Sobrinho, 2013).

A presença da traça-das-castanhas no campo é indicada por orifícios circulares, geralmente localizados na extremidade distal das castanhas. Esses orifícios são feitos pelas larvas para permitir a saída dos insetos adultos após completarem seu desenvolvimento (Melo; Bleicher, 2002; Mesquita; Braga Sobrinho, 2013). No entanto, as estratégias de manejo para o controle de *A. Phytomiella* são bastante desafiadoras, pois o local onde a larva se abriga dificulta o contato direto da praga com qualquer produto, seja ele químico ou biológico (Dias-Pini et al., 2021).

No Brasil, para o controle dessa espécie de praga, os produtores dependem principalmente do método de controle químico. No entanto, atualmente não existem produtos registrados especificamente para o controle desta praga (Agrofit, 2024). Devido à mencionada dificuldade e à ausência de produtos registrados, os cajucultores têm utilizado inseticidas não aprovados para a cultura de caju. Essa prática inadequada, aliada à falta de diversidade de agentes químicos disponíveis no mercado, pode acelerar a seleção de populações resistentes, além de representar riscos significativos à saúde humana e ao meio ambiente (Duarte, 2018).

Desta forma, para o controle de artrópodes-praga, a seleção de plantas resistentes por meio de programas de melhoramento genético tem-se consolidado como uma estratégia eficiente para o manejo integrado de pragas (MIP). Plantas resistentes podem reduzir o uso de pesticidas, melhorar a qualidade e o rendimento, e diminuir os custos de produção em diversas culturas (Duarte, 2016; Rão et al., 2017). Tal resistência pode ser expressa por características morfológicas, físicas ou químicas, desfavoráveis ao inseto fitófago, como a presença de

tricomas ou compostos secundários (substâncias não-nutritivas) sintetizados pelas plantas (Santos, 2016). Essas características agem como mecanismos de defesa naturais das plantas, dificultando a alimentação, a movimentação e/ou o desenvolvimento dos insetos, reduzindo, assim, seu impacto sobre as culturas.

Dentre os metabólitos secundários produzidos pelas plantas, os compostos fenólicos destacam-se como mecanismo de defesa essencial. Eles representam uma barreira protetora sintetizada internamente pela planta, ativada em resposta a estresses, sejam eles de origem biótica ou abiótica. Esses compostos aumentam a oxidação de polímeros, tornando a planta pouco palatável, indigesta, e de baixo valor nutricional para o inseto, consequentemente inibindo a herbivoria (Kumar et al., 2014). Espécies do gênero *Anacardium* apresentam alto teor de compostos com propriedades tóxicas (Dias-Pin et al., 2021). Dentre destes, destacam-se os principais compostos fenólicos encontrados no LCC, são os ácidos anacárdicos, cardol e cardanol (Yuliana et al., 2012). O ácido anacárdico tem efeito deterrente e repelente, afetando o crescimento e desenvolvimento dos insetos, conferindo resistência ao cajueiro (Andayanie et al., 2019). Contudo, tal substância que viabiliza essa resistência ainda é pouco explorada, necessitando ser mais estudada.

Adicionalmente, as plantas são capazes de liberar compostos voláteis (COV's) presentes no ambiente com o intuito de atrair organismos benéficos para o seu desenvolvimento, tais como polinizadores e inimigos naturais. No entanto, os COVS também podem ser importantes elos de informação química para diferentes insetos-pragas que utilizam tais compostos como pistas olfativas e auxiliam na busca por plantas hospedeiras, desempenhando papéis críticos na relação interdependente entre plantas e insetos (Qian et al., 2024).

Além disso, devido ao sistema olfativo altamente desenvolvido dos insetos, esses organismos tendem a encontrar mecanismos de adaptação aos hospedeiros para garantir sua sobrevivência. Por exemplo, eles utilizam os COV's produzidos pelas plantas hospedeiras como indicadores de alimento, abrigo e locais para oviposição. As antenas dos insetos são os principais órgãos olfativos, sendo em parte responsáveis pela detecção e seleção de moléculas voláteis presentes no ambiente (Silva et al., 2019). O sistema sensorial olfativo dos artrópodes possui inúmeras estruturas chamadas de sensilas que são morfologicamente distintas e têm funções diversas, influenciando o comportamento, facilitando a comunicação e a sobrevivência das espécies em seu habitat (Silva et al., 2019).

O estudo morfológico das sensilas nos insetos visa elucidar os mecanismos olfativos e o reconhecimento de moléculas eletrofisiológicas ativas, conforme descrito por Silva

et al. (2019). A identificação e a caracterização das sensilas antenais são essenciais para avançar nos estudos de ecologia química dos insetos. Essas pesquisas buscam compreender o sistema de comunicação entre os insetos (Brito et al., 2016; Park et al., 2018), o que é fundamental para o desenvolvimento de novos métodos de manejo de pragas, incluindo controle comportamental e monitoramento em campo.

No entanto, a morfologia externa das antenas e das sensilas ainda é pouco estudada em muitos insetos, como é o caso da espécie *A. phytomiella*. Desta forma, para o desenvolvimento de métodos de controle eficazes, é essencial compreender melhor o sistema olfativo dos insetos e os mecanismos da planta que viabilizam a resistência das plantas a esses organismos. Assim, esse trabalho tem como objetivo:

1. Quantificar os ácidos anacárdicos presentes no extrato de LCC em maturis de diferentes genótipos sadios e infestados pela traça-das-castanhas.
2. Avaliar a resposta comportamental da *A. phytomiella* de insetos aos extratos;
3. Identificar e diferenciar os tipos de sensilas antenais de machos e fêmeas de *A. phytomiella* por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Traça-das-castanhas do cajueiro

A *Anacampsis phytomiella* Busck, 1914 (Lepidoptera: Gelechiidae) faz parte de um grupo vasto e diversificado que abrange aproximadamente 4.700 espécies descritas, distribuídas em cerca de 500 gêneros (Nieukerken et al., 2011). No Brasil, esse inseto é considerado a principal praga da frutificação do cajueiro (*Anacardium Occidentale* L).

Há poucos estudos sobre os aspectos biológicos de *Anacampsis phytomiella*. O adulto da traça-das-castanhas é uma mariposa de hábito noturno, com aproximadamente 8 mm de comprimento e uma envergadura de 16 mm, apresentando coloração predominantemente cinza escuro, com áreas cinza claro nas asas anteriores (Mesquita et al., 2008). A larva mede cerca de 12 mm de comprimento e possui coloração avermelhada (Figura 1). A pupa também apresenta coloração avermelhada e é encontrada dentro de um casulo de fios de seda, localizado no interior da castanha (Mesquita et al., 2008).

O inseto adulto coloca os ovos próximo a junção da castanha com o pseudo-fruto, na qual a larva coloniza e se alimenta da amêndoa, e antes do seu estágio de pupa constrói um orifício na parte distal do fruto, sendo caracterizado como o principal sintoma da presença da

praga, e ficando conhecida como “castanha furada” (local de emergência do inseto adulto) (Melo e Bleicher, 2002). O surgimento dos primeiros indivíduos de *A. phytomiella* acompanha a fase inicial da frutificação, conhecida como maturi, e seu desenvolvimento intensifica-se progressivamente ao longo do desenvolvimento da castanha-de-caju.

No entanto, a falta de estudos sobre a dinâmica populacional de *Anacampsis phytomiella* no campo envolve dificuldades logísticas, na qual o hábito das larvas de se integrarem no interior das castanhas de caju, torna-se difícil sua detecção visual. O principal sintoma da infestação é a presença de orifícios nas extremidades das castanhas, o que já indica a presença do inseto nos pomares e que está próximo de emergir o adulto. A dinâmica populacional de diferentes pragas agrícolas pode ser influenciada por uma série de fatores bióticos, como interações entre espécies, e abióticos, como a temperatura (Okueama et al., 2011). Compreender como esses fatores e suas interações afetam a dinâmica populacional da praga é crucial para programas de manejo (Kogan, 1998; Liebhold e Tobin, 2008).

A presença desses insetos, é visível tanto em cajueiros comuns quanto em variedades anãs. No entanto, há poucos relatos sobre seu aspecto biológico e morfológicos, possivelmente devido à ausência de métodos estabelecidos para a sua criação em laboratório.

2.2 Mecanismo de resistência das plantas a insetos

A resistência de plantas a insetos herbívoros pode manifestar-se por meio de diversos mecanismos, os quais podem estar vinculados aos atributos intrínsecos da planta, às características do organismo praga e às condições ambientais (Baldin et al., 2019). A resistência de plantas a artrópodes-pragas fundamenta-se em características genéticas transmitidas hereditariamente, que fazem com que a planta seja menos danificada que outra suscetível, nas mesmas condições (Gullan e Cranston, 2014).

De forma geral, uma planta dispõe de diversos métodos para defender-se do ataque de diferentes pragas, os quais são agrupados em três tipos: não-preferência, antibiose e tolerância. A não-preferência ocorre quando a planta é menos utilizada pelo inseto para alimentação, oviposição ou abrigo, do que outra planta exposta às mesmas condições (Lara, 1991). Os fatores que promovem a não-preferência envolvem as defesas químicas e físicas das plantas, que atuam diretamente no inseto, afetando a sua sobrevivência e desenvolvimento (Gullan e Cranston, 2017).

A defesa química das plantas está associada à produção de metabólitos secundários, que podem atuar como repelentes contra diversas espécies de insetos (Morais et al., 1998).

Esses compostos podem causar uma variedade de efeitos nos insetos, como a deterrence alimentar ou de oviposição, redução da taxa de alimentação e da capacidade de metabolização dos alimentos, além de depressão da função imunológica dos insetos (Lill e Marquis, 2001). Em contraste, a defesa física está relacionada principalmente com a cor do substrato, determinando a seleção pelo hospedeiro ou não, e afetando indiretamente a alimentação e oviposição do inseto (Machado et al., 2015).

A antibiose pode ser expressa quando os insetos se alimentam normalmente das plantas, e estas, por sua vez, exercem um efeito adverso sobre o desenvolvimento dos insetos (Santos, 2016). Os principais efeitos desse tipo de defesa das plantas sobre a biologia dos insetos são mortalidade da fase imatura, menor crescimento e peso, deformações e aumento no ciclo de vida do inseto (Baldin et al., 2019). Os fatores da antibiose incluem toxinas, inibidores de crescimento, redução nos níveis de nutrientes, como também altas concentrações de componentes vegetais indigeríveis que afetam os insetos (Gullan e Cranston, 2007). Em alguns casos, a causa da antixenose é tão significativa que os insetos ao tentarem colonizar o hospedeiro, morrem por ausência de alimentação (Smith, 2005).

A tolerância refere-se à habilidade da planta em se recuperar dos danos provocados por artrópodes-pragas, incluindo a capacidade de se regenerar após a destruição de tecidos, sem prejuízos significativos em seu rendimento (Painter, 1951). Ao contrário da antixenose e da antibiose, que manifestam efeitos negativos na biologia do inseto, a tolerância representa uma resposta adaptativa da planta, sendo este dependente exclusivamente da planta e não do inseto. (War et al., 2013). As plantas conseguem se recuperar das ações causadas por insetos pragas, graças a presença de vários mecanismos. Estes incluem a compensação do crescimento, aumento da taxa fotossintética líquida e da taxa relativa de crescimento, maior ramificação ou perfilhamento, altos níveis de carbono armazenados nas raízes e a habilidade de redirecionar essas reservas de carbono para a parte aérea (Ribeiro et al., 2015).

Entre os três tipos de resistência, não-preferência, antibiose e tolerância, a incorporação de genótipos com resistência do tipo antibiose no sistema produtivo revela-se altamente vantajosa, uma vez que tal resistência diminui o desempenho biológico da espécie-praga, reduzindo o tamanho de sua população nas gerações subsequentes (Vedramin et al., 2019).

2.3 Causas químicas de resistências

As plantas sintetizam uma ampla gama de compostos orgânicos denominados metabólitos secundários, compostos secundários ou produtos naturais. Essas substâncias são responsáveis por conferir defesa aos vegetais contra o ataque de herbívoros e patógenos. Esses compostos são divididos em três classes moleculares: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados.

Os compostos fenólicos englobam uma variedade de substâncias vegetais que possuem uma hidroxila ligada a um anel aromático em sua composição química (Hoffmann-Campos e Graça, 2019). São originados em plantas que estão passando por condições de estresse tais como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (Miranda, 2021).

Os compostos fenólicos desempenham um papel crucial no mecanismo de defesa das plantas contra insetos, contribuindo significativamente para o desenvolvimento fisiológico e morfológico da planta (Danaila et al., 2008). Essas substâncias representam uma solução prática e duradoura para manter a praga em níveis inferiores ao limite de dano econômico, sem causar impactos adversos ao ambiente (Goiana, 2016).

Plantas do gênero *Anacardium*, como o cajueiro (*A. occidentale*), apresentam elevada concentração de fenóis insaturados de cadeia longa, incluindo ácidos anacárdicos (AcAn), cardanol, cardol e seus isômeros (Yuliana et al., 2012). Esses compostos constituem cerca de 90% do líquido encontrado na castanha de caju e possuem propriedades tóxicas em sua composição (Correia et al., 2006).

Em um ensaio sem chances de escolha, folhas de batatas pulverizadas com AcAn foram significativamente menos consumidas por *Leptinotarsa decemlineata* SAY (Coleoptera: Chrysomelidae) em comparação com a testemunha, além de ser observado que o crescimento e desenvolvimento das larvas foram afetados após a ingestão dos AcAn demonstrando eficácia no controle (Schultz et al., 2006). Essas características tornam o LCC uma ferramenta valiosa na agricultura sustentável, promovendo a defesa das plantas contra os fatores adversos.

2.4 Sistema olfativo dos insetos

As antenas são os principais órgãos sensoriais dos insetos pois fornecem informações importantes para processos complexos como busca de parceiro sexual e hospedeiros, fuga de predadores, percepção de condições ambientais adversas, e orientação de voo (Makarova et al., 2022). A percepção das informações ambientais em insetos ocorre através de estruturas multimodais envolvidas na mecanorrecepção, termorrecepção, higrorrecepção, quimiorrecepção e recepção gustativa (Silva et al., 2019). Essas estruturas funcionam como os

principais órgãos olfativos, ajudando na detecção de moléculas odoríferas no ambiente, como compostos voláteis de plantas hospedeiras e feromônios sexuais, além de perceber sinais físicos de temperatura e umidade (Bawin et al., 2017; Li et al., 2018).

As antenas são divididas em três partes principais: escapo, pedicelo, e o flagelo. Em geral, no escapo e no pedicelo está localizado a maior parte dos sensores mecânicos e no flagelo estão os receptores químicos e térmicos, principalmente nos segmentos mais distais da cabeça (Zacharuk, 1985). Esses sensores estão localizados nos pelos, conhecidos como sensilas, que é definida como uma área especializada do tegumento que consiste em células formativas, células nervosas sensoriais e em alguns casos por células auxiliares (Schneider, 1964). Tais estruturas são protegidas por uma camada de escamas que envolvem toda a antena.

Em muitas espécies de insetos, a forma e o tamanho das antenas de ambos os sexos são praticamente os mesmos, diferindo significativamente apenas no número de sensilas de um determinado tipo (Steinbrecht *et al.*, 1995). Segundo Moraes (2008), existem diferentes tipos de sensilas que podem ser divididas em três grandes categorias: sensilas com poros distribuídos por toda a cutícula (multiporosas); sensilas com um poro na ponta (uniporosas); e sensilas sem poros. As sensilas multiporosas são responsáveis pela recepção de feromônios e outras substâncias odorantes, enquanto as uniporosas são associadas à função gustativa, e as sem poros têm relevância como mecanosensitivas e termosensitivas (Moraes et al., 2008).

Atualmente já foram observados diferentes tipos de sensilas em diversas ordens de insetos, e as mais comuns são sensila coelocônica, squamiformia, chaética, styloconica, tricódea, basicônica e auricillica (Silva *et al.*, 2019). Algumas espécies de mariposas machos possuem maior número, tipos ou subtipos de sensilas do que as fêmeas, evidenciando que as fêmeas são os portadores de moléculas odoríferas, uma vez que geralmente liberam substâncias atraentes para os machos (Bawin et al., 2017).

Desta forma, as pesquisas voltadas para a compreensão das estruturas das sensilas nos insetos são essenciais para elucidar os mecanismos olfativos e o reconhecimento de moléculas eletrofisiologicamente ativas (Silva et al., 2019). Esses estudos podem ajudar a entender o sistema de comunicação entre insetos coespecíficos e suas plantas hospedeiras (Brito et al., 2016).

REFERÊNCIAS

ADENIYI, D, O., ASOGWA, E, U. Dinâmica de doenças e pragas de insetos do cajueiro. **Forest Microbiology**, p. 265-284, 2023.

AGROFIT. SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Consulta de Praga/Doença. Disponível em: http://www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 28 out. 2024.

ANDAYANIE, W. R., NURIANA, W.; ERMAWATY, N. Compostos bioativos e sua atividade antialimentar no extrato da casca da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) contra *Bemisia tabaci*, (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta agriculturae Slovenica*, [s. l.], v. 2, p. 281–288, 2019.

ARAÚJO, F. E. de., BARROS, L. M. de., SANTOS, A. A., ALMEIDA, J. I. L., CAVALCANTE, M. L. S., TEIXEIRA, L. M. S. A traça da castanha – nova praga do cajueiro no Estado do Ceará. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**, v. 4, p. 11, 1987.

BALDIN, E. L. L., VENDRAMIM, J. D., LOURENÇÃO, A. L. Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações. [Introdução]. In: Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações. Piracicaba: FEALQ, 2019. p. 493.

BAWIN, T., COLLORD, F., BACKER, L., YAROU, B. B., COMPERE, P., FRANCIS, F., VERHEGGEN, F. J. Structure and distribution of the sensilla on the antennae of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Micron*, [s. l.], v. 96, p. 16-28, 2017.

BRAGA, D. C. **Compostos fenólicos em pedúnculos de clones de cajueiro e a relação com a adstringência e suas subqualidades**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2019.

BRITO, N. F., MOREIRA, M. F., MERO, A. C. A. A look inside odorant-binding proteins in insect chemoreception. *J. Insect Physiol.*, [s. l.], v. 95, p. 51-65, 2016.

CORREIA, S. J., DAVID, J. P., DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de anacardiaceae. **Química Nova**, v. 29, p. 1287-1300, 2006.

DANAILA, MIHAELA; POPA, Valentin I. Antifungal activity of natural phenolic compounds on *Saccharomyces Cerevisiae*. **Roumanian Biotechnological Letters**, v. 13, n. 6, p. 8-12, 2008.

DIAS-PINI, N. S., MACIEL, G. P. S., ARAÚJO, J. L., GOMES FILHO, A. A. H., SILVA, D. M.; VIDAL NETO, F.C., BARROS, L. M. Preferência da Traça-da-castanha por Genótipos de Cajueiro-anão e Metodologia de Avaliação da Infestação em Campo. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 137)**, p. 18, 2017.

DUARTE, P. M. Fontes e mecanismos de resistência de clones de cajueiro-anão à traça-da-castanha. **(Dissertação)**. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/Agronomia, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2018.

DUARTE, P. M., MACIEL, G. P., SARAIVA, W. V., MELO, J. W., MACEDO, V. H., MELO, D. S., DIAS-PINI, N. S. Nut yield and infestation of *Anacampsis phytomiella* Busck (Lepidoptera: Gelechiidae) in progeny of the dwarf cashew. **Phytoparasitica**, v. 51, n. 4, p. 899-907, 2023.

GRAZZINI, R., HESK, D., HEININGER, E., HILDENBRANDT, G., REDDY, C. C., COX-FOSTER, D.; MEDFORD, J.; CRAIG, R.; MUMMA, R. O. Inhibition of lipoxygenase and prostaglandin endoperoxide synthase by anacardic acids. **Biochem. Biophys. Res. Commun.**, v. 176, 775-780, 1991.

GULLAN, P. J., CRANSTON, P. S., MCINNES, K. H., HOENEN, S. M. M. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 3. ed. São Paulo: Roca, p. 440, 2017.

HARTMANN, D.; JANICH, P. **Methodischer Kulturalismus**. 1996.

HA, T. J., KUBO, I. Lipoxygenase inhibitory activity of anacardic acids. **J. Agric. Food Chem.** 2005, 53, 4350-4354.

HOFFMANN-CAMPOS, C. B., GRAÇA, J. P. O papel dos metabolismos secundários na resistência de plantas a insetos. In: BAILDIN, E. L. L., VENDRAMIN, J. D., LOURENÇO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. São Paulo, FEALG, p. 115- 121, 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Em julho, IBGE prevê safra de 308,9 milhões de toneladas para 2023. **Agência IBGE notícias**, 2023. Disponível em: genciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/37607-em-julho-ibge-preve-safra-de-308-9-milhoes-de-toneladas-para-2023.

LARA, F. M., de BORTOLI, S. A., & AL, B. J. Resistencia de plantas a insetos. **Informe Agropecuario Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais**, v. 12, 1986.

LIEBHOLD, A. M., TOBIN, P, C. Population ecology of insect invasions and their management. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 53, n. 1, p. 387-408, 2008.

LILL, J.T., MARQUIS, R. J. The effects of leaf quality on herbivore performance and attack from natural enemies. **Oecologia**, v. 126, p. 418-428, 2001.

KOCH, K. G., CHAPMAN, K., LOUIS, J., HENG-MOSS, T; SARATH, G. Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 210231, 2016.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual review of entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

KUBO, I., KIM, M., NAYA, K., KOMATSU, S., YAMAGIWA, Y., OHASHI, K., SAKAMOTO, Y., HIRAKAWA, S., KAMIKAWA, T. Prostaglandin synthetase inhibitors from the African medicinal plant *Ozoroa mucronata*. **Chemistry Letters**, p. 1101-1104, 1987

MAKAROVA, A. A., DIAKOVA, A. A., CHAIKA, S. Y., Scaling of the sense organs of insects. 2. Sensilla. Discussion. Conclusion. **Entomological Review**, v. 102, p. 323-346, 2022.

MELO, Q. M. S., BLEICHER, E. Identificação e manejo das principais pragas. In: MELO, Q. M. S. (Ed.) Caju fitossanidade. **Frutas do Brasil**, 26. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 9-34, 2002.

MESQUITA, A. L. M., BRAGA SOBRINHO, R., BECKER, V.O. Taxonomic identification of lepidopterous species of cashew plant in Brazil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, p.617-618, 1998.

MESQUITA A. L. M., SOBRINHO, R.B. **Pragas e doenças do cajueiro**. In: Araújo, J.P.P. (Ed.). *Agronegócio caju: práticas e inovações*, Brasília: Embrapa, p. 195-215, 2013.

MESQUITA, A. L. M., BRAGA SOBRINHO, R., BECKER, V. O. Taxonomic identification of lepidopterous species of cashew plant in Brazil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 617-618, 1998. Disponível em: <<https://www.doi.org/10.1590/S0301-80591998000400020>>. Acesso em: 28 de maio de 2024.

MESQUITA, A. L. M., OLIVEIRA, V. H. de., BRAGA SOBRINHO, R., ELOI, W. M. ., INNECCO, R., MATOS, S. H. Controle da traça-da-castanha com produtos à base de óleos essenciais e hidrolatos. **Comunicado Técnico**, Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.

MIRANDA, L, N, N. Quantificação de compostos fenólicos em diferentes compartimentos arbóreos de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. 2021. **Dissertação** (Bacharel em Engenharia Florestal), Instituto Federal de Minas Gerais, 2021.

MORAES, M. C. B., LAUMANN, R. A., PAULA, D. P., PAREJA, M., SILVA, C., VIEIRA, H. G. Eletroantenografia: a antena do inseto como um biossensor. Embrapa Agroindústria Tropical (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 270), p. 18, 2008.

NIEUKERKEN, E. J., KAILA, L., KITCHING, I. J. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. In: ZHANG, Z. Q. **Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness**. *Zootaxa*, v. 3148, n. 1, p. 212-221, 2011. Disponível em: <<https://www.doi.org/10.11646/zootaxa.3148.1.2>>. Acesso em: 27 de maio de 2024.

PARK, K. C., JEONG, S. A., KWON, G., OH, H.-W. Olfactory attraction mediated by the maxillary palps in the striped fruit fly, *Bactrocera scutellata*: Electrophysiological and behavioral study. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, p. 1–13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/arch.21510>. Acesso em: 30 de maio de 2024.

PAINTER, R. L. University Press of Kansas. **The mechanisms of resistance**. In **Insect resistance in crop plants**, [s. l.], p. 23-83, 1951.

PRAKASH, A., RAO, J., MUKHERJEE, A. K., BERLINER, J., POKHARE, S. S., ADAK, T.; MUNDA, S., SHASHANK, P. R. Climate change: impact on agricultural pests. Odisha, India: **Association of Applied Zoologists Research (AZRA)**, Central Rice Research Institute, 2014.

QIAN, Q., CUI, J.; MIAO, Y., XU, X., GAO, H., XU, H., ZHU, P. The Plant Volatile-Sensing Mechanism of Insects and Its Utilization. **Plants**, v. 13, n. 2, p. 185, 2024.

RÃO, D. E., DIVYA, K., PRATHYUSHA, I. V. S. N., CHAITANYA, K.V. Insect-Resistant Plants. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**, [s. l.], p. 47-74, 2017.

REZAYIAN, M., NIKNAM, V., EBRAHIMZADEH, H. Differential responses of phenolic compounds of *Brassica napus* under drought stress. **Iranian Journal of Plant Physiology**, v. 8, n. 3, p. 2417-2425, 2018.

RODRIGUES, C. D. N., MOTTA, L. B., FERREIRA, M. M. S. Obtenção e detecção de substâncias de origem vegetal. In: Ensino de Botânica - **Curso para atualização de professores de Educação Básica: A Botânica no cotidiano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 59-65, 2008.

SACHSE, S., KRIEGER, J. Olfaction in insects: the primary processes of odor recognition and coding. **e-Neuroforum**, v. 2, p. 49-60, 2011.

SACHSE, S., KRIEGER, J. Olfaction in insects. **E-Neuroforum**, [s. l.], v. V, p. 49–60, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13295-011-0020-7>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SCHMIDT, H. R., BENTON, R. Molecular mechanisms of olfactory detection in insects: beyond receptors. **Review articles**, [s. l.], v. 10, 2020. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsob.200252>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SANTOS, E. S. **Resistência de clones de cajueiro à mosca-branca-do-cajueiro *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) (Hemiptera: Aleyrodidae) e aspectos biológicos do inseto**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016

SILVA K. B., da SILVA, C. B., JÚNIOR, K. A. L. R., de FREITAS, J. M. D., de FREITAS, J. D., CHIA, G. S., ... & SANTANA, A. E. G. Morphology and distribution of antennal sensilla of *Automeris liberia* (Lepidoptera: Saturniidae). **Micron**, v. 123, p. 102682, 2019.

SOBRINHO, R. B., MESQUITA, A. L. M., HAWERROTH, F. L., SILVA, K. S., KAVATI, R. Identificação e Monitoramento de Pragas na Produção Integrada da Graviroleira. **Embrapa Agroindústria Tropical (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 142)**, [s. l.], ed. 1, 2011.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Berlin, Springer. 2005. 423 p.

STEINBRECHT, R. A., LAUE, M., ZIEGELBERGER, G. Immunolocalization of pheromone-binding protein and general odorant-binding protein in olfactory sensilla of the silk moths *Antheraea* and *Bombyx*. **Cell Tissue Res**, [s. l.], v. 282, p. 203–217, 1995.

KUMAR, L., MAHATMA, M. K., KALARIYA, K. A., BISHI, S. K., MANN, A. Plant Phenolics: Important Bio- Weapon against Pathogens and Insect Herbivores. **Popular Kheti**, v. 2, p. 149-142, 2014.

SCHULTZ, D. J., OLSEN, C., COBBS, G. A., STOLOWICH, N. J., PARROTT, M. M. Bioactivity of anacardic acid against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) larvae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 20, p. 7522-7529, 2006.

VENDRAMIM, J. D., GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: Bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 1055-1105, 2013.

WAR, A. R. PAULRAJ, M. G., HUSSAIN, B., BUHOO, A. A., IGNACIMUTHU, S., SHARMA, H. C. Effect of plant secondary metabolites on legume pod borer, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Pest Science**, v. 86, p. 399-408, 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 374-381.

YULIANA, M., TRAN-THI, N. Y., JU, Y. Effect of extraction methods on characteristic and composition of Indonesian cashew nutshell liquid. **Industrial Crops and Products**, v. 35, n. 1, p. 230-236, 2012.

CAPÍTULO I
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS ÁCIDOS ANACARDICOS E ATIVIDADE
COMPORTAMENTAL DA PRAGA *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) AO LÍQUIDO DA CASTANHA DE CAJU

RESUMO

A traça-das-castanhas é uma praga que compromete a produção de caju, alimentando-se dos frutos em desenvolvimento. A identificação de mecanismos de resistência em diferentes genótipos de cajueiro é crucial para o controle dessa praga. Os ácidos anacárdicos (AcAn), compostos com potencial inseticida, são considerados importantes para a resistência da cultura. Neste estudo, avaliou-se a composição de AcAn em diferentes genótipos de cajueiro, tanto sadios quanto infestados pela traça, e a resposta olfativa de insetos adultos a esses compostos. A análise química foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), comparando genótipos moderadamente resistentes (PRO_143/7 e PRO_155/2) e suscetíveis (CCP_76 e PRO_130/2). Um olfatômetro de tubo Y foi utilizado para avaliar a resposta olfativa dos LCCs dos genótipos PRO_143/7 e PRO_130/2 a insetos adultos. A análise química por CLAE revelou que os genótipos apresentaram perfis de AcAn semelhantes, com variações nos teores de monoeno, dieno e trieno. O genótipo PRO_143/7, tanto sadio quanto infestado, apresentou teores semelhantes de monoeno e trieno, enquanto o PRO_130/1 infestado apresentou os maiores níveis desses compostos. O genótipo CCP_76 infestado apresentou os níveis mais elevados de dieno. Na análise da resposta olfativa, os insetos não foram atraídos pelos extratos, exceto pelo PRO_130/1 total, que apresentou maior resposta olfativa. Conclui-se que os teores de AcAn variam entre genótipos e podem ser influenciados pela infestação. A atividade olfativa dos extratos merece mais investigações, com maior número de repetições. Os resultados sugerem que os AcAn podem estar envolvidos na resistência ao ataque da traça-das-castanhas, mas são necessários mais estudos para elucidar o mecanismo de ação desses compostos.

Palavras-chaves: praga cajueiro; fenólicos; olfatometria.

ABSTRACT

The cashew nut moth is a pest that compromises cashew production by feeding on developing fruits. Identifying resistance mechanisms in different cashew genotypes is crucial for controlling this pest. Anacardic acids (AcAn), compounds with insecticidal potential, are considered important for crop resistance. In this study, the AcAn composition in different cashew genotypes, both healthy and infested by the moth, and the olfactory response of adult insects to these compounds were evaluated. Chemical analysis was performed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC), comparing moderately resistant (PRO_143/7 and PRO_155/2) and susceptible (CCP_76 and PRO_130/2) genotypes. A Y-tube olfactometer was used to evaluate the olfactory response of LCCs of the PRO_143/7 and PRO_130/2 genotypes to adult insects. Chemical analysis by HPLC revealed that the genotypes presented similar AcAn profiles, with variations in the levels of monoene, diene and triene. The genotype PRO_143/7, both healthy and infested, presented similar levels of monoene and triene, while the infested PRO_130/1 presented the highest levels of these compounds. The infested genotype CCP_76 presented the highest levels of diene. In the analysis of the olfactory response, the insects were not attracted to the extracts, except for the total PRO_130/1, which presented a greater olfactory response. It is concluded that the AcAn levels vary between genotypes and may be influenced by the infestation. The olfactory activity of the extracts deserves further investigation, with a greater number of replicates. The results suggest that AcAn may be involved in the resistance to the attack of the chestnut moth, but further studies are needed to elucidate the mechanism of action of these compounds.

Keywords: cashew pest; phenolics; olfactometry.

3 INTRODUÇÃO

A cajucultura é uma fonte de renda crucial para os estados do Nordeste, especialmente para as regiões semiáridas, onde a planta pode produzir durante a entressafra, enquanto culturas alimentares tradicionais enfrentam limitações devido à escassez hídrica (Serrano, 2016). Os principais produtos da cajucultura são a amêndoa da castanha-de-caju e o pedúnculo (pseudofruto), ambos vulneráveis a diversos fatores, incluindo o ataque de insetos-praga. Esses indivíduos prejudicam a produtividade e a qualidade dos frutos, resultando em baixo retorno econômico (Serrano e Oliveira, 2013; Serrano, 2016). Entre as pragas-chave desta cultura, destaca-se a traça-da-castanha *Anacampsis phytomiella* Busck 1914 (Lepidoptera: Gelechiidae), que causa danos significativos, comprometendo a produtividade do cajueiro.

Em seu estágio larval, o inseto alimenta-se da amêndoa da castanha, destruindo-a completamente e tornando-a inadequada para comercialização (Melo; Bleicher, 1998). A infestação da traça pode variar dependendo da fase de maturação da castanha, com um aumento significativo dos danos à medida que a castanha amadurece. Devido ao hábito alimentar endofítico da traça-das-castanhas, o controle químico é dificultado, já que os inseticidas não conseguem alcançar as larvas protegidas no interior da castanha-de-caju (Melo e Bleicher, 2002; Duarte et al., 2023).

Desse modo, o uso de plantas resistentes a insetos-pragas tem se consolidado como estratégia eficaz em diversas culturas, proporcionando um controle sustentável, diminuindo o custo de produção e minimizando o uso de inseticidas (Vendramin & Guzzo, 2013). A resistência de plantas pode incluir defesas estruturais, como espinhos e cutículas cerosas, além de defesas bioquímicas, como proteínas e compostos químicos (Lev-Yadun, 2016).

Os produtos químicos responsáveis pela defesa da planta são metabólitos secundários, caracterizados por compostos fenólicos, terpenos, benzenoides, fenilpropanoides, flavonoides e compostos contendo nitrogênio. No cajueiro, um dos principais compostos orgânicos são os compostos fenólicos, especialmente os ácidos anacárdicos, que são encontrados no líquido da castanha de caju (LCC). O LCC é um líquido cáustico e inflamável, presente na casca da castanha de caju, que constitui aproximadamente 25% do peso total da castanha (Amorati et al., 2001). Tal composto desempenha um papel crucial na defesa da planta contra insetos devido às suas propriedades inseticidas, contribuindo para a resistência da cultura e influenciam o comportamento dos insetos (Duarte, 2018).

Segundo Silveira et al. (2019), diferentes dosagens de LCC (0,03; 0,05 e 0,09 mg.mL⁻¹ possuem ação repelente contra os adultos de *Dinoderus minutus* FABRICIUS, 1775 em *Bambusa vulgaris*, impedindo-os de penetrar nos toletes de bambu pulverizados com o

extrato. Em outro estudo realizado por Brito et al. (2004), o LCC alterou o ciclo biológico da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* J. E. SMITH, 1797, prolongando o período larval e afetando o comportamento da praga. A exploração deste potencial inseticida em programas de melhoramento genético pode auxiliar na identificação e seleção de genótipos resistentes a insetos-praga (Duarte, 2018). Desta forma, tal mecanismo de resistência ainda é pouco estudado, necessitando buscar mais informações sobre as características químicas das plantas que estejam envolvidas em tal processo.

No entanto, os efeitos dos compostos encontrados no LCC sobre a *Anacampsis phytomiella*, ainda são desconhecidos. Por fim, partindo da hipótese de que os teores de ácidos anacárdicos variam de acordo com o grau de infestação da traça-das-castanhas e de que esses compostos podem influenciar o comportamento do inseto, o objetivo deste trabalho foi quantificar os grupos químicos presentes no extrato de LCC em maturis de diferentes genótipos sadios e infestados pela traça-das-castanhas, e avaliar a resposta olfativa dos insetos aos extratos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização química do líquido da castanha de caju (LCC)

4.1.1 Extração do LCC

Para a extração do LCC, adotou-se a metodologia proposta por Oiram Filho (2017). O campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, fica localizado em Pacajus, CE (4°10'35"S e 38°28'19"W; altitude de 79 m) é constituído por 13 genótipos tendo 8 plantas por genótipo. A seleção dos genótipos baseou-se no estudo realizado por Duarte (2018), que destacou a resistência moderada dos genótipos PRO 143/7 e PRO 155/2 e a alta suscetibilidade dos genótipos PRO 130/1 e CCP76. Para a amostragem experimental de extração foram coletados dez maturis sadios e dez infestado de cada planta por genótipo. Em laboratório o material foi selecionado e uniformizado por tamanho e presença de óleo, sendo realizada a extração de 10 maturis por genótipo (Figura 2). Todo o material coletado passou por um processo de secagem em estufa a 40° C, durante 72 horas. Em seguida, foi realizado um corte sagital com o auxílio de uma tesoura de poda, na qual as amêndoas juntamente com a película foram removidas, deixando apenas a casca.

A extração do LCC foi realizada por uma prensa hidráulica (Marconi MA/098/50A/I), com auxílio de uma célula de extração de óleo e uma bandeja coletora, a prensa foi ajustada a uma pressão de 153 kgf/cm² a 40° C (Figura 3). O tempo de prensagem foi de 5 minutos, nos quais o primeiro e último minuto são referentes apenas à ajuste do equipamento,

e os outros 3 minutos para a prensagem (Cavalcante, 2014). As cascas de castanha foram envolvidas em tecido *voil* e carregadas em uma célula de extração, a qual possuiu uma malha que atua como filtro. O LCC extraído foi armazenado em frasco de vidro âmbar e mantido em temperatura ambiente.

Para a análise dos ácidos anacárdicos presentes no LCC, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, consistindo em um fatorial duplo que avaliou 4 genótipos *versus* 3 tipos de ácidos anacárdicos, com três repetições. Os dados foram submetidos a um modelo de machine learning não supervisionado, implementado na linguagem R, utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) devido à presença de coeficientes de correlação relativamente elevados. Os resultados multivariados foram representados em um biplot, gerado pela função padrão *biplot* do software R (R Core Team, 2023).

4.2 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

A identificação do perfil químico do LCC foi realizada utilizando um sistema CLAE (HPLC), composto por um cromatógrafo Shimadzu LC-20AB Prominence, um detector de arranjo de diodo Shimadzu SPD-M20A Prominence e um autosampler Shimadzu SIL-20AC Prominence. O controle instrumental e o processamento dos dados foram realizados com o software Shimadzu LC Solution.

Utilizou-se o método desenvolvido por Paramashivappa et al. (2001), com uma coluna cromatográfica de fase-reversa Shimadzu Shim-pack CLC – ODS(M) C18 (150 mm x 4,6 mm x 5 µm). A fase móvel utilizada é composta de acetonitrila, água e ácido acético numa proporção (80:20:1), em modo isocrático. O tempo de corrida foi de 30 min, com fluxo de 1,5 mL min⁻¹, à temperatura de 30 °C e com volume de injeção da amostra de 20 µL. A detecção foi realizada a um comprimento de onda de 280 nm e a aquisição dos espectros UV foi realizada na faixa de comprimento de onda de 200 a 400 nm.

Todas as análises foram realizadas em triplicatas. Os compostos trieno, dieno e monoeno foram separados com base em suas interações com a fase estacionária da coluna, eluindo em tempos de retenção distintos. A identificação desses compostos foi realizada comparando os tempos de retenção e os espectros de absorção UV-Vis das amostras com padrões presentes na literatura. A quantificação foi efetuada por meio da construção de curvas de calibração utilizando padrões puros dos compostos fenólicos de interesse.

4.3 Resposta comportamental da *Anacampsis phytomiella* ao LCC

A atividade comportamental dos insetos da *A. phytomiella* pelo LCC de maturis infestados e sadios foi testada em uma sala com fotoperíodo de 12h de fotofase e 12h de escotofase, sendo iniciado o período noturno às 5h da manhã, e ambiente controlado (26 °C temperatura e 70 % Umidade), utilizando lâmpada vermelha na sala durante os bioensaios e um olfatômetro em formato de tubo Y (Figura 4). O fluxo de ar dentro do sistema foi gerado por uma bomba a vácuo conectada ao braço central do olfatômetro. O ar foi puxado e filtrado através de um filtro de carvão ativado, conectado a um medidor de vazão calibrado para 1L/min. Todas as peças foram interligadas por mangueiras de silicone e borrachas antiácidas, garantindo que não houvesse escape de ar no sistema.

Insetos adultos (Fêmeas e machos) com 24 horas de emergência foram testados individualmente, e sua resposta foi considerada positiva quando os insetos caminhavam/voavam passando a metade de um dos braços do olfatômetro e permaneciam nele. Cada inseto foi observado por um período de 10 minutos. Os insetos que não escolheram qualquer fonte dentro desse período foram considerados não responsivos e excluídos da análise. Para evitar possíveis interferências na resposta olfativa dos indivíduos, o olfatômetro foi girado 180° após duas observações. A fonte de odor foi alternada entre os braços e trocadas por novos papéis filtro impregnado após quatro observações. Após quatro ensaios, o olfatômetro foi lavado com sabão neutro e água, após retirar todo sabão foi lavado com álcool 70%, e levado para estufa de esterilização à 80 °C por 1 hora. Os bioensaios foram realizados entre a quarta e a décima hora (9:00horas e 15:00horas).

As respostas comportamental dos insetos da *A. phytomiella* foram testadas nos genótipos PRO 130/1 (susceptível) e PRO 143/7 (moderadamente resistente), testadas nos seguintes tratamentos e nas seguintes repetições: (a) LCC de maturis infestados do genótipo Pro 130/2 vs. ar puro (23 repetições); (b) LCC de maturis sadios do genótipo Pro 130/1 vs. ar puro (27 repetições); (c) LCC de maturis infestados do genótipo Pro 143/7 vs. ar puro (25 repetições); (d) LCC de maturis sadios do genótipo Pro 143/7 vs. ar puro (27 repetições). Para análise estatística foram realizados teste qui-quadrado (χ^2) ao nível de ($p \leq 0,05$) para determinar diferença significativa entre os extratos e o controle (ar), buscando verificar a bioatividade dos extratos.

5 RESULTADOS

A partir das análises realizadas no CLAE, foram observados cinco picos cromatográficos com base nos tempos de retenção e nos espectros UV dos compostos encontrados. A Figura 5 mostra o perfil cromatográfico de dois tipos de maturis (infestado e

sadio), nos quais foram identificados os picos de I a III: ácidos anacárdicos trieno (I), dieno (II) e monoeno (III). Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Oiran filho (2017), nas quais a ordem de eluição dos compostos isolados ocorre em função da polaridade de cada um deles.

Houve variação nos teores de ácidos anacárdicos (AcAn) presentes nos LCCs dos maturis em função do grau de infestação pela praga (Figura 6). A análise do Biplot, com base na disposição das observações e vetores, revelou uma correlação distinta entre os compostos Monoeno e Trieno e Dieno. Observou-se que os genótipos sadios PRO_155/2, PRO_130/2 e CCP_76, assim como o genótipo infestado PRO_115/2, apresentaram perfis de ácidos anacárdicos semelhantes.

No entanto, Pro 143/7 sadio e infestado pela praga, se situam entre os vetores de Monoeno e Trieno, indicando uma correlação positiva moderada com esses compostos. Por outro lado, o genótipo PRO_130/1, quando infestado, apresentou os níveis mais elevados de Monoeno e Trieno em comparação com os demais clones, enquanto o genótipo CCP_76 infestado possui os níveis mais elevados de Dieno do que os demais compostos. Desta forma, o acúmulo desses ácidos variou de acordo com os clones e as condições de infestação (Tabela 1).

Ao analisar a resposta comportamental, os resultados indicaram que *A. phytomiella* não foi significativamente atraída pelos extratos de LCC dos genótipos PRO_130/1 e PRO_143/2 infestados ou sadios, em comparação com o controle (ar) (Figura 7 (A)). É importante ressaltar que este é um estudo preliminar e mais repetições devem ser executadas para melhor elucidação da bioatividade dos extratos. No entanto, ao observar todos os insetos testados, notou-se que o PRO_130/1 possui maior resposta comportamental do que PRO_143/2, quando se compara ao controle (Figura 8 (B)).

6 DISCUSSÃO

A análise revela que a presença da traça-das-castanhas pode impactar os níveis de ácidos anacárdicos de maneira específica para cada genótipo. Nos genótipos suscetíveis, a produção de AcAn tende a aumentar, enquanto nos genótipos moderadamente resistentes, essa produção geralmente não é afetada. No geral, nota-se que para as versões sadia e infestada do PRO_155/2 a infestação não teve um grande impacto sobre a composição dos ácidos anacárdicos nesse genótipo. Dentre os genótipos moderadamente resistentes, o PRO_143/7 foi o único que apresentou concentrações elevadas de Monoeno e Trieno tanto na versão sadia quanto na infestada. De maneira semelhante, o genótipo PRO_130/1, quando infestado, acumulou maiores teores de Monoeno e Trieno, enquanto o CCP_76 apresentou uma maior

concentração de Dieno. Esses resultados indicam que as respostas bioquímicas à infestação pela traça-da-castanha são específicas para cada genótipo.

Em um estudo semelhante, Duarte (2018) constatou que existem diferenças significativas nos teores de ácidos anacárdicos (AcAn) conforme o grau de maturação das castanhas. Os genótipos PRO 155/2 e PRO 130/1 apresentaram maiores teores de AcAn em castanhas maduras em comparação às castanhas no estágio maturi. Em castanhas infestadas, o genótipo altamente susceptível PRO 130/1 apresentou teor de AcAn significativamente inferior em comparação aos demais genótipos. Isso sugere que, quando a castanha está no estágio de maturi, a planta é capaz de produzir mais compostos fenólicos como um meio de defesa contra a presença do inseto, enquanto em castanhas maduras o teor de AcAn tende a diminuir devido ao estágio de senescência do fruto. Já foi comprovado que tais compostos possuem propriedades inseticidas, conferindo resistência ao cajueiro (Schultz et al., 2006).

O AcAn do tipo trieno é um importante antioxidante que pode inibir a enzima acetilcolinesterase (AChE) (Moraes et al., 2017), enquanto o monoeno é um inibidor da lipoxigenase-1, que catalisa a peroxidação do ácido linoleico e o dieno atua na inibição da peroxidação (Kubo et al., 2008). Estudos indicam que as plantas alocam defesas químicas de forma mais intensa em frutos imaturos, pois esses possuem tecidos altamente nutritivos e ainda não têm defesas físicas, dependendo mais das defesas químicas para a sua proteção contra insetos (Rhoades e Cates, 1976; Maynard et al., 2020).

Porém, esse resultado não confirma a hipótese que os teores de AcAn afetam o comportamento da traça-das-castanhas (não-preferência ou antixenose), pois embora o genótipo PRO 130/1 apresentou aumento na concentração de AcAn no decorrer da infestação da praga, um estudo realizado por Duarte, (2018), foi observado alta suscetibilidade desse genótipo em três anos consecutivos (2014, 2015, 2016). Em contrapartida, no mesmo estudo, a autora indicou que o genótipo PRO 143/7 apresenta moderada resistência a traça-das-castanhas, tendo em vista que sofreu um dano pouco menor que o dano médio sofrido pelas cultivares com as quais foram confrontados. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias-Pini et al., 2017; assim, mesmo que este genótipo PRO 130/1 possua alta concentração de AcAn em sua versão infestado pela praga, ele ainda é susceptível ao ataque do inseto.

Na literatura existe uma caracterização do perfil volátil de variedades de caju (variedade vermelha e amarela), observou-se que os principais constituintes voláteis encontrados no LCC da variedade vermelha são os ácidos palmítico (19,6%) e oleico (19,6%). No caso do LCC da variedade amarela, os compostos principais foram ácidos palmíticos (11,4%), furfural (10,0%), ácido 4-hidroxidodecanoico lactona (8,2%), (E)-hex-2-enal

(7,2%) e (Z)-hex-3-enol (6,2%). Além disso, no óleo de flores da variedade vermelha, β -cariofileno (26,0%), salicilato de metila (12,8%) e tiglate de benzila (11,3%) foram detectados como os principais constituintes (Maia et al., 2000).

Dentre esses compostos, estudos demonstram que o ácido palmítico pode ser utilizado por diferentes insetos, como *Aulacophora foveicollis* Lucas, 1849 (Coleoptera: Chrysomelidae) como uma sugestão olfativa para a localização da planta-hospedeiro (Mukherjee et al., 2015;). Uma vez volatilizados, os compostos orgânicos voláteis (COVs) podem ser detectados por insetos através de seus receptores olfativos (Bomar e Lockwood, 1994). Assim, é possível que os insetos da traça-das-castanhas também possam utilizar compostos do LCC como sinal químico para localizar a planta hospedeira. No entanto, para comprovar a atividade do LCC sobre a traça-das-castanhas, são necessários mais bioensaios para verificar melhor a resposta comportamental dos insetos a esses extratos.

Mesmo dentro de uma espécie, diferentes genótipos adotam estratégias sutilmente distintas para coexistir com insetos-praga, o que pode afetar a alocação de recursos entre crescimento e defesa (Jander et al., 2001). Este estudo revelou que cada genótipo de cajueiro se comporta de maneira diferente na presença da praga, sugerindo que a resposta olfativa da traça-das-castanhas pode variar entre genótipos. No entanto, para demonstrar se os maturis possuem uma resposta ao inseto, são necessários novos experimentos, tais como: (i) verificar se os maturis de diferentes genótipos influenciam na resposta comportamental da *A. phytomiella*; (ii) identificar compostos voláteis presentes na amêndoa que podem influenciar na escolha de ovoposição das fêmeas acasaladas da traça-das-castanhas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os teores de AcAn estão relacionados ao nível de infestação da traça-da-castanha, podendo aumentar ou diminuir suas concentrações, de acordo com o genótipo e o tipo de AcAn (trieno, dieno, monoeno). *A. phytomiella* apresenta resposta comportamental ao LCC do genótipo 130/1.

REFERÊNCIAS

- AMORATI, R., PEDULLI, G. F., VALGIMIGLI, L., ATTANASI, O. A., FILIPPONE, P., FIORUCCI, C., SALADINO, R. Absolute rate constants for the reaction of peroxy radicals with cardanol derivatives. **Journal of the Chemical Society**, Perkin Transactions 2, n. 11, p. 2142-2146, 2001.
- BRAGA, D. C. **Compostos fenólicos em pedúnculos de clones de cajueiro e a relação com a adstringência e suas subqualidades**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.
- BOMAR, C. R., LOCKWOOD, J. A. Olfactory basis of cannibalism in grasshoppers (Orthoptera: Acrididae): II. Field assessment of attractants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 2261-2272, 1994.
- CAVALCANTE, J. M. Extração de alquilfenóis da casca, fenólicos da película e efeito do processamento industrial sobre constituintes da amêndoa de castanha de caju. 2014. 101 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -Centro de Tecnologia, **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2014.
- DUARTE, P. M., MACIEL, G. P., SARAIVA, W. V., MELO, J. W., MACEDO, V. H., MELO, D. S., DIAS-PINI, N. S. Nut yield and infestation of *Anacampsis phytomiella* Busck (Lepidoptera: Gelechiidae) in progeny of the dwarf cashew. **Phytoparasitica**, v. 51, n. 4, p. 899-907, 2023.
- GONÇALVES, M. W. O., MESQUITA, A. L. M., PEREIRA, R. C. A. Infestação da traça da castanha (*Anacampsis phytomiella* Busck) em frutos do cajueiro anão precoce consorciado com pimenta. **Editora Licuri**, p. 32-45, 2023.
- KUBO, I., HA, K., TSUJIMOTO, K., TOCOLI, F. E., GREEN, I. R. Evaluation of Lipxygenase Inhibitory Activity of Anacardic Acids. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 63, n. 7-8, p. 539-546, 2008.
- JANDER, G. G., CUI, J., NHAN, B., PIERCE, N. E., & AUSUBEL, F. M. The TASTY locus on chromosome 1 of Arabidopsis affects feeding of the insect herbivore Trichoplusia ni. **Plant physiology**, v. 126, n. 2, p. 890-898, 2001.
- LEV-YADUN, S. Plants are not sitting ducks waiting for herbivores to eat them. **Plant signaling & behavior**, v. 11, n. 5, p. e1179419, 2016.
- MAIA, J. S., ANDRADE, E. H. A., MARIA DAS GRAÇAS, B. Zoghbi. Volatile constituents of the leaves, fruits and flowers of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of food composition and analysis**, v. 13, n. 3, p. 227-232, 2000.
- MESQUITA, A. L. M., BRAGA SOBRINHO, R. Pragas e doenças do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**, Brasília, DF: Embrapa, p. 195-215, 2013.
- MORAIS, M. S., SILVA, A. K., HALLISON, A., VIEIRA, G. P. I.; ALVES, R. D.; FONTENELLE, O. S. R.; SILVA, M. S. A. Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. **Pharmaceuticals**, v. 10, n. 1, p. 31, 2017.

MUKHERJEE, A., SARKAR, N., BARIK, A. *Momordica cochinchinensis* (Cucurbitaceae) leaf volatiles: semiochemicals for host location by the insect pest, *Aulacophora foveicollis* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Chemoecology**, v. 25, p. 93-104, 2015.

OIRAM FILHO, F. Isolamento em escala preparativa de ácidos anacárdicos provenientes do líquido da casca da castanha do caju (LCC). p.65. Dissertação. **Universidade Federal do Ceará. Fortaleza**, Ceará, 2017.

MAYNARD, L. D., SLINN, H. L., GLASSMIRE, A. E., MATARRITA-CARRANZA, B., DODSON, C. D., NGUYEN, T. T., WHITEHEAD, S. R. Secondary metabolites in a neotropical shrub: spatiotemporal allocation and role in fruit defense and dispersal. **Ecology**, v. 101, n. 12, p. e03192, 2020.

MELO, Q. M. S., BLEICHER, E. Identificação e manejo das principais pragas. In: MELO, Q.M.S. (ed.) **Caju Fitossanidade**. Embrapa, p. 9-34, 2002.

RHOADES, D. F., CATES, Rex G. Toward a general theory of plant antiherbivore chemistry. In: **Biochemical interaction between plants and insects**. Boston, MA: Springer US, p. 168-213, 1976.

SERRANO, L. A. L., PESSOA, P. F. A. P. Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. **Embrapa agroindústria tropical: Fortaleza-Ceará**, 2016.

SERRANO, L. A. L., OLIVEIRA, VH de. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. **Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília, Embrapa**, p. 77-175, 2013.

Silveira, E. S. D., Machado, A. A., Favero, S., Roel, A. R., & Cereda, M. P. Líquido da casca da castanha-de-caju (LCC) como repelente do caruncho-do-bambu *Bambusa vulgaris*. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1389-1397, 2019

YACTAYO-CHANG, J. P., TANG, H. V., MENDONZA, J., CHIRISTENSEN, S. A., BLOCK, A. K. Plant defense chemicals against insect pests. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1156, 2020.

VENDRAMIM, J. D., GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: Bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 1055-1105, 2013.

ANEXOS



Figura 1: Lagarta de *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) no interior do maturi.

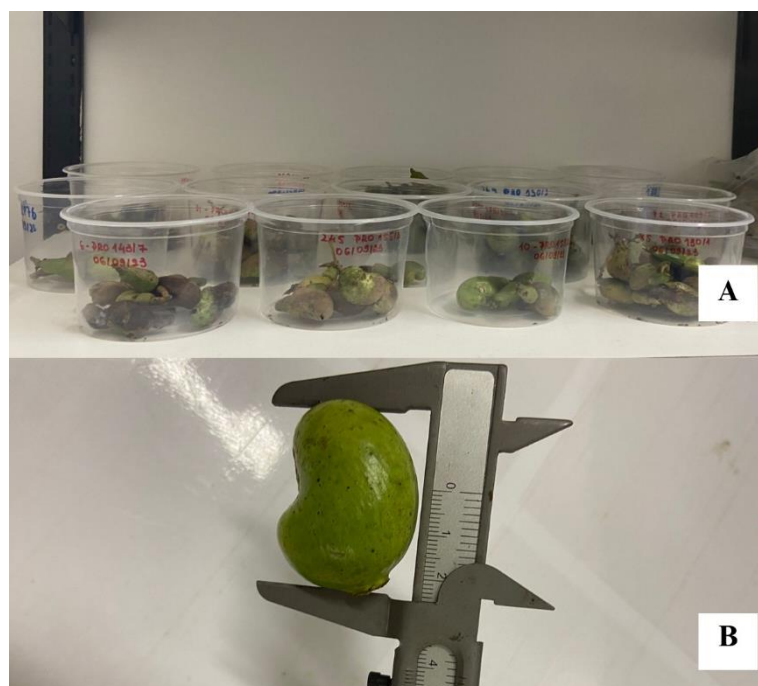


Figura 2: (A) separação dos maturis por genótipos saudáveis e infestados pela *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) (B) uniformização dos maturis por tamanho.



Figura 3: Processo para extração do líquido da castanha de caju (LCC). A. Cascas da castanha de caju envolvidas em tecido *voil* para serem colocadas na célula de extração. B. Instrumentos da célula de extração e bandeja coletora. C. Prensa hidráulica. D. LCC extraído.

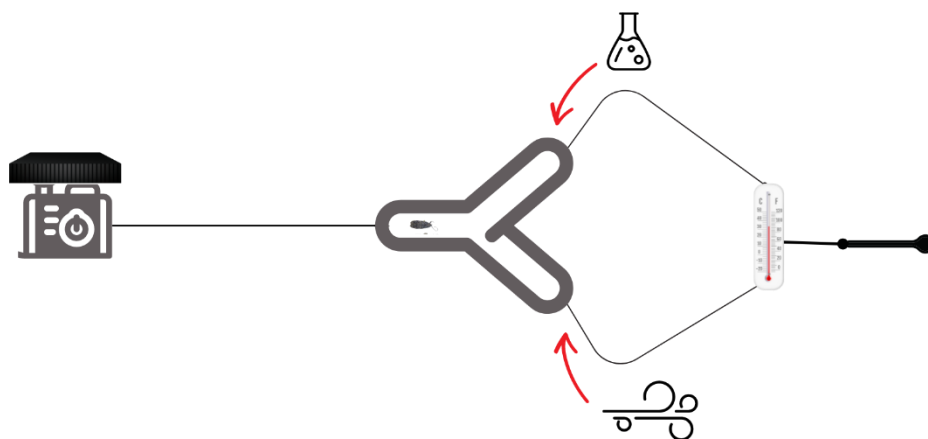


Figura 4: O bioensaio comportamental de atratividade de extratos de LCC de genótipos sadios e infestados à machos e fêmeas de *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE), realizado em olfatômetro em Y.

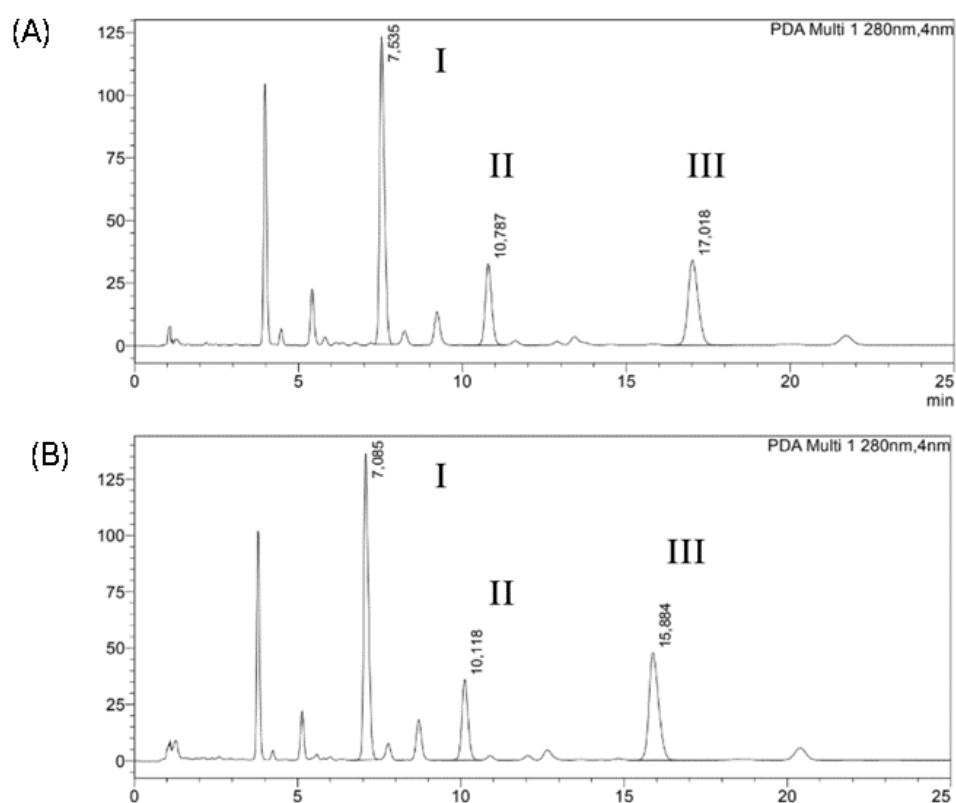


Figura 5: Cromatogramas do líquido da castanha de caju obtidos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência a partir de diferentes tipos de castanhas de caju. (a) castanha maturis infestados pela traça-da-castanha (b) maturis sadios pela traça-da-castanha. O perfil cromatográfico contém (I) trieno, (II) dieno e (III) monoeno.

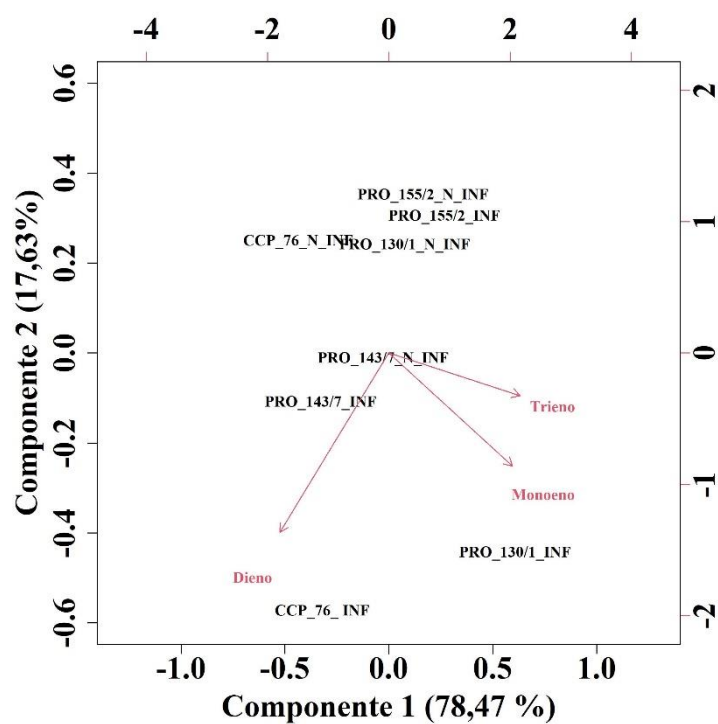
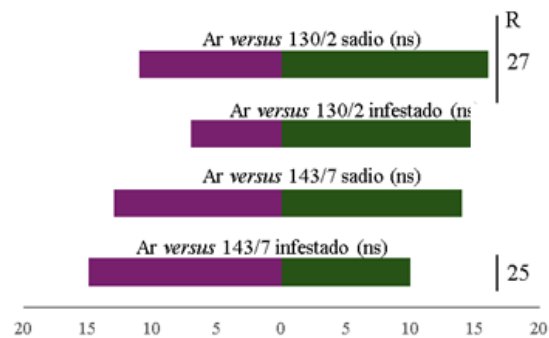


Figura 6. Análise de componentes principais entre as variáveis Monoeno, Dieno e Trieno ($\mu\text{g.mg}^{-1}$) de ácido anacárdico presentes no LCC de maturis sadios e furados pela *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE), Pacajus, CE.

Tabela 1. Quantificação de ácidos anacárdicos presente no LCC de diferentes genótipos de maturis sadios e infestados de cajueiros anão precoces pela *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE), via HPLC-DAD expressos em μg de ácidos anacárdicos por mg de LCC.

Ácidos Anacárdicos $\pm$ D.P. ($\mu\text{g.mg}^{-1}$)				
Genótipos	Sadio			
	Trieno	Dieno	Monoeno	Total
CCP 76	322,34 $\pm$ 8,59	225,69 $\pm$ 4,19	214,31 $\pm$ 4,09	762,34
PRO 130/1	412,46 $\pm$ 5,22	181,36 $\pm$ 4,27	244,92 $\pm$ 3,50	838,74
PRO 143/7	385,64 $\pm$ 3,16	206,32 $\pm$ 2,97	258,13 $\pm$ 3,48	850,09
PRO 155/2	402,29 $\pm$ 7,81	158,23 $\pm$ 4,80	261,86 $\pm$ 4,07	822,38
Médias	380,68	192,9	244,8	
CV (%)	1,83			
Genótipos	Infestado			
	Trieno	Dieno	Monoeno	Total
CCP 76	356,54 $\pm$ 6,07	279,35 $\pm$ 5,02	255,04 $\pm$ 4,89	890,93
PRO 130/1	466,43 $\pm$ 3,70	173,79 $\pm$ 4,90	338,72 $\pm$ 2,06	978,94
PRO 143/7	343,61 $\pm$ 7,9	242,83 $\pm$ 5,69	238,18 $\pm$ 5,76	824,62
PRO 155/2	392,33 $\pm$ 0,19	145,07 $\pm$ 1,87	289,01 $\pm$ 2,13	826,41
Médias	389,72	210,26	280,24	
CV (%)	1,6			

(A) respostas comportamentais da traça-das-castanhas aos diferentes genótipos sadios e infestados pelo inseto.



(B) respostas comportamentais da traça-das-castanhas totais aos diferentes genótipos sadios e infestados pelo inseto.

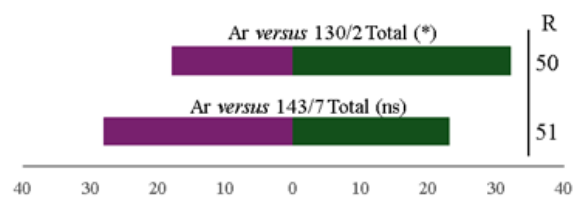


Figura 7: Respostas comportamentais dos insetos adultos da *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) ao LCC de maturis de genótipos de cajueiros infestados e sadios. Teste em olfactômetro de tubo Y. (A) Resultados das respostas comportamentais da traça-das-castanhas aos diferentes genótipos sadios e infestados pelo inseto; (B) Resultados das respostas comportamentais da traça-das-castanhas totais aos diferentes genótipos * indica resultados estatisticamente significativos ($P \leq 0,05$).

CAPÍTULO II
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DISTRIBUIÇÃO DAS SENSILAS
ANTENAS DA *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA:
GELECHIIDAE).

RESUMO

A emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs), liberados por plantas, auxiliam na sua comunicação química com diferentes espécies de artrópodes. O sistema olfativo dos insetos, é responsável pela recepção dos compostos presentes no ambiente, sejam eles liberados pelas plantas hospedeiras ou por parceiro sexual, o que auxiliam na busca por alimentos, habitat e locais de oviposição e acasalamento. No entanto, pouco se sabe sobre o sistema olfativo da traça-das-castanhas, praga chave do cajueiro, responsável por destruir completamente a amêndoa e inviabilizar a comercialização dos frutos. Estudar o sistema olfativo desse inseto é uma alternativa viável para desenvolver estratégias de controle alternativos, especialmente métodos de controle comportamental no manejo de pragas. O objetivo deste trabalho foi identificar os tipos de sensilas antenais entre machos e fêmeas de *A. phytomiella* por meio do uso do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). As antenas de ambos os sexos são filiformes, semelhantes em tamanho. Foram identificados nove tipos de sensilas: tricóides, basicônica, chaética, coelocônica, estilocônicas, escamiforme, auricilica, peg uniporosa e cerdas de bohm. As sensilas tricóideas e basicônicas são frequentes em ambos os sexos, enquanto as sensilas coelocônicas e estilocônicas são as mais abundantes nas fêmeas e as uniporosas a menos abundante entre as estruturas sensoriais encontradas nas antenas de ambos os sexos. Os tamanhos das sensilas variam de acordo com a sua localização, sendo maiores no final das antenas de ambos os sexos. Conclui-se que as antenas de ambos os sexos da *A. phytomiella* possuem nove tipos de sensilas, com tricóideas e basicônicas sendo as mais abundantes em ambos os sexos. Este estudo é o primeiro a descrever detalhadamente a morfologia das sensilas dessa espécie.

Palavras-chaves: pragas de cajueiro; antenas; órgãos olfativos.

ABSTRACT

Antennae of insects, which are covered with sensilla, are critical for environmental perception, enabling the detection of chemical and physical stimuli. These sensory structures are essential for activities such as host location, communication, and orientation. While the characterization of antennal sensilla is well documented in many insect groups, including the Gelechiidae family, no detailed studies exist on the sensilla of *Anacampsis phytomiella*, a pest of significant economic impact on cashew crops. This study aimed to identify and compare the types of antennal sensilla in male and female *A. phytomiella* using a Scanning Electron Microscope (SEM). Both sexes have filiform antennae of similar size. Nine types of sensilla were identified: trichoid, basiconic, chaetic, coeloconic, styloconic, squamiform, auricilic, uniporous peg, and Böhm's bristles. Trichoid and basiconic sensilla are abundant in both sexes, while coeloconic and styloconic sensilla are more prevalent in females. Uniporous peg sensilla are the least abundant sensory structures on the antennae of both sexes. Sensilla size varies with location, being larger at the distal ends of the antennae. This study concludes that *A. phytomiella* antennae possess nine types of sensilla, with trichoid and basiconic sensilla being the most abundant. It is the first detailed description of sensilla morphology in this species.

Keywords: cashew pests; antennas; olfactory organs.

8 INTRODUÇÃO

As plantas produzem uma vasta gama de metabólitos secundários, com um número estimado de mais de 200.000 compostos (Hartmann, 2007). Entre eles, os compostos orgânicos voláteis (COVs) destacam-se por suas altas pressões de vapor, permitindo-lhes se difundir facilmente no ambiente (Pichersky et al., 2006). Esses compostos têm o potencial de desencadear a comunicação necessária para atrair organismos benéficos, como polinizadores, predadores e parasitoides, além de estabelecer interações complexas com outras plantas e microrganismos (Divekar et al., 2022). No entanto, esses sinais químicos também servem como pistas olfativas para insetos-praga.

O sistema olfativo dos insetos utiliza um grande número de quimiorreceptores altamente sensíveis, conhecidos como sensilas, localizados principalmente nas antenas (Haverkamp et al., 2018). Esses sensores são responsáveis por detectar pistas químicas que desencadeiam atividades essenciais para a sobrevivência dos insetos, como a busca por alimento, acasalamento e escolha de locais para oviposição, detectando compostos liberados por plantas hospedeiras ou parceiros sexuais (Bawin et al., 2017; Li et al., 2021).

As características morfológicas das sensilas podem ser usadas para inferir sua função (Nakano et al., 2023), o que é fundamental para compreender a bioecologia dos insetos e estabelecer estratégias eficazes de controle de pragas. As sensilas presentes nas antenas de algumas espécies de lepidópteras são geralmente revestidas por uma camada de escamas que funciona como uma barreira protetora contra fatores externos, estando presente em toda a extensão da antena (Li, et al., 2024).

A detecção de estímulos químicos, mecânicos e térmicos fornecem informações sobre oportunidades de acasalamento (procura de parceiro sexual) e localização da planta hospedeira, influenciando diretamente o comportamento de orientação de voo do inseto. Portanto, a caracterização das sensilas presentes nas antenas dos insetos é essencial para entender a comunicação química e sua importância nos níveis eletrofisiológico e comportamental (Wicher & Miazzi, 2021).

Muitos insetos apresentam uma diversidade significativa de tipos e subtipos de sensilas, cuja presença pode variar entre os indivíduos (Faucheux et al., 2013). Em determinadas mariposas, observa-se que os machos exibem maior número, tipo ou subtipo de sensilas do que as fêmeas. Essa diferença destaca a sugestão de que os machos são os principais receptores de moléculas odoríferas, uma vez que as mariposas fêmeas costumam liberar compostos para atrair os machos (Bawin et al., 2017).

Além disso, a compreensão do mecanismo olfativo em insetos depende de uma combinação de técnicas precisas. A análise morfológica das antenas, incluindo a contagem e caracterização das sensilas olfativas, fornece uma base para entender a estrutura sensorial. Adicionalmente, técnicas eletrofisiológicas, como o registro de sensila única (SSR), desempenham um papel crucial nos estudos dos insetos. O SSR consiste na detecção de variações extracelulares no potencial de ação das células sensoriais em resposta à aplicação de estímulos químicos (odores) ou não químicos (variações de temperatura, umidade etc.) (Liu, 2016). Essa técnica apresenta a vantagem de distinguir as respostas olfativas de diferentes tipos de células receptoras presentes na sensila, permitindo a identificação de células especializadas na detecção de odores específicos (Struble e Arn, 1984).

Muitos estudos caracterizaram a estrutura e a função das sensilas antenais de vários insetos, especialmente na família Gelechiidae (Bawin et al 2017; El-Ghany et al., 2022). Segundo Bawin et al (2017), em *Tuta absoluta*, as antenas apresentam oito tipos morfológicos de sensilas em ambos os sexos: tricoides, basicônicas, chaéticas, coelocônicas, estilocônicas, escamiformes, aurículas e cerdas de Böhm. O principal dimorfismo sexual observado reside na abundância das sensilas tricoides, que são mais numerosas nos machos em comparação com as fêmeas. No entanto, até o momento, nenhum trabalho foi publicado sobre as sensilas antenais da *Anacampsis phytomiella*, praga-chave do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) A traça-das-castanhas é considerada a principal praga em pomares de caju devido aos graves danos econômicos que causa, resultando na destruição da amêndoa (Gonçalves et al., 2023). No entanto, há poucos estudos sobre os aspectos biológicos e morfológicos da *A. Phytomiella* dada a dificuldade de criar o inseto em laboratório. Assim, este estudo descreve a estrutura e distribuição das sensilas presentes nas antenas de adultos da traça-das-castanhas, bem como a tipologia das estruturas sensilares em ambos os sexos.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Insetos

Larvas e pupas de *A. phytomiella* foram coletadas em 13 genótipos de cajueiro-anão provenientes do programa de Melhoramento Genético do Cajueiro, no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, CE (4°10'35"S e 38°28'19"W; 79 m de altitude). As castanhas que apresentavam um orifício circular na extremidade, sinal distintivo da infestação pela praga, foram coletadas e acondicionadas em um recipiente de plástico protegido por tecido voil, até a emergência dos adultos.

Posteriormente, cada inseto foi sexado e os indivíduos machos e fêmeas foram conservados separadamente em tubos de ensaio contendo etanol 70% em condições controladas a 25°C. As pupas foram verificadas diariamente quanto à emergência dos adultos e indivíduos recém-emergidos foram usados no experimento.

9.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Os insetos (cinco mariposas, de ambos os sexos) foram submersos em uma solução de etanol a 70% e em seguida, as antenas separadas de suas cabeças. Para retirada das escamas, as amostras foram refrigeradas em tubos de ensaio com etanol 70% durante um período de 12 horas a 4°C. Posteriormente, foram colocadas em banho de -ultrasson (© ECO-SONICS, R. V. D e Silva, LTDA, Brasil) por 2 horas e 30 minutos, e se após esse período ainda tivessem escamas, as antenas eram fixadas em fita adesiva do tipo KRAFT CREPADO e puxadas para que as escamas fossem removidas.

Após o processo de secagem, as antenas foram fixadas em stubs de MEV utilizando fita adesiva dupla face de carvão e recobertas com uma fina camada de ouro por pulverização catódica. Em seguida, as amostras foram examinadas por meio de um microscópio eletrônico de varredura S-3400N, operando em 20 kV em variações entre 30x e 6.65kv. A descrição dos diferentes tipos de sensilas, quantidade e distribuição de cada tipo de sensilas na face ventral das antenas foram baseadas na metodologia proposta por Rani et al., (2021). Cada flagelo foi dividido em três segmentos de igual comprimento da base ao ápice como seção basal, medial e final. Em cada seção, a contagem de cada tipo de sensila foi realizada na superfície ventral das antenas em sete segmentos de flagelo selecionados aleatoriamente e expressa como o número médio de sensilas na superfície ventral por segmento flagelar.

9.3 Terminologia e análise dos dados

Para analisar as diferenças morfológicas entre as antenas de machos e fêmeas foram analisadas: comprimento e largura do escapo, do pedicelo, do comprimento total da antena, a quantidade de flagelômeros, quantidade e comprimentos das sensilas. Os dados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA), e as medias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de $p < 0,05$, (Ferreira, 2019). Os dados de quantidades dos tipos de sensilas por segmento da antena foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para análise de variância e reconvertidos para a apresentação deste trabalho.

As contagens e medidas de segmentos antenais, flagelômeros e sensilas foram realizadas através do software ImageJ, na qual todas as análises estatísticas foram realizadas

utilizando o software Sisvar, versão 5.8.0. A identificação de cada tipo de sensila e os termos usados para descrever essas sensilas foram baseados em padrões morfológicos disponíveis e de acordo com os artigos científicos publicados com foco em Lepidoptera (Schneider, 1964; Zacharuk, 1980, 1985; Rani et al., 2021; Bawin et al., 2017; Malo et al., 2000).

10. RESULTADOS

10.1 Morfologia antenal de *Anacamptis phytomiella*

As antenas de ambos os sexos de *Anacamptis phytomiella* são filiformes, constituídas por escapo basal, pedicelo e flagelo longo. O número de flagelômeros de machos e fêmeas variou entre $52,00 \pm 1,67$ a $50,00 \pm 0,45$ respectivamente (Tabela 1; Figura 1). A morfologia das antenas dos machos e das fêmeas são semelhantes, com superfície lisa no escapo e no pedicelo, cobertas por escamas sobrepostas. A superfície ventral é lisa, composta por segmentos, coberta por escamas, e repleta de diversos tipos de sensilas. Não houve diferença significativa entre o comprimento total das antenas, bem como entre o comprimento e largura dos escapos e pedicelos em ambos os sexos.

Os flagelômeros dos machos e fêmeas possuem formato cilíndrico e seus comprimentos aumentam em direção ao centro e final das antenas (Tabela 2). Os flagelômeros basais são ligeiramente maiores nas fêmeas ($109,426 \pm 12,35$) em comparação aos machos ($103 \pm 14,93$). O comprimento dos flagelos mediais é ligeiramente maior nos machos ($119,86 \pm 13,42$) em comparação as das fêmeas ($117,504 \pm 18,14$). Não houve diferença significativa na largura dos flagelômeros basais e medias entre ambos os sexos. Em contrapartida, o comprimento e largura dos flagelos no terminal são ligeiramente maiores nos machos ($119,97 \pm 23,19$ e $33,74 \pm 7,22$) em comparação às fêmeas ($116,461 \pm 8,45$ e $30,25 \pm 6,23$).

10.2 Estrutura e distribuição dos diferentes tipos de sensilas

Observou-se 9 diferentes tipos de sensilas nas antenas de machos e fêmeas de *A. phytomiella*, sendo elas: Sensilas tricóides (St), básicaônica (tipo I (Sb I), tipo II (Sb II), chaética (SCh), coelocônica (SCo), auriculica (SA), estilocônica (SSt), escamiforme (SSq), uniporosa (Sup) e cerdas de bohm (CB) (Figura 2). Tais estruturas estão presentes no escapo e nos flagelômero das antenas de ambos os sexos. No entanto, não foi encontrado sensilas no pedicelo. A morfologia e distribuição dos tipos de sensilas são descritas nas seções a seguir

10.2.1 Sensila tricóides

As sensilas tricóides foram as mais abundantes nas antenas de ambos os sexos, localizando-se principalmente no lado ventral de cada flagelômero (Tabela 3). Essas sensilas possuem uma estrutura alongada e fina, com uma base arredondada e uma haste cuticular cilíndrica que diminui de diâmetro em direção ao ápice (Figura 3 (A)). Observou-se que as sensilas tricóides estão mais distribuídas nos machos do que nas fêmeas. Nos machos, as antenas apresentam maior quantidade de sensilas tricóides nos flagelômeros basais ($9,05 \pm 3,13$) e mediais ($9,94 \pm 2,47$), enquanto nos flagelômeros finais, a quantidade é semelhante à observada nas fêmeas ($4,31 \pm 2,56$ e $4,68 \pm 2,21$). Nesse último caso, esse tipo de sensila tende a diminuir. Foram observadas diferenças significativas no comprimento das sensilas tricóides apenas nos flagelômeros mediais de ambos os sexos, (machos $29,33 \pm 2,89$ e as fêmeas $26,97 \pm 4,46$). Em contrapartida, a largura das sensilas apresentou diferença significativa apenas nos flagelômeros basais (machos $0,826 \pm 0,091$ e fêmeas $0,797 \pm 0,08$).

10.2.2 Sensila basicônica

Sensila basicônica foi o segundo tipo de sensila mais comum tanto nas antenas dos machos quanto das fêmeas (Tabela 3). Dois subtipos foram identificados de acordo com seu tamanho e morfologia:

10.2.2.1 Tipo I

As sensilas do tipo I são semelhantes às sensilas tricóides, porém mais robustas, com laterais achatadas e pontas ligeiramente mais finas (Figura 3 (B)). Essas sensilas não possuem alvéolo basal flexível e foram encontradas nas antenas tanto de machos quanto de fêmeas, variando em tamanho, desde as mais curtas até as mais longas. Houve uma diferença significativa no número de sensilas basicônicas tipo I entre as diferentes seções das antenas de ambos os sexos. Nos machos, os flagelômeros basais e mediais ($3,02 \pm 1,76$ e $2,91 \pm 2,21$) apresentaram o maior número desse tipo de sensila. Quanto ao comprimento, as seções basais e finais dos machos mostraram os maiores valores ($23,56 \pm 2,75$ e $23,76 \pm 2,82 \mu\text{m}$). Não foram observadas diferenças significativas na largura (Tabela 5).

10.2.2.2 Tipo II

As sensilas tipo II eram menores que as do tipo I e apresentavam uma estrutura levemente curvada, com pontas mais finas em formato de gancho. Esse tipo de sensila foi encontrado na seção basal das antenas, distribuído centralmente ao longo do eixo longitudinal (Figura 3 (C)). Houve diferença estatisticamente significativa no número dessas sensilas entre os sexos, com

os flagelômeros basais apresentando o maior número médio total por segmento em ambos os sexos (machos: $3,60 \pm 1,98$; fêmeas: $3,82 \pm 1,99$). Em relação ao comprimento, as seções mediais e finais dos machos mostraram os maiores valores ($19,47 \pm 1,35$ e $19,36 \pm 3,04$ μm) (Tabela 4). Quanto à largura, os maiores valores foram observados nos flagelômeros basais e finais das fêmeas ($1,211 \pm 0,09$ e $1,206 \pm 0,11$ μm) (Tabela 5).

10.2.3 *Sensila chaética*

As sensilas chaéticas são semelhantes às sensilas tricoides exceto por possuírem uma estrutura arredondada na base, acima da superfície da antena. Essas sensilas são encontradas principalmente nas seções verticais de cada flagelo (Figura 3 (D)). As sensilas chaéticas são mais largas na base, retas e significativamente mais longas que os outros tipos de sensilas. Em ambos os sexos são agrupadas principalmente nos flagelômeros finais de cada antena ($2,82 \pm 0,92$ e $3,48 \pm 1,99$) (Tabela 3). Foram observadas diferenças significativas no comprimento das sensilas chaéticas; aquelas presentes no segmento final de ambos os sexos ($27,65 \pm 6,14$ em machos e $30,92 \pm 4,37$ em fêmeas) são mais longas do que as presentes nas outras seções (Tabela 4).

10.2.4 *Sensila coelocônica*

As sensilas coelocônicas possuem formato elipsoide e não apresentam encaixe flexível (Figura 2 (E)). Cada sensila é composta por uma cutícula rasa, com uma sensila central rodeada por 10 a 16 espinhos cuticulares de diferentes comprimentos e tamanhos, apontando para dentro e formando um círculo ao redor da sensila central. A distribuição das sensilas coelocônicas não segue um padrão uniforme nos segmentos flagelares basais, mediais e finais de ambos os sexos. No entanto, sua concentração é maior nos flagelômeros basais, mediais e finais das antenas das fêmeas ($1,42 \pm 0,88$, $1,20 \pm 0,75$ e $1,22 \pm 0,80$) (Tabela 3). Nos machos, essa sensila é mais predominante nos flagelômeros finais ($1,22 \pm 0,80$). Diferenças significativas foram observadas no comprimento e na largura das sensilas coelocônicas. As sensilas presentes nos flagelômeros basais dos machos ($11,57 \pm 2,04$) são maiores do que aquelas encontradas nas fêmeas e nos outros segmentos. Já as sensilas nos flagelômeros finais dos machos ($7,93 \pm 1,74$) apresentam maior largura em comparação com as fêmeas e outros segmentos. (Tabela 4 e Tabela 5).

10.2.5 *Sensila estilocônica*

As sensilas estilocônica possuem formato cilíndrico, robusta, com a ponta em

formato semelhante a um espinho (Figura 3 (F)). O número médio de sensilas por segmento flagelar é maior nos segmentos mediais ($0,25 \pm 0,44$) e nos segmentos finais ($0,25 \pm 0,44$) das antenas das fêmeas (Tabela 3). Há apenas uma ou duas sensilas em cada flagelômeros ao longo de todo o comprimento antenal, com a ponta voltada para a apice. Não houve diferença significativa para o comprimento das sensilas estilocônica (Tabela 4). No entanto, os segmentos basais ($3,57 \pm 0,44$) das fêmeas apresentaram maior largura do que os demais segmentos (Tabela 5).

10.2.6 *Sensila escamiforme*

As sensilas escamiformes são morfologicamente semelhantes às escamas, no entanto, possuem um formato alongado e fino, localizando-se geralmente nas extremidades dos flagelômeros (Figura 3 (G)). Foram encontrados apenas uma sensila escamiforme na superfície látero-ventral de cada flagelômero, normalmente próxima às sensilas auriculicas. Observou-se uma diferença na quantidade dessas sensilas entre as seções basal, medial e final das antenas dos machos e fêmeas, sendo mais abundantes nos flagelômeros finais das fêmeas ($0,57 \pm 0,50$) (Tabela 3). Não houve diferença significativa no comprimento das sensilas escamiformes (Tabelas 4 e 5).

10.2.7 *Sensila auriculica*

As sensilas auriculicas têm uma forma semelhante a 'orelhas de coelho', sendo ligeiramente curvadas (Figura 3 (H)). Estão localizadas nas laterais e no meio de cada segmento flagelar, mas não são claramente visíveis da superfície antenal, pois estão parcialmente cobertas por escamas. Nas fêmeas, as antenas apresentam maior quantidade de sensilas auriculicas nos flagelômeros basais ($0,57 \pm 0,55$), enquanto nos flagelômeros finais, os machos apresentaram menor quantidade ($0,14 \pm 0,35$). Nos demais segmentos, não foram observadas diferenças significativas expressivas (Tabela 3). Foi observada uma diferença significativa no comprimento das sensilas auriculicas, com os flagelômeros basais apresentando os maiores valores tanto nos machos ($18,86 \pm 3,08$) quanto nas fêmeas ($18,50 \pm 1,98$), e nos flagelômeros finais, os machos ($19,55 \pm 1,48$) e as fêmeas ($19,26 \pm 1,44$) também apresentaram tamanhos maiores (Tabelas 4). Em relação à largura, observou-se que as sensilas presentes nos flagelômeros basais dos machos ($2,95 \pm 0,37$) apresentaram maior largura (Tabelas 5).

10.2.8 *Sensilas uniporosa*

As sensilas uniporosas são pequenas, na qual possuem uma estrutura

arredondada na base com uma estrutura curta e fina no centro (figura 3 (F)). São encontradas quase sempre próximas das sensilas trichodea, básicaônica e sensilas estilocônica. Não houve diferença significativa para a quantidade e o comprimento das sensilas uniporosas (Tabela 4 e 5).

10.2.9 Cerdas de bohmer

As cerdas de bohmer são semelhantes a espinhos, localizadas na base do escapo em ambos os sexos (Figura 4 (A e B)). Essas cerdas presentes no escapo são protegidas por uma camada de escamas. Nenhuma diferença significativa foi observada na quantidade, comprimento e largura de cerdas de bohmer entre machos e fêmeas (Tabela 3, 4 e 5).

11. DISCUSSÃO

De forma geral a morfologia das antenas de *A. phytomyiella*, principalmente o número dos flagelos e o tamanho das antenas de ambos os sexos são semelhantes às relatadas em outras espécies de Lepidoptera (Bawin et al., 2017; Rani et al., 2021). A variação no comprimento e largura dos flagelômeros antenais e ausência das sensilas no escapo observados na traça-das-castanhas é semelhante àquelas descritas em outras espécies de mariposas, tais como *Plutella xylostella* LINNAEUS, 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) (Wee et al., 2016) e *Earias vittella* FABRICIUS, 1794 (Rani et al., 2021). Os tipos de sensilas encontrados nas antenas da traça-das-castanhas também mostraram semelhanças a *Tuta absoluta* MEYRICK, 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) (Bawin et al., 2017).

As sensilas tricóides foram as mais abundantes nos machos, principalmente nos flagelômeros basais e mediais da antena. Em muitos estudos as sensilas tricóides são as sensilas mais abundante, na qual esse tipo de sensila possuem neurônios sensoriais associados a receptores olfativos, responsáveis pela detecção de estímulos voláteis liberados por plantas hospedeiras e na detecção de feromônios sexuais (Schneider, 1964; Steinbrecht et al., 1996; Ma et al., 2017 ; Roh et al., 2016; Li et al., 2024). O dimorfismo sexual observado nas sensilas tricóides de *Anacampsis phytomyiella* pode estar relacionado às diferenças em seus papéis biológicos. Estudos sugerem que, nos machos, essas sensilas desempenham um papel crucial na detecção de feromônios sexuais liberados pelas fêmeas, auxiliando na localização de parceiros para o acasalamento (Wu et al., 2015). Nas fêmeas, por outro lado, após o acasalamento, presume-se que as sensilas tricóides auxiliem na busca por plantas hospedeiras adequadas para a oviposição (Pitts e Zwiebel, 2006; Zhang et al., 2013). Essas sensilas são

comuns nos insetos da ordem Lepidoptera, devido à sua capacidade de detectar e responder a uma ampla gama de estímulos químicos (quimiorrecepção), essas sensilas têm sido amplamente utilizadas em estudos comportamentais para investigar a comunicação química nesses insetos (Forstner et al., 2009).

Foram identificados dois tipos de sensilas basicônicas em ambos os sexos neste estudo. Sensilas basicônicas tipo I e II predominaram nos flagelômeros basais e mediais da antena de ambos os sexos, diminuindo em frequência nos segmentos finais. Morfologicamente semelhantes às descritas por Bawin et al. (2017), as sensilas tipo I aqui analisadas mostraram-se mais longas, enquanto as do tipo II foram mais curtas e menos abundantes. As sensilas basicônicas II também foram semelhantes às relatadas em *Plodia interpunctella*, HÜBNER, 1813 (Lepidoptera: Pyralidae) (Ndomo-Moualeu et al., 2014). As sensilas basicônicas, são estruturas sensoriais especializadas, comumente encontradas em insetos fitófagos. Essas sensilas desempenham um papel crucial na identificação de compostos voláteis liberados pelas plantas, o que auxilia esses insetos na localização de hospedeiros adequados e na seleção de alimentos (Bawin et al., 2017).

As sensilas chaéticas foram encontradas em todos os flagelômeros da antena, sendo mais abundantes no segmento final, em ambos os sexos. A morfologia das sensilas encontradas neste estudo é semelhante a descrita por Ndomo-Moualeu et al. (2014) em *Plodia interpunctella*, na qual, os autores observaram um número mais elevado de sensilas chaéticas nos flagelômeros finais, tanto em machos quanto em fêmeas. Por outro lado, as estrutura das sensilas encontradas neste estudo são semelhantes às observadas por Rani et al. (2021), que relataram a mesma morfologia em *Earias vittella*, FABRICIUS (Lepidoptera: Nolidae) um dos principais insetos pragas da cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e quiabo (*Abelmoschus esculentus*). Acredita-se que esse tipo de sensilas tenham funções de quimiorrecepção e mecânorecepção, podendo estar envolvidas na percepção de feromônios dissuasores de oviposição secretados por larvas, bem como na escolha de locais favoráveis para oviposição, podendo desempenhar um importante papel na orientação do comportamento de oviposição de fêmeas acasaladas (Anderson e Hallberg, 2000; Schneider, 1964, Bawin et al., 2017).

A análise das antenas de *A. phytomiella* revelou a presença de um único tipo de sensilla coelocônica, cuja morfologia se assemelha àquelas encontradas em diversas outras espécies de mariposas, incluindo *T. absoluta* (Bawin et al., 2017). Esse tipo de sensila, foi observada em agrupamentos de 1 a 3 unidades por flagelômero, sugerindo uma distribuição relativamente homogênea ao longo da antena. As sensilas coelocônicas estão presentes principalmente nas antenas das fêmeas da traça-das-castanhas, especialmente nos flagelômeros

basais e mediais. Morfologicamente, são semelhantes às presentes na *E. vittella* (Rani et al., 2021). As sensilas coelocônicas são geralmente associadas à função olfativa devido à presença de numerosos poros em suas paredes cuticulares (Seada, 2015). Essas sensilas também podem auxiliar nos processos de higrorrecepção e na percepção de CO₂, como também na detecção de voláteis liberados por plantas hospedeiras (Altner et al., 1977, Steinbrecht, 1996).

As sensilas estilocônicas encontradas são morfológicamente semelhantes às observadas em *Conogethes punctiferalis* GUENÉE, 1854 (Lepidoptera: Crambidae), *Grapholita molesta* BUSCK 1916 (Lepidoptera: Tortricidae), *Spilonota albicana* MOTSCHULSKY 1866 (Lepidoptera: Tortricidae) e em *Plodia interpunctella*, HÜBNER, 1813 (Lepidoptera: Pyralidae) (Li et al., 2018; Ndomo-Moualeu et al. 2014). Há maior recorrência dessas sensilas nas fêmeas, em comparação aos machos. Esse padrão também foi observada em outras espécies de insetos, como *Zamagiria dixolophella* DYAR 1986 (Lepidoptera: Pyralidae) e *T. absoluta* (Castrejón Gómez et al., 1999; Bawin et al., 2017). A função desse tipo de sensila está relacionada à percepção de temperatura e umidade, sugerindo auxiliar os insetos na localização de recursos e na adaptação a diferentes condições climáticas, na qual auxiliam os insetos a se localizarem como também na percepção de condições climáticas adversas a sua sobrevivência (Rani et al., 2021).

As antenas de *A. phytomiella* apresentam sensilas escamiformes, estruturas sensoriais com morfologia semelhante a pequenas escamas. Essas sensilas foram encontradas em todos os flagelômeros, sendo mais abundantes nos segmentos mediais e finais. Ao menos uma sensila escamiforme foi observada em cada flagelômero, tanto em machos quanto em fêmeas, indicando uma distribuição relativamente homogênea ao longo da antena. Tais sensilas são caracterizadas por serem estruturas aporosas, e foram encontradas distribuídas uniformemente em cada flagelo, da porção da basal, medial e final das antenas da *E. Vittella* e *P. interpunctella*, em ambos os sexos (Rani et al., 2021; Ndomo-Moualeu et al. 2014). A função das sensilas escamiforme ainda é pouca conhecida, no entanto, acreditasse que possuam função mecanoreceptiva, ou seja, auxiliam na capacidade de detectar e responder a estímulos mecânicos, como toque, pressão, vibração e movimento (Schneider, 1964; Yu, 2004).

A análise das sensilas auriculares em *A. phytomiella* revelou uma menor abundância dessas estruturas, tanto em machos quanto em fêmeas. Esse padrão é semelhante ao observado em *T. absoluta* (Bawin et al., 2017), onde as sensilas auriculares também são menos numerosas em comparação com outros tipos de sensilas. No entanto, as sensilas auriculares de *A. phytomiella* se diferenciam das de *T. absoluta* por apresentarem um comprimento maior, embora a morfologia geral seja similar. Essas estruturas são inervadas por neurônios sensoriais,

e em diversas espécies de mariposas são considerados como os principais receptores de sinais químicos emitidos pela planta hospedeira (Anderson et al., 2000; Ansebo et al., 2005).

As sensilas peg uniporosas apresentam uma distribuição aleatória ao longo de toda a superfície antenal, tanto em machos quanto em fêmeas. Caracterizadas por possuir menor comprimento do que as demais, essas sensilas representam o tipo menos abundante entre as estruturas sensoriais encontradas nas antenas de ambos os sexos. Embora alguns autores, como Binyameen et al., 2012 tenham demonstrado que, em algumas espécies de mariposas, as sensilas peg uniporosas não respondem a estímulos químicos provenientes de plantas, a função exata dessas sensilas ainda não está completamente elucidada. Evidências sugerem que elas possam estar envolvidas na percepção de umidade (higrorecepção) ou na detecção de dióxido de carbono (Seada, 2015). No entanto, pesquisas são necessárias para revelar sua função específica em lepidópteros (Rani et al., 2021).

Por fim, as cerdas de bohn são encontradas apenas nos escapos das antenas das fêmeas e dos machos da traça-das-castanhas. Nota-se que esse tipo de sensila assemelha-se a espinhos, e sua morfologia é semelhante a encontrados em outras espécies de Lepidoptera (Li et al., 2018). Sua função está relacionada à mecanorecepção e como receptores de velocidade do vento (Lin e Sufen, 2004), auxiliando os insetos a se locomoverem.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As antenas da traça-das-castanhas apresentam nove tipos de sensilas (tricóides, basicônica, chaética, coelocônica, estilocônicas, squamiformia, auricilica, peg uniporosa e cerdas de bohn), sendo os tipos tricóides e basicônica as mais abundantes em ambos os sexos. Existe diferença na morfologia das antenas e quantidade de sensilas antenais entre os sexos. Este é o primeiro estudo a descrever detalhadamente a morfologia das sensilas da traça-das-castanhas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, P., HALLBERG, E.; SUBCHEV, M. Morphology of antennal sensilla auricillica and their detection of plant volatiles in the Herald moth, *Scoliopteryx libatrix* L. (Lepidoptera: Noctuidae). **Arthropod Structure & Development**, v. 29, n. 1, p. 33-41, 2000.
- ALTNER, H.; PRILLINGER, L. Ultrastructure of Invertebrate Chemo-, Thermo- and Hygroreceptors and Its Functional Significance. In: CIBA FOUNDATION SYMPOSIUM 67: Chemoreception and Odour Perception. London: Elsevier/North-Holland Biomedical Press,

1980. p. 69-139.

ANSEBO, L, IGNELL, R., LÖFQVIST, J., & HANSSON, B. S. Responses to sex pheromone and plant odours by olfactory receptor neurons housed in sensilla auricillica of the codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 51, n. 10, p. 1066-1074, 2005.

BAWIN, T., COLLORD, F., BACKER, L., YAROU, B. B., COMPERE, P; FRANCIS, F., VERHEGGEN, F. J. Structure and distribution of the sensilla on the antennae of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Micron**, [s. l.], v. 96, p. 16-28, 2017.

BINYAMEEN, M., ANDERSON, P; IGNELL, R., SEADA, M. A., HANSSON, B. S., SCHLYTER, F. Spatial organization of antennal olfactory sensory neurons in the female *Spodoptera littoralis* moth: differences in sensitivity and temporal characteristics. **Chemical senses**, v. 37, n.7, p. 613-629, 2012. DOI: doi.org/10.1093/chemse/bjs043.

DIVEKAR, P. A., NAARAYANA, S. DIVEKAT, B. A., KUMAR, R; ARAYANA, S., Divekar, B. A., KUMAR, R; GAGRATAGI, B. G. Aadratagi, B. G. Behera Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. **International journal of molecular sciences**, v. 23, n. 5, p. 2690, 2022.

EL-GHANY, N. M., FAUCHEUX, M. J. The mouthparts and sensilla of the adult tomato leafminer moth, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Arthropod structure & development**, v. 67, p. 101144, 2022.

FAUCHEUX, M. J. Sensillum types on the proboscis of the Lepidoptera: a review. In: **Annales de la Société entomologique de France**. Taylor & Francis, p. 73-90, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>.

FORSTNER, M., BREER, H., KRIEGER, J. A receptor and binding protein interplay in the detection of a distinct pheromone component in the silkworm *Antheraea polyphemus*. **International Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 7, p. 745-757, 2009. doi: 10.7150/ijbs.5.745

GONÇALVES, M. W. O., MESQUITA, A. L. M., PEREIRA, R. C. A. Infestação da traça da castanha (*Anacampsis phytomiella* Busck) em frutos do cajueiro anão precoce consorciado com pimenta. **Editora Licuri**, p. 32-45, 2023.

HARTMANN, D.; JANICH, P. **Methodischer Kulturalismus**. 1996.

HAVERKAMP, Alexander; HANSSON, Bill S.; KNADEN, Markus. Combinatorial codes and labeled lines: how insects use olfactory cues to find and judge food, mates, and oviposition sites in complex environments. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 49, 2018

KAISSLING, K. E. Pheromone reception in insects: The example of silk moths. **Neurobiology of Chemical Communication**. p. 99-146. 2014.

LIU, C. T.; TONG, X. Functional morphology of the mouthparts of longhorn beetle adult *Psacotha hilaris* (Coleoptera: Cerambycidae) and sensilla comparisons between the sexes. **Arthropod Structure & Development**, v. 77, p. 101312, 2023.

LI, Y.; FANGFANG, L.; XIÃO D.; ZHUMEI, L.; JUNXIANG. Ultrastructure of antennal sensilla of three fruit borers (Lepidoptera: Crambidae or Tortricidae). **PLoS One**, v. 13, n. 10, p. 205-604, 2018.

MAKAROVA, A. A., DIAKOVA, A. A., CHAIKA, S. Y., et al. Scaling of the sense organs of insects. 2. Sensilla. Discussion. Conclusion. **Entomological Review**, v. 102, p. 323-346, 2022.

MA, MIN., CHANG, MENG-MENG., LU, YAN., LEI, CHAO-LIANG., YANG, FENG-LIAN. Ultrastructure of sensilla of antennae and ovipositor of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), and location of female sex pheromone gland. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017. doi: 10.1038/srep40637

MAYER, M. S., MANKIN, R. W., CARLYSLE, T. C. External antennal morphometry of *Trichoplusia ni*. **International Journal of Insect Morphology & Embryology**, v. 10, p. 185-301, 1981.

NAKANO, M.; MORGAN-RICHARDS, M.; CLAVIJO-McCORMICK, A.; TREWICK, S. Abundance and distribution of antennal sensilla on males and females of three sympatric species of alpine grasshopper (Orthoptera: Acrididae: Catantopinae) in **Aotearoa New Zealand. Zoomorphology**, v. 142, p. 51-62, 2023.

NDOMO-MOUALEU, A. F., ULRICH, C., RADEK, R., ADLER, C. Structure and distribution of antennal sensilla in the Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 66-75, 2014. doi: 10.1016/j.jspr.2014.05.003.

PICHERSKY, E.; NOEL, J.P.; DUDAREVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, v. 311, n. 5762, p. 808-811, 2006

PITTS, R. J., ZWIEBEL, L. J. Antennal sensilla of two female anopheline sibling species with differing host ranges. **Malaria journal**, v. 5, p. 1-12, 2006.

RANI, A. T., SHASHANK, P. R., MESHAM, N. M., SAGAR, D., SRIVASTAVA, C., PANDEY, K. K., SINGH, J. Morphological characterization of antennal sensilla of *Earias vittella* (Fabricius) (Lepidoptera: Nolidae). **Micron**, v. 140, p. 102957, 2021. DOI: 10.1016/j.micron.2020.102957

ROH, H. S., PARK, K. C., OH, H., PARK, C. G. Morphology and distribution of antennal sensilla of two tortricid moths, *Cydia pomonella* and *C. succedana* (Lepidoptera). **Journal of Economic Entomology**, v. 79, n. 4, p. 1069-1081, 2016. doi: 10.1002/jemt.22747

SCHNEIDER, Dietrich. Insect antennae. **Annual review of entomology**, v. 9, n. 1, p. 103-122, 1964.

SCHNEIDER, D. Insect antennae. **Annual Review of Entomology**, v. 9, n. 1, p. 103-122, 1964.

SEADA, M. A. Antennal morphology and sensillum distribution of female cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v.

68, p. 10-18, 2015.

SILVA K. B., da SILVA, C. B., JÚNIOR, K. A. L. R., de FREITAS, J. M. D., de FREITAS, J. D., CHIA, G. S., ... & SANTANA, A. E. G. Morphology and distribution of antennal sensilla of *Automeris liberia* (Lepidoptera: Saturniidae). **Micron**, v. 123, p. 102682, 2019.

STEINBRECHT, R. A. Structure and function of insect olfactory sensilla. In: Ciba foundation symposium 200: Olfaction: Mosquito-Host Interaction. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 1996. p. 158-183.

STRUBLE, D L., ARN, Heinrich. Combined gas chromatography and electroantennogram recording of insect olfactory responses. **Techniques in pheromone research.**, p. 161-178, 1984.

WICHER, D., MIAZZI, F. Propriedades funcionais de receptores olfativos de insetos: receptores ionotrópicos e receptores odorantes. **Cell and Tissue Research** , v. 383, p. 7-19, 2021.

WEE, S. L. O., HYUN. W., PARK, K. C. Antennal sensillum morphology and electrophysiological responses of olfactory receptor neurons in trichoid sensilla of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Florida entomologist**, v. 99, n.1, p. 146-158, 2016.

YU, H. Z. Types of Antennal Sensilla and Partial Cloning and Sequence Analysis of the General Odorant Binding Proteins 2 Gene of the Stripe Stem Borer *Chilosuppressalis* (Walker). 2004. 74 p. **Dissertation**. Zhejiang University.

ZACHARUK, R. Y. Antennae and sensilla. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**, p. 29-63, 1985

Zhang, S., Zhang, Z., Kong, X., & Wang, H. Sexual dimorphism in antennal morphology and sensilla ultrastructure of *Dendrolimus tabulaeformis* Tsai et Liu (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Microscopy research and technique*, v. 76, n. 1, p. 50-57, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/jemt.22134>.

ANEXOS

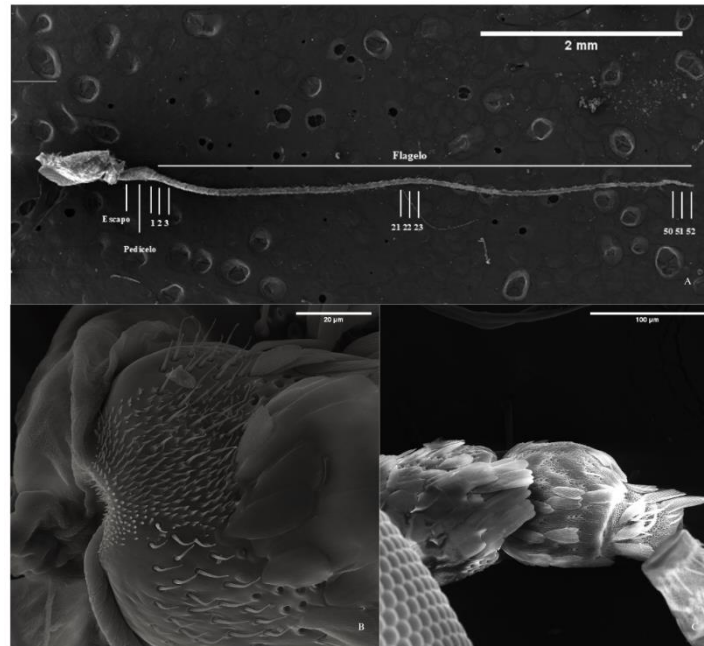


Figura 8. Visão geral da morfologia microscópica das antenas de *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). (A) Antena mostrando escapo, pedicelo e flagelo. (B) Escapo e (C) Pedicelo.

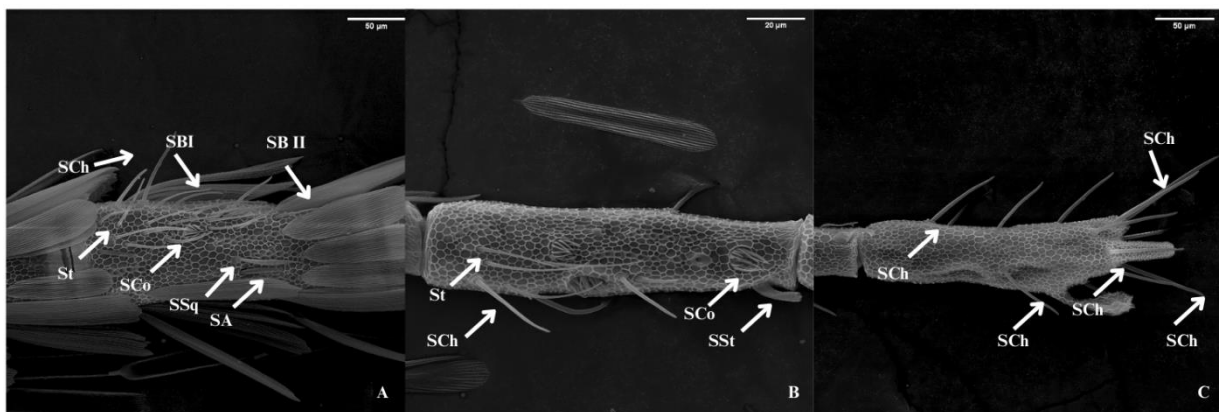


Figura 9. Visão geral da morfologia microscópica dos flagelômeros presentes nos Flagelômeros da *Anacampsis phytomiella* Busck, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). (A) Flagelômero basal, mostrando as sensilas tricóides (St), básicônicas (tipo I - Sb I, tipo II - Sb II), chaéticas (SCh), coelocônicas (SCo), aurículas (SA) e escamiformes (SSq). (B) Flagelômero medial, com as sensilas estilocônicas (SSt), tricóides (St), coelocônicas (SCo) e chaéticas (SCh). (C) Flagelômero final, evidenciando a predominância das sensilas chaéticas (SCh).

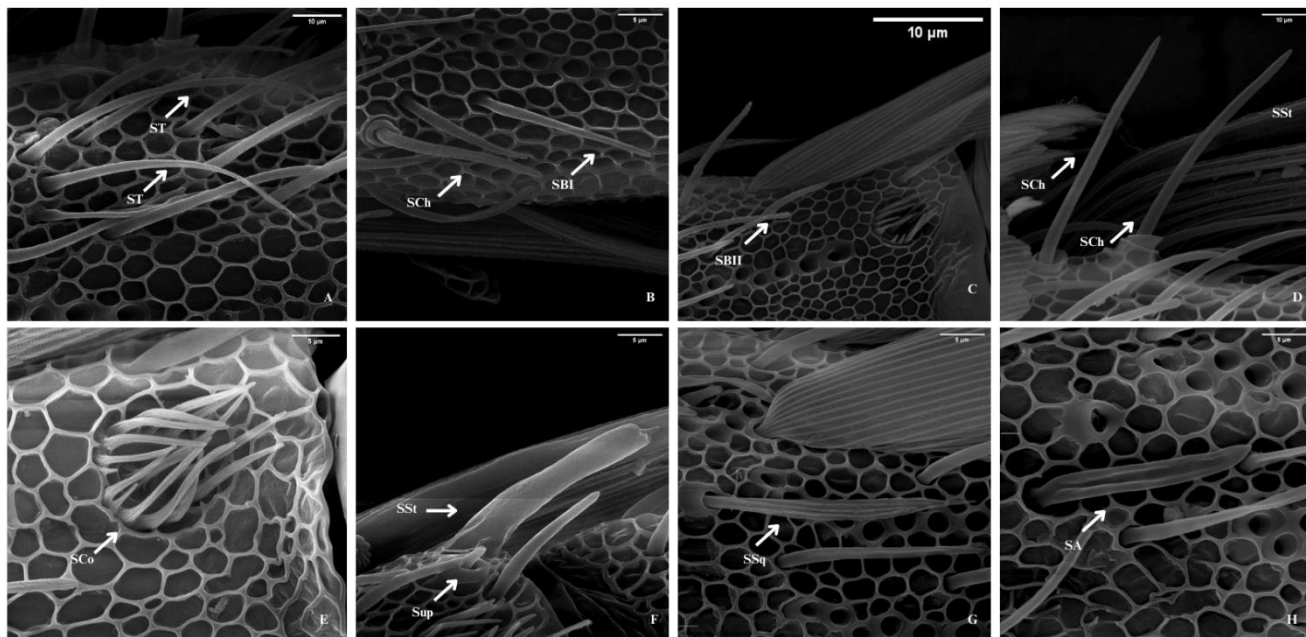


Figura 10: Visão lateral da distribuição dos tipos de sensilas nas antenas dos machos e fêmeas de *Anacamptis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). (A) Sensilas tricóides (St) em um padrão aleatório; (B) Visão ventral detalhada mostrando sensilas basicônicas tipo I (SB I); (C) sensilas basicônicas tipo I (SB II) (D) Sensilas chaéticas (SCh) (E) Visão detalhada de uma única sensila coelocônica (SCoe) composta por 13 espinhos cuticulares de diferentes tamanhos; (F) Visão detalhada de um única sensila stilocônica (SSi) e sensila uniporosa (Sup); (G) Visão detalhada de uma sensila escamiformes (SSq); (H) Visão detalhada de uma sensila auriculica (SA).

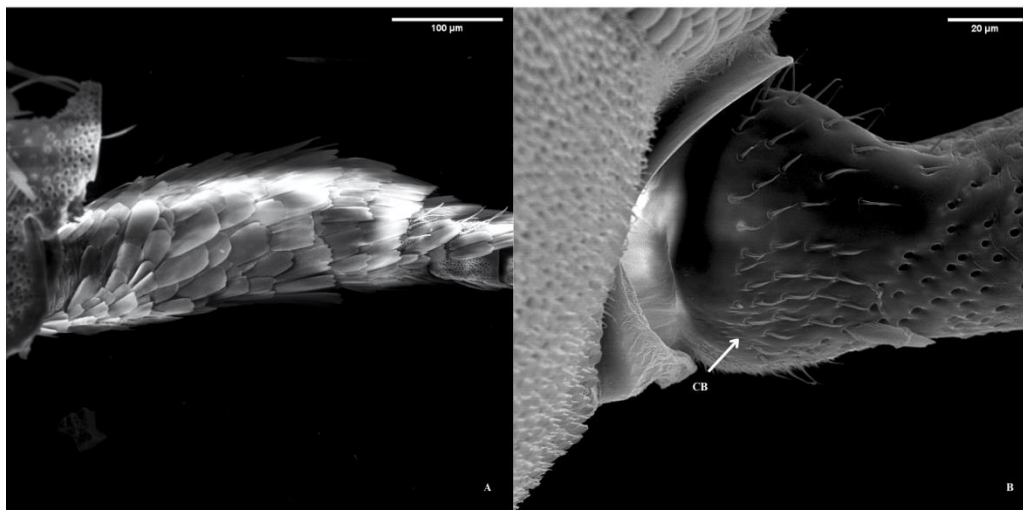


Figura 11: Visão lateral da distribuição das cerdas de bohm no escapo nas antenas da *Anacamptis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). (A) escapo recoberto por escamas (B) Visão ventral detalhada mostrando as cerdas de bohm presente no escapo.

Tabela 2: Características gerais das antenas dos machos e fêmeas de *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) (n= 10).

Sexo	Nº de Flagelômeros	Comprimento (µm)		Largura (µm)		Comprimento total das antenas (µm)
		Escapo	Pedicelo	Escapo	Pedicelo	
Macho	52,00 ± 1,67a (50 - 54)	228,43 ± 68,87a (191,458 - 325,497)	151,16±7,98a (141,784 - 160,120)	97,94 ± 19,31a (74,859 - 128,246)	111,40±12,17a (94,195 - 123,120)	6,13 ± 0,13a (5,95-6,30)
Fêmea	50,00 ± 0,45b (49- 50)	294 ± 40,07a (242,514 - 325,947)	143,58 ±9,77a (128,407 - 153,072)	117 ± 15,54a (93,614 - 135,059)	111,76 ± 9,60a (97,218 - 120,203)	5,82 ±0,31a (5,44– 6,19)
CV (%)	1,2	10,65	3,06	3,12	9,82	2

Comprimento médio – desvio padrão (mínimo - máximo) de escapo, pedicelo, flagelo e antena total de insetos para ambos os sexos. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$), n=5 por sexo.

Tabela 3: Média e erro padrão da média (EP) do comprimento e largura dos flagelos presentes nas antenas de machos e fêmeas de *Anacampsis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE).

Seções dos flagelos	Sexo	Comprimento (µm)	Largura (µm)
Flagelômeros basais	M	103±14,93c (43,63 -130,51)	49,18±7,92a (14,25 - 58,10)
Flagelômeros mediais	M	119,86±13,42a (55,93 - 128,34)	42,34±5,43b (25,99 - 48,51)
Flagelômeros finais	M	119,97±23,19a (83,58 - 196,34)	33,74±7,22c (22,08 - 58,59)
Flagelômeros basais	F	109,426±12,35bc (63,35 - 121,20)	48,32±6,81a (20,90 - 51,19)
Flagelômeros mediais	F	117,50±18,14ab (56,60 - 132,19)	42,25±5,21b (28,67 - 55,00)
Flagelômeros finais	F	116,46±8,45ab (89,85 - 130,02)	30,25±6,23c (15,71 - 51,40)
CV (%)		7,91	8,61

Comprimento médio – desvio padrão (mínimo - máximo) dos flagelômeros basais, medias e finais dos insetos para ambos os sexos. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$), n=35 por segmento.

Tabela 4. Quantificação dos tipos de sensilas presentes nas antenas de machos e fêmeas de *Anacamptis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE). de acordo com sua localização na antena.

Sensilas	Sexo	St	SB I	SB II	SCh	SCoe	SSt	SSq	AS	Sup	Cb
Escapo	M	-		-	-	-	-	-	-	-	27,00±3,94a (21-30)
	F	-		-	-	-	-	-	-	-	29,20±6,18a (23 - 39)
Flagelos											
Flagelômeros basais	M	9,05±3,13a (4-17)	3,02±1,76a (0-4)	3,60±1,98a (0-8)	1,94±0,83d (0-3)	0,57±0,60c (0-2)	0,20±0,40ab (0-1)	0,25±0,44bc (0-1)	0,28±0,45bc (0-1)	0,80±0,20a (0-1)	-
	F	6,45±1,61b (3-11)	2,65±1,13bc (0-5)	3,82±1,99a (0-9)	2,25±0,91cd (0-3)	1,42±0,88a (0-4)	0,11±0,32ab (0-1)	0,22±0,42c (0-1)	0,57±0,55a (0-2)	0,11±0,35a (0-1)	-
Flagelômeros mediais	M	9,94±2,47a (5-15)	2,91±2,21a (0-7)	3,11±2,04ab (0-6)	2,48±0,70bc (0-3)	0,94±0,71b (0-2)	0,08±0,28ab (0-1)	0,25±0,44bc (0-1)	0,42±0,50ab (0-1)	0,05±0,20a (0-1)	-
	F	6,54±1,73b (3-11)	2,00±0,84cd (1-3)	2,31±1,71ab (0-8)	2,80±0,53b (1-4)	1,20±0,75ab (0-3)	0,25±0,44a (0-1)	0,45±0,50ab (0-1)	0,48±0,50ab (0-1)	0,11±0,32a (0-1)	-
Flagelômeros finais	M	4,31±2,56c (0-9)	0,60±1,09e (0-4)	0,85±1,47c (0-5)	2,82±0,92b (1-5)	0,51±0,78c (0-3)	0,05±0,23c (0-1)	0,45±0,50ab (0-1)	0,14±0,35c (0-1)	-	-
	F	4,68±2,21c (0 - 9)	1,40±1,00d (0 - 3)	1,20±1,18c (0-4)	3,48±1,99a (0-11)	1,22±0,80ab (0-3)	0,25±0,44a (0-1)	0,57±0,50a (0-1)	0,37±0,49ab (0-1)	0,05±0,23a (0-1)	-
CV (%)		34,35	67,33	70,83	41,41	78,04	225,3	127,13	126,65	361,48	21,04

Quantidade média– desvio padrão (mínimo - máximo) sensilas presentes nos flagelômeros basais, mediais e finais dos insetos para ambos os sexos. As contagens de sensilas são baseadas em 5 antenas de insetos separados para ambos os sexos. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 5. Comprimento dos tipos de sensilas presentes nas antenas de machos e fêmeas de *Anacamptis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) de acordo com sua localização na antena.

Comprimentos das sensilas (µm)	Sexo	St (n=35)	SB I (n=25 FB, FM e n= 16 FF)	SB II (n=25 FB, FM e n= 16 FF)	SCh (n=25)	Scoe (n=10)	SSt (n= 3)	SSq (n=3)	SA (n=8 FB, FM e n= 3 FF)	SUP (n=6)	Cb (n=30)
Escapo	M	-		-	-	-	-	-	-	-	8,16±1,66a (6,43 - 11,29)
	F	-		-	-	-	-	-	-	-	8,62±1,68a (6,08 - 12,25)
Flagelômeros basais	M	30,74±4,08 a (20,44- 39,66)	23,56±2,75a (19,39- 28,86)	18,66±3,11ab (10,54- 22,96)	26,64±4,50bc (15,72 - 33,93)	11,57±2,04a (7,67 - 13,79)	26,33±00,95a (25,33 - 26,88)	25,22±4,08a (21,12 - 29,28)	18,86±038a (18,19 - 19,28)	4,77±0,007ab (4,77 - 4,78)	-
	F	31,56±2,82 a (18,37-38,82)	21,89±2,07 bc (19,23 - 26,74)	17,52 ± 1,74bc (14,38 - 21,78)	24,50±4,52c (18,50 - 35,30)	9,94±0,95bc (8,67 - 11,81)	26,37±1,81a (25,38 - 28,47)	26,74±0,93a (25,69 - 27,49)	18,50±1,98a (14,47 - 21,42)	4,67±0,07 (4,62- 4,72)	-
Flagelômeros mediais	M	29,33±2,89 b (23,26- 39,66)	20,31±2,37 bc (15,35 - 24,87)	19,47±1,35a (14,06 - 21,04)	26,54±4,05bc (20,28 - 36,60)	10,41±2,43ab (7,67 - 13,79)	-	21,15±4,28a (17,63 - 25,93)	16,28±2,87b (14,22 - 19,57)	-	-
	F	26,97±4,46 c (13,31-35,84)	19, 34 ± 2,67c (16,34 - 27, 68)	16,97±2,47c (13,71 - 22,39)	25,56±4,08bc (18,40 - 34,37)	8,48±1,13 de (7,11, 10,77)	20,10 ± 2,69a (17,65 - 22, 99)	22,60±3,57a (19,20 - 26, 33)	18,25±0,20ab (18,07 - 18,47)	5,40±0,3a (5,42 - 5,47)	-
Flagelômeros finais	M	30,83±2,07 a (25,34-35,87)	23,76±2,82a (18, 93 - 28,53)	19,36±3,04a (10,10- 23,57)	27,65±6,14b (16,09 - 40,05)	8,93± 2,16 cde (5,00 - 12,05)	26,39±1,81a (25,38 - 28,47)	24,09±0,25a (23,93 - 24,38)	19,55±1,48a (18,34 - 21,20)	3,77±1,00c (2,98 - 4,41)	-
	F	30,72±3,12 a (22,79-37,27)	21,59±2,72b (16,80 - 24, 99)	17,14±2,30bc (14,23 - 20,73)	30,92±4,37a (19,15 - 36,44)	8,18±0,78e (7,12 - 9,43)	16,16±9,3a (14,82 - 18,70)	25, 15±4,48a (21,10 - 29,97)	19,26±1,44a (18,15 - 20,89)	5,20±0,39a (4,92 - 5,48)	-
CV (%)		11,62	13,42	19,94	16,93	17,55	17,87	14,09	3,41	11,18	21,04

Comprimento médio – desvio padrão (mínimo - máximo) das sensilas presentes nos flagelômeros basais, medias e finais dos insetos para ambos os sexos. As contagens de sensilas são baseadas em 5 antenas de insetos separados para ambos os sexos. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey (p≤0,05).

Tabela 6. Largura dos tipos de sensilas presentes nas antenas de machos e fêmeas de *Anacamptis phytomiella* BUSCK, 1914 (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE) de acordo com sua localização na antena.

Largura das sensilas (µm)	Sexo	St (n=35)	SB I (n=25 FB, FM e n= 16 FF)	SB II (n=25 FB, FM e n= 16 FF)	SCh (n=25)	SCoe (n=10)	SSt (n= 3)	SSq (n= 3)	SA (n=8 FB, FM e n= 3 FF)	Sup (n=6)	Cb (n=30)
Escapo	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1±0,49a (0,603- 0,771)
	F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1±0,10a (0,425 - 0,897)
Flagelômeros basais	M	0,826±0,091a (0,658- 1,101)	1,172±0,125a (1,004- 1,570)	1,100±0,18c (0,821- 1,459)	1,377±0,19ab (1,099 - 1,966)	7,594±1,71ab (5,561 - 10,353)	2,291±0b (2,291 - 2,291)	1,961±0,40a (1,642 - 2,416)	2,950±00,37a (2,210 - 3,291)	3,663±0,70a (3,613- 3,713)	-
	F	0,797±0,08b (0,645-0,985)	1,165±0,093a (1,008 - 1,471)	1,211 ± 0,09a (1,024 - 1,367)	1,405±0,20a (1,142- 1,722)	7,648±0,8ab (6,613- 9,015)	3,577±0,44a (3,059- 3,837)	1,686±0,42a (1,290 - 2,128)	2,439±0,17ab (2,222 - 2,775)	4,026±1,48a (3,378- 4,674)	-
Flagelômeros mediais	M	0,812±0,08ab (0,712- 1,101)	1,161±0,120a (1,000 - 1,460)	1,197±0,10ab (0,912 - 1,442)	1,286±0,12c (1,097- 1,460)	7,447± 0,63ab (6,366- 8,737)	-	1,821±0,33a (1,586 - 2,198)	2,277±0,81bc (2,198- 2,435)	-	-
	F	0,808±0,07ab (0,658-0,995)	1,187 ±0,116a (1,088 - 1,329)	1,221±0,10a (1,004 - 1,460)	1,290±0,15c (1,032 - 1,635)	7,128±0,58ab (5,676 - 7,667)	2,788±1,198ab (2,594 - 3,059)	1,943±0,25a (1,653 - 2,136)	1,994±0,69bc (1,797 - 2,222)	3528±0,59a (3,108 - 3,948)	-
Flagelômeros finais	M	0,805±0,07ab (0,692-0,982)	1,166±0,140a (1,020- 1,562)	1,153±0,12ab (0,912- 1,277)	1,357±0,14ab (1,169 - 1,722)	7,937± 1,74a (4,444 - 10,676)	2,27±0,79b (2,107- 3,484)	1,624±0,17a (1,485 - 1,825)	2,179±0,78bc (1,905 - 2,435)	3,77±1,00a (2,98 - 4,41)	-
	F	0,807±0,09ab (0,711-1,111)	1,156±0,142a (0,912- 1,471)	1,206±0,11a (1,095 - 1,425)	1,323±0,15ab (1,095 - 1,683)	6,80±0,61b (6,108 - 8,134)	2,867±0,97ab (2,379 - 3,487)	2,212±0,86a (1,188 - 3,144)	1,804±0,70c (1,471 - 2,007)	3,821±1,15a (3,307 - 4,336)	-
CV (%)			13,42	13,25	12,48	19,14	15,3	14,02	11,25	19,9	11,79

Largura média – desvio padrão (mínimo - máximo) sensilas presentes nos basais, medias e finais dos insetos para ambos os sexos. As contagens de sensilas são baseadas em 5 antenas de insetos separados para ambos os sexos. Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey (p≤0,05).