



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

POLIANA MARTINS DUARTE

FONTES DE RESISTÊNCIA À TRAÇA-DA-CASTANHA EM CAJUEIRO-ANÃO

FORTALEZA

2018

POLIANA MARTINS DUARTE

FONTES DE RESISTÊNCIA À TRAÇA-DA-CASTANHA EM CAJUEIRO-ANÃO

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

Orientadora: Prof. Dra. Nívia da Silva Dias-Pini

FORTALEZA

2018

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)

D874f Duarte, Poliana Martins.

Fontes de resistência à traça-da-castanha em cajueiro-anão. / Poliana Martins Duarte. – 2018.
34 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Nívia da Silva Dias-Pini.

1. Anacardium occidentale. 2. Ácidos anacárdicos. 3. Anacampsis phytomiella. 4. Compostos fenólicos.
I. Título.

CDD 630

POLIANA MARTINS DUARTE

FONTES DE RESISTÊNCIA À TRAÇA-DA-CASTANHA EM CAJUEIRO-ANÃO

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: Entomologia Agrícola

Aprovada em: 30/07/2018

BANCA EXAMINADORA

Pesq^a Dr^a. Nívia da Silva Dias-Pini (Orientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Cherre Bezerra da Silva
Oregon State University

Prof. Dr. João Gutemberg Leite Moraes
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Aos meus pais, Eivalter e Maria da Glória, por todo apoio e incentivo ao meu crescimento pessoal e profissional, e ao meu irmão Fabio Duarte, por ser um exemplo de superação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todos os momentos e ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho, que contribuíram de forma muito positiva para que esse sonho se tornasse realidade.

À Dra. Nívia da Silva Dias-Pini, pela orientação, por ter me acolhido e acreditado em meu potencial para desenvolver a pesquisa, além de ter sido uma grande amiga nos momentos mais difíceis.

Aos membros da banca examinadora, professor João Gutemberg Leite Moraes e pesquisador Cherre Bezerra da Silva, pela disponibilidade em aceitar fazer parte deste momento importante em minha vida e por suas valiosas contribuições.

Ao professor Wagner da Silva Melo e ao Dimitri, por terem me auxiliado com a estatística da dissertação.

Ao Dr. Francisco Vidal, pela concessão das castanhas e dados de infestação de *Anacampsis phytomiella*.

Ao Dr. Guilherme Zocolo, pela co-orientação no desenvolvimento dos experimentos na área da química, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao pessoal do laboratório de Multiusuário Química e Produtos Naturais, Oiram Filho e Lucas Cabral, por terem sido essenciais na reta final do meu projeto.

À Darlene por ter se disponibilizado a me ensinar a fazer as análises no HPLC.

Aos meus amigos-irmãos do laboratório de entomologia, Gabriela, Suyanne, Wenner Vinícius, Lucas, Gleidson, Jessica, Alícia, Neville e Orlenisce. Sem vocês tudo seria muito mais difícil, obrigada por terem me ajudado nos trabalhos de campo e laboratório e pelos inúmeros momentos que me fizeram rir, amo muito todos vocês.

À Gabriela Priscila pela amizade, carinho, ensinamentos e toda paciência para me ouvir nos momentos de angústia, obrigada por tudo Gabi que Deus esteja sempre a te abençoar.

Aos técnicos do laboratório de entomologia Socorro e Carlinhos, por sempre disponibilizarem os materiais necessários para o andamento da pesquisa.

Ao corpo técnico do campo experimental de Pacajus, por toda ajuda em campo.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela oportunidade e apoio durante a realização dos experimentos.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade concedida.

Às meninas com quem morei em Fortaleza, Cristiane, Natália, Vitória e Mônica, me faltam palavras para descrever tamanha gratidão. Que Deus abençoe e ilumine muito a vida de vocês.

Ao meu irmão Fabio Ramon, pela força e ensinamentos prestados durante o desenvolvimento da dissertação.

A todos, minha gratidão!

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9

RESUMO

Ao longo de seu desenvolvimento, o cajueiro-anão é atacado por várias pragas, destacando-se a traça-da-castanha (*Anacampis phytomiella*), praga-chave dos frutos verdadeiros (castanha de caju). Os prejuízos causados pelo controle químico, atualmente único método utilizado para manejo desta espécie, revelam a necessidade de desenvolvimento de métodos sustentáveis de controle tais como a resistência de plantas a insetos. Esta pode ser expressa por características morfológicas e químicas desfavoráveis ao inseto fitófago. A identificação dessas características pode contribuir na seleção de genótipos resistentes a insetos-praga em programas de melhoramento genético. Neste trabalho, objetivou-se (1) determinar os níveis de resistência de 13 genótipos de cajueiro-anão à traça-da-castanha; (2) identificar caracteres morfológicos e (3) químicos da castanha relacionados à resistência. Para quantificar o ataque da traça-da-castanha, foram estudados genótipos comerciais experimentais, em três anos consecutivos (2014-16). Avaliaram-se as características biométricas das castanhas, tais como peso, comprimento, largura, espessura distal e espessura da inserção da castanha com o pseudofruto. A análise química do líquido da castanha de caju foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), comparando-se os três genótipos mais resistentes com o genótipo mais suscetível. Quanto as características biométricas das castanhas o genótipo MG 113 apresentou maior peso, comprimento e largura diferindo dos demais genótipos. Já para a espessura distal da casca da castanha, os genótipos PRO 105/5 e PRO 112/8, foram os mais espessos; enquanto para a espessura da inserção os genótipos MG 113, PRO 143/7, PRO 105/5, PRO 120/4, H 111/2 e PRO 112/8 apresentaram os maiores valores. Na análise química, em castanhas furadas, os genótipos MG 170 e PRO 155/2 apresentaram o maior teor de ácidos anacárdicos, seguido pelo genótipo PRO 143/7. Já os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170, considerados moderadamente resistentes a *A. phytomiella*, mostraram maiores teores de dieno. Os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170 são moderadamente resistentes, e as características morfológicas que mais contribuem para a resistência do cajueiro-anão à traça-da-castanha são o comprimento, largura e espessura da inserção da castanha. Em castanhas furadas, o teor de ácidos anacárdicos foi maior nos genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170, e nesses genótipos identificou-se o maior teor de dieno e monoeno.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*; ácidos anacárdicos; *Anacampis phytomiella*; compostos fenólicos.

ABSTRACT

Throughout its development, the dwarf cashew is attacked by several pests, especially the moth (*Anacampsis phytomiella*), a key pest of true fruits (cashew nuts). The losses caused by chemical control, currently the only method used to manage this species, reveal the need to develop sustainable control methods such as plant resistance to insects. This can be expressed by morphological and chemical characteristics unfavorable to the phytophagous insect. The identification of these characteristics may contribute to the selection of genotypes resistant to insect pests in breeding programs. In this work, the objective was (1) to determine the resistance levels of 13 genotypes of dwarf cashew nuts; (2) identify morphological and (3) chemical characteristics of chestnut related to resistance. To quantify the brown moth attack, experimental commercial genotypes were studied in three consecutive years (2014-16). The biometric characteristics of the nuts were evaluated, such as weight, length, width, distal thickness and thickness of the nut insertion with the pseudofruit. The chemical analysis of cashew liquid was performed in high performance liquid chromatography (HPLC), comparing the three most resistant genotypes with the most susceptible genotype. Regarding the biometric characteristics of the nuts, genotype MG 113 presented greater weight, length and width differing from the other genotypes. As for the distal thickness of the chestnut shell, the genotypes PRO 105/5 and PRO 112/8 were the thickest; while for the insertion thickness the genotypes MG 113, PRO 143/7, PRO 105/5, PRO 120/4, H 111/2 and PRO 112/8 presented the highest values. In the chemical analysis, in bored nuts, genotypes MG 170 and PRO 155/2 presented the highest content of anacardic acids, followed by genotype PRO 143/7. However, the genotypes PRO 143/7, PRO 155/2 and MG 170, considered moderately resistant to *A. phytomiella*, showed higher levels of diene. The genotypes PRO 143/7, PRO 155/2 and MG 170 are moderately resistant, and the morphological characteristics that contribute most to the resistance of the dwarf cashew to the brown moth are the length, width and thickness of the chestnut insertion. In nuts, the content of anacardic acids was higher in the genotypes PRO 143/7, PRO 155/2 and MG 170, and in these genotypes the highest diene and monoene content was identified.

Keywords: *Anacardium occidentale*; anacardic acids; *Anacampsis phytomiella*; phenolic compounds.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Traça-da-castanha, <i>Anacampsis phytomiella</i> Busck	14
2.2	Resistência de plantas a insetos	15
2.3	Causas morfológicas da resistência de plantas a insetos	16
2.4	Causas químicas da resistência de plantas a insetos	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Quantificação do ataque da traça-da-castanha em genótipos de cajueiro-anão	19
3.2	Caracterização biométrica da castanha do caju	19
3.3	Caracterização química do líquido da castanha de caju (LCC)	20
3.3.1	<i>Extração do LCC</i>	20
3.3.2	<i>Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)</i>	22
4	RESULTADOS	23
5	DISCUSSÃO	29
6	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A cultura do caju (*Anacardium occidentale* L.) é uma das principais atividades agrícolas que contribuem para o desenvolvimento econômico e social da região Nordeste do Brasil (CONAB, 2017). O principal produto é a amêndoa da castanha de caju (ACC), sendo esta, uma das mais comercializadas no mercado mundial de nozes comestíveis (CAVALCANTE *et al.*, 2013). Além da ACC, o cajueiro tem como principais produtos de importância econômica o líquido da casca da castanha (LCC) e o pedúnculo (pseudofruto comestível) (CONAB, 2017). Na safra 2017, o Brasil obteve uma produção de 134.580 mil toneladas de castanha-de-caju, liderada pelos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, que juntos produziram cerca de 122 mil toneladas (IBGE, 2018).

No Nordeste, o cajueiro é atacado por vários insetos-praga em diversas fases do desenvolvimento da planta, com destaque para a traça-da-castanha, *Anacampis phytomiella* Busck (Lepidoptera: Gelechiidae), considerada praga-chave para a cultura (MESQUITA e SOBRINHO, 2013).

A traça-da-castanha tem como único hospedeiro o cajueiro. O ataque na castanha ocorre a partir do momento em que a mariposa deposita seus ovos no ponto de inserção, região localizada entre a castanha e o pedúnculo. Após a eclosão, as lagartas de primeiro ínstar penetram nas castanhas em formação, consumindo-as parcial ou totalmente, consequentemente tornando-as inviáveis para comercialização. Ao atingirem maturidade, as lagartas constroem orifícios circulares na extremidade distal da castanha, por onde saíam os adultos. Esse é o principal sintoma do ataque da praga, em campo, conhecido como “castanha furada” (MELO e BLEICHER 2002; MESQUITA e SOBRINHO, 2013).

Atualmente, deltametrina é o único princípio ativo registrado para a cultura do cajueiro no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo indicado para manejo da broca-das-pontas, *Anthistarcha binocularis* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), e do tripes-da-cinta-vermelha, *Selenothrips rubrocinctus* (Thysanoptera: Thripidae) (AGROFIT, 2018), mas não da traça-da-castanha. Devido à dificuldade de controle dessa praga e à ausência de produtos registrados, os cajucultores têm feito uso de inseticidas não registrados para a cultura, colocando em risco as saúdes humana e ambiental. Além disso, o uso inadequado de inseticidas para o controle de insetos-praga, pode ocasionar a seleção de indivíduos resistentes.

Há muitas décadas, o emprego de plantas resistentes a pragas tem se consolidado como estratégia eficiente para o manejo de insetos em um grande número de culturas, propiciando um controle mais racional e sustentável, reduzindo os custos de produção e, principalmente, minimizando o uso de inseticidas (VENDRAMIM e GUZZO, 2013).

A resistência a pragas pode ser expressa por características morfológicas, fisiológicas, e químicas desfavoráveis ao fitófago, como a presença de tricomas, elevadas espessura e dureza da epiderme, textura que dificulta a alimentação ou oviposição, presença de metabólitos secundários (substâncias não-nutritivas) sintetizadas pelas plantas com a finalidade de protegê-las (WEBSTER *et al.*, 2010; JINDAL e DHALIWAL, 2011; VENDRAMIM e GUZZO, 2013; SILVA *et al.*, 2015). Esses metabólitos de defesa são considerados constitutivos quando as substâncias de defesa são produzidas pela planta independente da ação dos herbívoros; ou induzidos, quando a produção dos metabólitos ocorre em resposta de defesa ao ataque da praga (TAIZ e ZEIGER, 2017). Dentre os metabólitos secundários destacam-se os compostos fenólicos, pois ao aumentarem a oxidação de polímeros tornam a planta hospedeira pouco palatável, indigesta, e de baixo valor nutricional para o inseto, conseqüentemente inibindo a herbivoria (KUMAR *et al.*, 2014). Os compostos fenólicos comumente encontrados no LCC são os ácidos anacárdicos, cardol, cardanol, e alguns isômeros (YULIANA *et al.*, 2012). Os ácidos anacárdicos têm propriedades inseticidas, potencialmente conferindo resistência ao cajueiro, necessitando esta ser melhor estudada (SCHULTZ *et al.*, 2006).

A exploração deste potencial inseticida em programas de melhoramento genético pode auxiliar e dar celeridade na identificação e seleção de genótipos vegetais resistentes a insetos-praga. Estudos recentes identificaram genótipos de cajueiro-anão resistentes à traça-da-castanha, dentre estes BRS 226, PRO 105/5, PRO 111/3, PRO 143/7, PRO 155/2, e H 106/1 apresentaram menor preferência para por *A. phytomiella* (DIAS-PINI *et al.*, 2017). Contudo, os mecanismos que viabilizam esta resistência ainda são desconhecidos, sendo provável que características morfológicas e/ou químicas das plantas estejam envolvidas. Os objetivos deste estudo foram: (1) determinar, em condições de campo, os níveis de resistência de 13 genótipos de cajueiro-anão a *A. phytomiella*; (2) descrever caracteres biométricos e químicos das castanhas produzidas por estes 13 genótipos; e (3) identificar potenciais associações entre níveis de resistência à praga e caracteres morfológicos/químicos das castanhas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

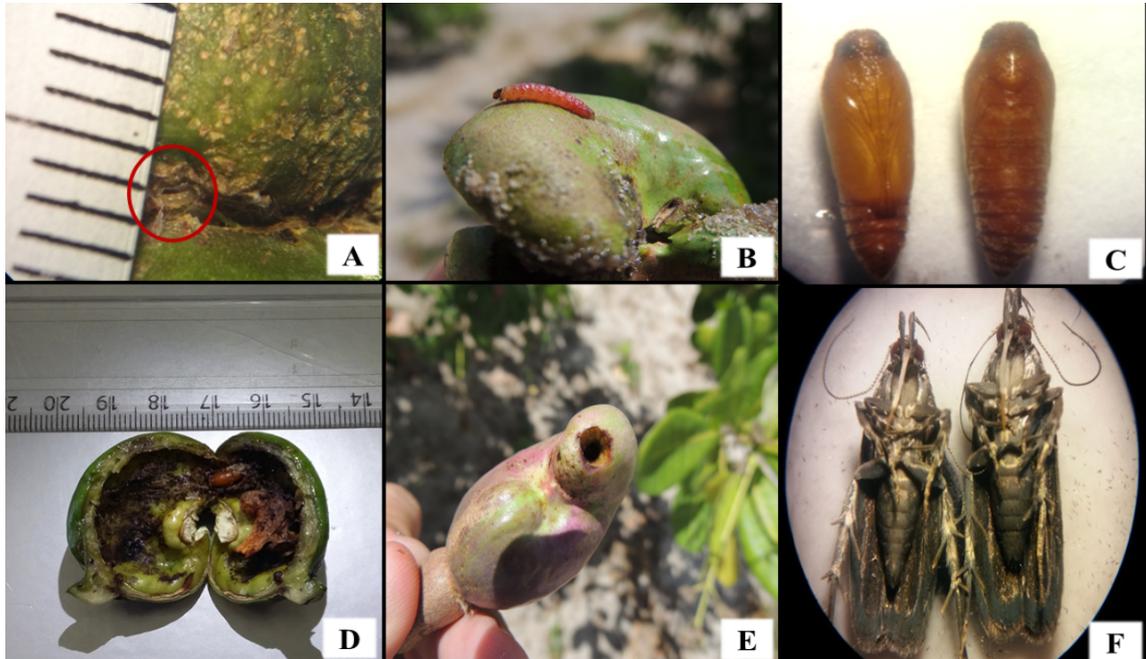
2.1 Traça-da-castanha, *Anacampsis phytomiella* Busck

A traça-da-castanha pertence à família Gelechiidae (Lepidoptera), que compreende aproximadamente 4700 espécies descritas em cerca de 500 gêneros (NIEUKERKEN *et al.*, 2011), distribuídos por diferentes regiões e habitats ao redor do mundo (LEE e MERCADO, 2016). O adulto tem cerca de 8 mm de comprimento e 16 mm de envergadura. Cor cinza escuro geral; asa anterior com áreas cinza claro (DIAS-PINI *et al.*, 2017).

O primeiro relato da traça-da-castanha no estado do Ceará ocorreu no ano de 1982 no município de São Benedito (ARAÚJO *et al.*, 1987). O principal sintoma de ataque da praga é a presença de um orifício circular, encontrado principalmente na ponta da castanha (parte distal), construído pela larva antes de empupar e após ter destruído completamente a amêndoa (FIGURA 1). Popularmente, a castanha atacada é conhecida como castanha “furada” (MESQUITA *et al.*, 2008). O ataque da praga está normalmente associado a uma constrição do pedúnculo na região próxima ao ponto de inserção com a castanha, a qual inicia-se nos maturis (castanha de caju no estágio verde) e aumenta em intensidade com o desenvolvimento dos frutos (MESQUITA *et al.*, 1998).

Um aspecto importante a ser mencionado é a expansão dos hábitos alimentares da praga. Tem sido observado que no período de floração do cajueiro, ou seja, antes mesmo que as castanhas estejam disponíveis, as larvas da traça-da-castanha podem ser encontradas abrindo galerias na parte central das brotações novas (MESQUITA *et al.*, 2001). Este comportamento assemelha-se ao ataque da “broca-das-pontas”, *Anthistarcha binocularis* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) porém diferencia-se por não apresentar o orifício característico construído pela larva de *A. binocularis* para emergência do adulto e pela presença dos detritos na parte terminal do ramo. Embora suas causas ainda não tenham sido identificadas, este novo comportamento eleva a flexibilidade alimentar da praga, conseqüentemente aumentando suas chances de sobrevivência em condições subótimas. Os ataques podem ser observados em cajueiros dos tipos comum e anão. Até o momento, não se conhece outro hospedeiro da traça-da-castanha (MESQUITA *et al.*, 2001).

Figura 1 - (A) Lagarta de *Anacampsis phytomiella*, recém-eclodida, no ponto de inserção da castanha-de-caju com o pedúnculo; (B) lagarta de *A. phytomiella* em desenvolvimento; (C) pupas, em vista ventral e dorsal; (D) maturí com presença da pupa de *A. phytomiella*; (E) castanha furada; (F) Vista ventral do macho e da fêmea adultos, respectivamente.



Fonte: Dias-Pini, N. S., 2018.

2.2 Resistência de plantas a insetos

A resistência de plantas a insetos herbívoros pode ocorrer de diferentes maneiras, as quais podem estar relacionadas a fatores da própria planta, ao organismo praga e ao ambiente. Uma planta resistente é aquela que apresenta características que a tornam menos atraente e/ou por ter efeitos prejudiciais sobre os insetos, tornando-a menos danificada em comparação com uma planta suscetível (PAINTER, 1951).

Os níveis de respostas encontrados quando se comparam variedades ou espécies de plantas sob ataque de determinado inseto são conhecidos como graus de resistência. Por exemplo, a planta é considerada “suscetível” quando ela sofre dano semelhante ao dano médio sofrido pelas demais variedades; ou “altamente suscetível” quando o dano é maior que o dano médio das demais variedades. “Resistência moderada” ocorre quando os danos são pouco menores que o dano médio sofrido pelos genótipos em confronto (LARA, 1991).

O uso de plantas resistentes é uma das estratégias inseridas em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que pode ser utilizada para controlar a traça-da-castanha.

A resistência de plantas pode ser classificada em três tipos: não preferência ou antixenose, antibiose e tolerância, que são determinadas por causas morfológicas/físicas ou químicas (LARA, 1991; GULLAN e CRANSTON, 2017).

Antixenose ocorre quando um determinado genótipo de planta é menos utilizado pela praga para alimentação, oviposição ou abrigo que outro genótipo em igualdade de condições. Esse tipo de resistência afeta diretamente o comportamento dos insetos em relação à planta hospedeira (LARA, 1991). No entanto, o método de avaliação desse tipo de resistência é bastante criticado por alguns autores, visto que os danos ocasionados pela praga são contabilizados quando a mesma se encontra no hospedeiro sendo avaliados durante um período curto de tempo, geralmente usando plantas jovens, e raramente observa-se as plantas ao longo de anos consecutivos. Assim, a presença do inseto ou seus danos refletem nas decisões comportamentais, ignorando os efeitos acumulativos de populações de insetos herbívoros nas diferentes plantas (STENBERG e MUOLA, 2017).

Antibiose ocorre quando o genótipo exerce efeitos adversos sobre a biologia da praga. Os principais efeitos desse tipo de defesa das plantas sobre os parâmetros biológicos dos insetos são mortalidade da fase imatura, menor crescimento e peso, deformações e aumento no ciclo de vida do inseto. Esses efeitos são causados principalmente por compostos orgânicos produzidos pelos vegetais, denominados de metabólitos ou compostos secundários, os quais ao prejudicar as pragas reduzem os estresses que estas causam às plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Santos (2016) observou os efeitos da antibiose na biologia da mosca-branca-do-cajueiro, *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) (Hemiptera: Aleyrodidae) em clones de cajueiro-anão, os quais reduziram a emergência de adultos, sendo, portanto, inadequados para desenvolvimento do inseto.

Tolerância está relacionada com a capacidade da planta suportar o ataque dos insetos-praga, regenerar os tecidos danificados, emitir novos ramos ou perfilhos sem interferir na produtividade (LARA, 1991). Plantas tolerantes não comprometem a biologia ou o comportamento dos insetos herbívoros, e conseqüentemente não exerce pressão de seleção sobre o mesmo. A identificação de genótipos tolerantes a insetos-praga é essencial para que as características de resistência possam ser incorporadas através de melhoramento genético em genótipos comerciais (BUSOLI *et al.*, 2015).

2.3 Causas morfológicas da resistência de plantas a insetos

As causas morfológicas da resistência estão ligadas às características vegetais que podem afetar a locomoção, seleção hospedeira para alimentação e oviposição, acasalamento, ingestão e digestão do alimento dos insetos. Os principais fatores de resistência relacionados à epiderme são espessura, dureza, textura, cerosidade e presença de tricomas glandulares e não-glandulares (GUZZO e VENDRAMIM, 2013).

Visando avaliar as causas da resistência de genótipos de cajueiro à mosca-branca-do-cajueiro, Santos (2016) observou correlação negativa entre a densidade de tricomas glandulares e a preferência para oviposição e atratividade de adultos da mosca-branca-do-cajueiro, indicando que a densidade de tricomas glandulares afeta resistência de clones de cajueiro a esta praga.

O estudo da morfologia das plantas e suas implicações sobre as populações de insetos-praga constitui estratégia primordial para programas de melhoramento genético. A partir do conhecimento das estruturas vegetais que funcionam como barreiras a insetos herbívoros pode-se criar soluções visando à redução do uso de produtos químicos.

2.4 Causas químicas da resistência de plantas a insetos

As plantas produzem uma diversidade de compostos orgânicos conhecidos como metabólitos secundários, compostos secundários ou produtos naturais. Esses metabólitos são responsáveis por defenderem os vegetais do ataque de herbívoros e patógenos. Dentre os compostos produzidos pelas plantas, os fenólicos agem como defesa contra insetos herbívoros (TAIZ e ZEIGER, 2013). Esses fenóis são divididos em duas classes: (I) Fenólicos pré-formados, sintetizados durante o desenvolvimento normal dos tecidos vegetais; e (II) Fenólicos induzidos, produzidos pelas plantas em respostas ao ataque da praga. Fenólicos pré-formados são geralmente específicos, havendo uma tendência para muitos compostos lipofílicos (flavonóis e éteres metil-flavonóis) estarem localizados na cera foliar e exsudatos de botões ou na fração citoplasmática das células epidérmicas, caracterizando-se como barreira química a investidas de fatores bióticos (KUMAR *et al.*, 2014). Os fenólicos induzidos são manifestados na planta como uma resposta em função da herbivoria (STOUT, 2013). Dessa forma, a expressão da resistência deve ser o resultado conjunto da complexa ação de enzimas oxidativas e dos compostos provenientes do metabolismo secundário vegetal (STOUT *et al.*, 1994).

Estudos mostram que compostos de defesa constitutiva podem contribuir para uma resposta induzida e, o inverso também ocorre, quando metabólitos produzidos por

respostas induzidas são acumulados em defesas constitutivas (SCHMELZ *et al.*, 1999; HALITSCHKE *et al.*, 2000; GATEHOUSE, 2002). Wang *et al.* (2017), ao analisar o perfil metabólico dos genótipos de algodoeiro-americano descobriu que a lagarta, *Hyphantria cunea* (ordem: família), induz o ácido sinápico específico de genótipo resistente, e de estigmasterol que apresentou padrões semelhantes em genótipos resistentes e suscetíveis, mas o nível induzido em "2KEN8" resistentes foi maior corroborando com os resultados encontrados neste estudo.

Os fenólicos atuam como repelentes, deterrentes e inativadores de enzimas para insetos herbívoros. Piubelli *et al.* (2005) encontraram concentrações elevadas de rutina e genistina em dois genótipos de soja causando distúrbios fisiológicos em *Anticarsia gemmantalis*. Santos (2016) verificou que o genótipo resistente à mosca-branca-do-cajueiro PRO 143/7 apresentou maior produção de compostos fenólicos, demonstrando que esses compostos possuem um papel importante na resistência de genótipos de cajueiro a esta praga.

Plantas do gênero *Anacardium*, ao qual pertence o cajueiro (*Anacardium occidentale*), apresentam alto teor de substâncias com propriedades tóxicas e irritantes como ácidos anacárdicos que, com cardanol e cardol, constituem cerca de 90% da composição do líquido da castanha de caju (CORREIA *et al.*, 2006). Oliveira *et al.* (2011) constataram que, cardol, cardanol e ácidos anacárdicos podem atuar como inibidores da enzima acetilcolinesterase. A inibição dessa enzima ocasiona acúmulo tóxico de acetilcolina e consequente falha na transmissão sináptica, deterioração neuromuscular, paralisia muscular e danos ao sistema nervoso central (ROSENBERRY *et al.*, 2008).

Os ácidos anacárdicos foram eficientes no controle de larvas do besouro *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae), uma vez que folhas de batatas pulverizadas com AcAn em ensaio sem chance de escolha foram menos consumidas quando comparadas à testemunha. As larvas tiveram seu crescimento e desenvolvimento afetados após ingerir os AcAn (SCHULTZ *et al.*, 2006). Os AcAn apresentam atividade biocida devido à sua ação em inibir a lipoxigenase (GRAZZINI *et al.*, 1991; HA *et al.*, 2005), ciclooxigenase (KUBO *et al.*, 1987; BHATTACHARYA *et al.*, 1987) e os produtos eicosanóides podem afetar a capacidade reprodutiva dos insetos (STANLEY-SAMUELSON *et al.*, 1996; STANLEY *et al.*, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Quantificação do ataque da traça-da-castanha em genótipos de cajueiro-anão

As avaliações foram realizadas em um pomar com 13 genótipos de cajueiro-anão implantado em 2011 pelo 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 plantas foram cultivadas em regime de sequeiro, em espaçamento 8 m x 6 m.

Para quantificar o ataque da traça-da-castanha, utilizou-se o método descrito por Dias-Pini *et al.* (2017), no qual amostraram-se aleatoriamente 100 castanhas de cada genótipo vegetal, seguindo-se da contagem das castanhas furadas.

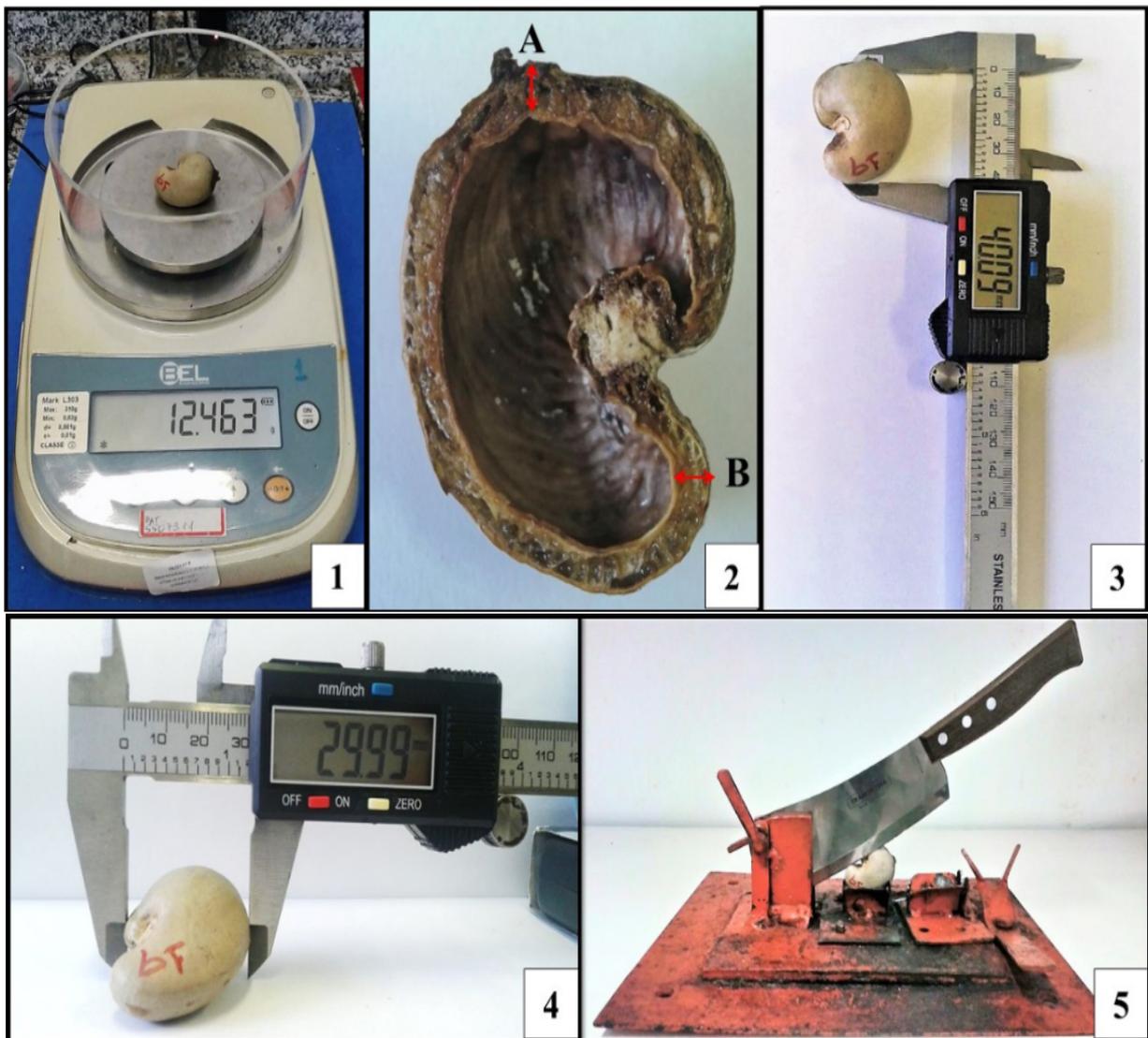
Os dados foram coletados em três anos consecutivos. Em 2014 e 2016 foram realizadas duas colheitas, enquanto em 2015 foi realizada apenas uma colheita devido à baixa produtividade do cajueiro nesse ano. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 13 tratamentos (genótipos BRS 226, CCP 76, MG 113, PRO 143/7, PRO 105/5, PRO 120/4, MG 155, H 111/2, PRO 130/1, MG 170, MG 165, PRO 112/8 e PRO 155/2) e 8 repetições (plantas). Os agrupamentos dos genótipos com relação aos níveis de resistência foram realizados com base no erro padrão da média (EP) ($P \leq 5\%$), considerando as seguintes categorias: moderadamente resistente: $M_c < M_{ct} - EP$; susceptível: $M_{ct} - EP \leq M_c \leq M_{ct} + EP$; altamente susceptível: $M_c > M_{ct} + EP$; onde: M_c = média da cultivar; M_{ct} = média entre todas as cultivares testadas (BARROS e VENDRAMIM, 1999).

3.2 Caracterização biométrica da castanha de caju

Em laboratório foram avaliadas as características biométricas da castanha dos 13 genótipos de cajueiro-anão anteriormente citados. Avaliaram-se peso, espessura distal da casca da castanha, espessura da inserção da castanha com o pedúnculo, comprimento e largura da casca da castanha em 15 repetições de castanhas maduras sadias. Para a avaliação foram utilizados paquímetro digital, guilhotina e uma balança analítica (FIGURA 2). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, os dados morfológicos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). Além disso, foi utilizado o método de análise de variação canônica (CVA) para

identificar e determinar variações morfológicas, as quais podem discriminar diferenças nos parâmetros entre as amostras testadas.

Figura 2 - 1. Balança de precisão para pesagem das castanhas de caju. 2. Corte sagital da castanha para avaliação da espessura da inserção da casca da castanha com o pedúnculo (A) e avaliação da espessura distal da casca da castanha (B). 3. Comprimento da casca da castanha. 4. Largura da casca da castanha. 5. Guilhotina utilizada para abrir as castanhas.



Fonte: elaborada pela autora.

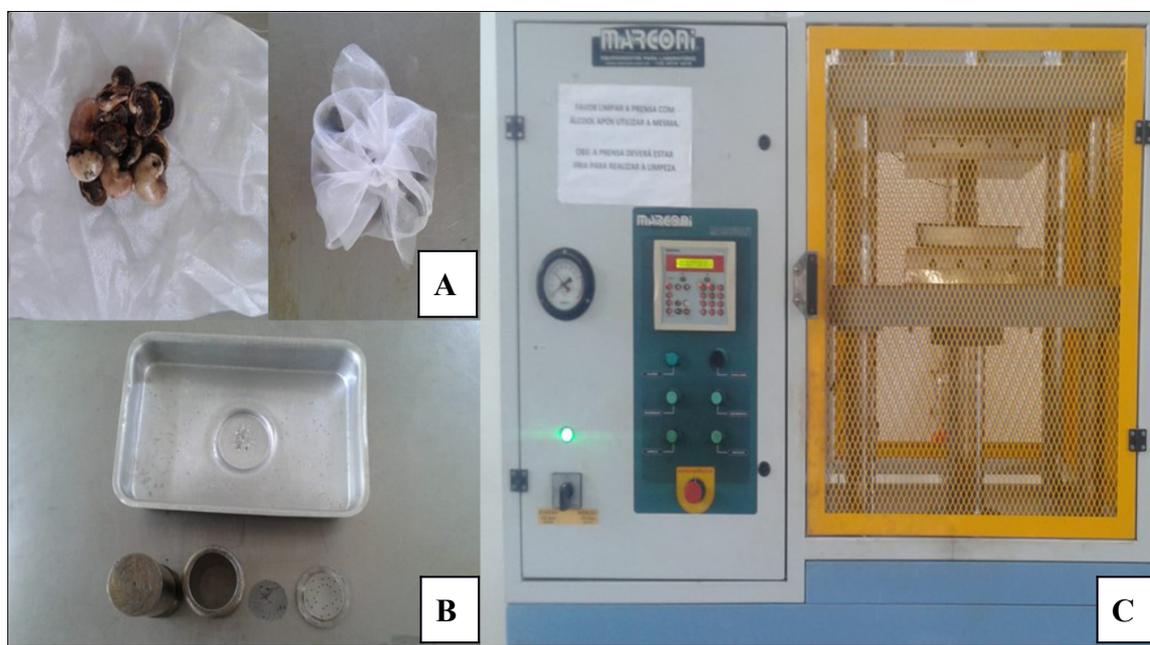
3.3 Caracterização química do líquido da castanha de caju (LCC)

3.3.1 Extração do LCC

Para a extração do LCC foi adotada a metodologia de Oiram Filho (2017). Foram obtidas castanhas dos genótipos PRO 143/7, PRO 155/2, MG 170 (moderadamente resistentes) e PRO 130/1 (altamente suscetível), a partir do campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, CE. Foram coletadas dez castanhas furadas, dez maduras e dez maturis. O material coletado passou por secagem em estufa à 40° C, por 72 horas. Em seguida, foi realizado um corte de forma sagital com auxílio de uma guilhotina mecânica (FIGURA 2). As metades das cascas da castanha foram separadas e retiradas as amêndoas e película, reservando-se 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 (FIGURA 3). A prensa foi ajustada a uma pressão de 153 kgf/cm² a 40° C. 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 são envolvidas em tecido *voil* e carregadas em uma célula de extração, a qual possui malha que atua como filtro. O LCC extraído foi armazenado em frasco de vidro de cor âmbar e mantido em temperatura ambiente (OIRAM FILHO, 2017). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (genótipos) e 10 repetições (castanhas). Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Figura 3 - Processo para extração do líquido da castanha de caju. A. Cascas da castanha de caju envolvidas em tecido *voil* para serem colocadas na célula de extração. B. Componentes da célula de extração e bandeja coletora. C. Prensa hidráulica.



Fonte: elaborada pela autora.

3.3.2 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)

Para identificar o perfil químico do LCC utilizou-se o sistema CLAE (mais conhecido como High Performance Liquid Chromatography – HPLC). Esse sistema é composto por um cromatógrafo Shimadzu LC-20AB Prominence acoplado a um detector de arranjo de diodo Shimadzu SPD-M20A Prominence e com um autosampler Shimadzu SIL-20AC Prominence (Quioto, Japão). O controle instrumental da análise e o processamento dos dados foram tratados com o uso do software Shimadzu LC Solution.

Foi utilizado o método desenvolvido por Paramashivappa *et al.* (2001), com uma coluna cromatográfica de fase-reversa Shimadzu Shim-pack CLC – ODS(M) C18 (150 x 4,6 mm x 5 μ m). 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 mLxmin⁻¹, à temperatura de 30 °C e com volume de injeção da amostra de 20 μ L. Os cromatogramas foram monitorados 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.

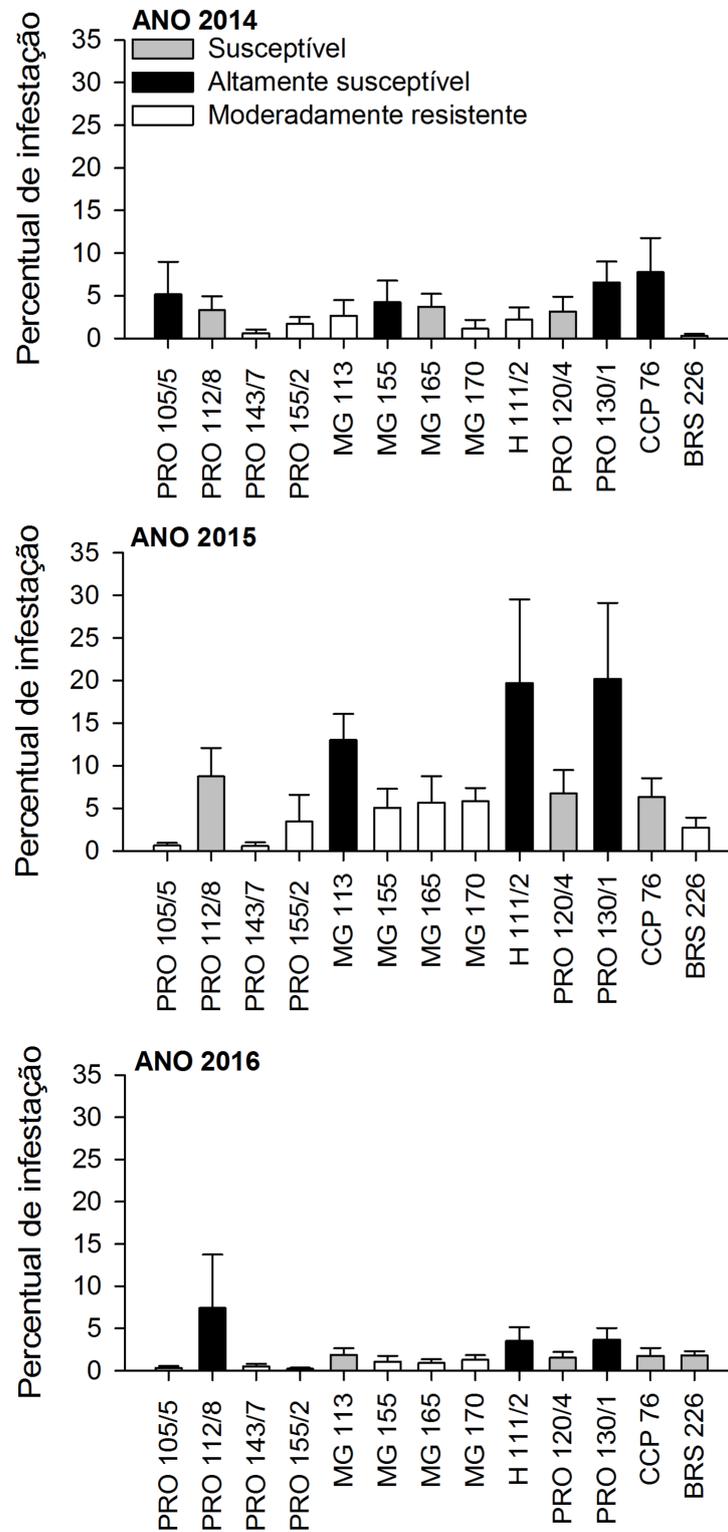
4 RESULTADOS

Houve diferenças significativas entre os genótipos de cajueiro-anão no que se refere ao ataque da traça-da-castanha, em condições de campo, durante três anos consecutivos (FIGURA 4). Para o ano de 2014 os genótipos PRO 112/8, MG 165 e PRO 120/4 foram considerados suscetíveis; enquanto os genótipos PRO 105/5, MG 155, PRO 130/1 e CCP 76 foram considerados altamente suscetíveis; e os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2, MG 113, MG 170, H 111/2 e BRS 226 foram moderadamente resistentes.

Para o ano de 2015, os genótipos PRO 112/8 e PRO 120/4 continuaram no grupo dos suscetíveis, com o clone comercial CCP 76; os genótipos MG 113, H 111/2 e PRO 130/1 foram altamente suscetíveis e os genótipos PRO 105/5, PRO 143/7, PRO 155/2, MG 155, MG 165, MG 170 e BRS 226 foram moderadamente resistentes a traça-da-castanha.

Em 2016, quatro genótipos foram suscetíveis MG 113, PRO 120/4, CCP 76 e BRS 226; os genótipos PRO 112/8, H 111/2 e PRO 130/1 foram altamente suscetíveis; enquanto os genótipos PRO 105/5, PRO 143/7, PRO 155/2, MG 155, MG 165 e MG 170 foram moderadamente resistentes ao ataque da praga. Apenas os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170 permaneceram como moderadamente resistentes nos três anos de avaliação; e apenas o genótipo PRO 130/1 foi considerado altamente suscetível à infestação de *A. phytomiella*.

Figura 4 - Percentual de infestação da traça-da-castanha, *Anacamptis phytomiella* (Lepidoptera: Gelechiidae), em 13 genótipos de cajueiro-anão, durante os anos de 2014, 2015 e 2016. Pacajus, CE.



Fonte: elaborada pela autora.

Ao analisar as características biométricas das castanhas de caju, constataram-se diferenças significativas entre os genótipos de cajueiro-anão (TABELA 1). O genótipo MG 113 foi o que apresentou maior peso, comprimento e largura diferindo dos demais. Já para a espessura distal da casca da castanha, os genótipos PRO 105/5 e PRO 112/8, foram os mais espessos; enquanto para a espessura da inserção os genótipos MG 113, PRO 143/7, PRO 105/5, PRO 120/4, H 111/2 e PRO 112/8 apresentaram os maiores valores.

Tabela 1 - Peso, comprimento, largura, espessura distal e espessura da inserção das castanhas de 13 diferentes genótipos de cajueiro-anão, Pacajus, CE. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Genótipos	Peso	Comprimento	Largura	Espessura distal	Espessura da inserção
	g	-----mm-----			
MG 113	14,6 ± 0,66 a	41,2 ± 1,13 a	35,0 ± 0,98 a	3,3 ± 0,29 b	3,5 ± 0,54 a
PRO 143/7	12,6 ± 1,16 b	39,4 ± 1,76 b	29,1 ± 1,65 d	3,4 ± 0,45 b	3,8 ± 1,04 a
PRO 105/5	12,5 ± 1,87 b	40,1 ± 2,70 b	33,0 ± 2,39 b	3,8 ± 0,68 a	3,9 ± 0,58 a
PRO 120/4	12,3 ± 1,06 b	39,7 ± 2,07 b	29,9 ± 1,93 d	2,9 ± 0,38 c	3,6 ± 0,58 a
MG 155	11,1 ± 1,37 c	34,9 ± 2,17 d	29,1 ± 2,15 d	3,2 ± 0,44 b	2,6 ± 0,52 b
H 111/2	11,1 ± 1,06 c	36,7 ± 1,76 c	27,2 ± 1,09 e	3,3 ± 0,26 b	3,7 ± 0,76 a
PRO 130/1	10,4 ± 1,20 d	39,1 ± 1,65 b	29,4 ± 1,54 d	2,5 ± 0,31 d	2,6 ± 0,64 b
MG 170	10,3 ± 0,52 d	36,9 ± 1,03 c	31,6 ± 1,74 c	2,9 ± 0,53 c	2,5 ± 0,47 b
BRS 226	9,5 ± 1,87 e	36,0 ± 1,82 c	29,3 ± 2,92 d	2,8 ± 0,44 c	2,2 ± 0,44 c
MG 165	9,0 ± 0,75 e	32,1 ± 1,37 f	26,5 ± 2,40 e	3,2 ± 0,30 b	2,6 ± 0,50 b
PRO 112/8	8,7 ± 0,88 e	34,0 ± 1,37 e	26,2 ± 0,73 e	3,9 ± 1,07 a	3,5 ± 0,60 a
PRO 155/2	8,7 ± 0,79 e	35,1 ± 1,54 d	26,7 ± 1,04 e	2,9 ± 0,38 c	3,0 ± 0,63 b
CCP 76	8,4 ± 0,77 e	33,0 ± 0,93 f	26,4 ± 1,05 e	3,1 ± 0,30 b	2,1 ± 0,53 c
CV (%)	10,69	4,63	6,11	15,37	20,08

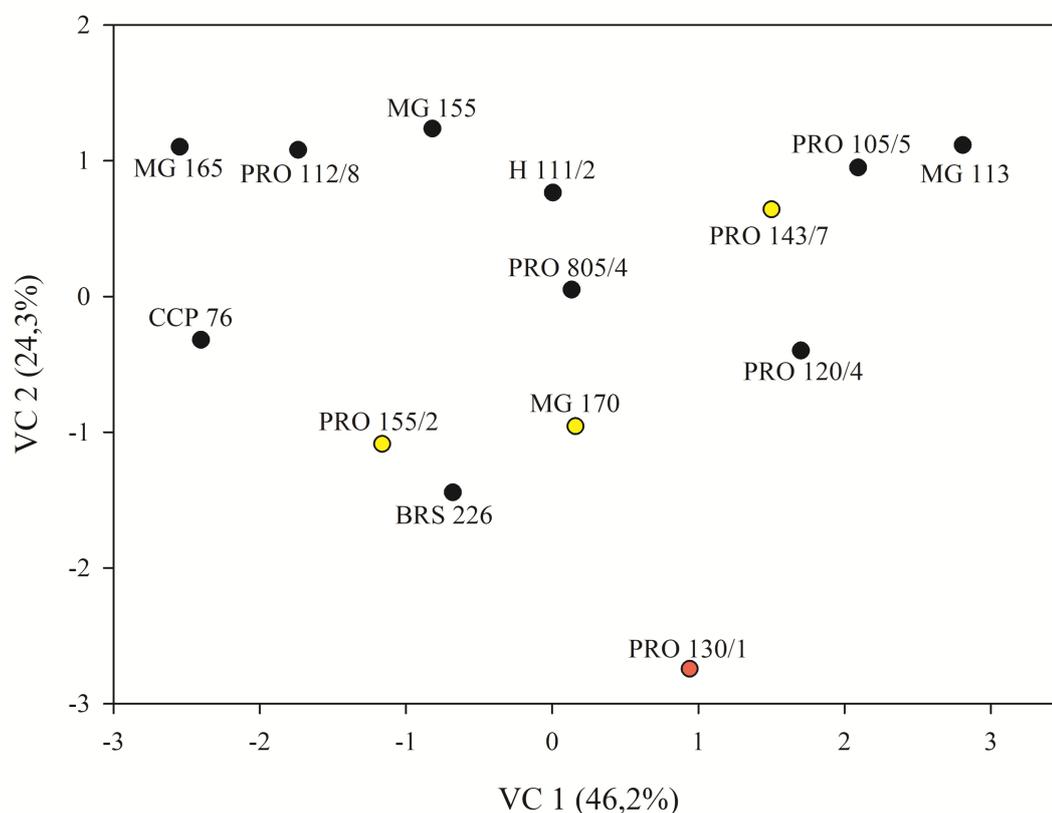
Fonte: elaborada pela autora.

As características biométricas dos genótipos foram agrupadas de acordo com a distância no plano cartesiano (FIGURA 5). Assim, genótipos dentro dos grupos arbitrários são mais semelhantes do que os genótipos que estão em diferentes regiões circuladas.

As variáveis canônicas (CV1 e CV2) explicaram 70,5% da variância total (CV1, 46,2%; CV2, 24,3%) (FIGURA 5). Os genótipos que se destacaram como moderadamente

resistentes (PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170), no ensaio anterior, tiveram suas características morfológicas mais próximas aos demais genótipos. Isso indica similaridade entre os genótipos mencionados; enquanto observou-se a separação do genótipo PRO 130/1 (altamente suscetível) com relação aos demais grupos. De acordo com o resultado das variáveis canônicas, as características que mais contribuíram para o isolamento desse genótipo foram comprimento, largura e espessura da inserção da castanha com o pedúnculo.

Figura 5 - Análise de variáveis canônicas para os caracteres morfológicos (peso, comprimento, largura, espessura distal e espessura da inserção) de genótipos de cajueiro-anão, em função das variáveis canônicas (VC1 e VC2). As variações explicadas pelas duas variáveis canônicas são mostradas entre parênteses.



Fonte: elaborada pela autora.

Observaram-se diferenças significativas nos teores de ácidos anacárdicos (AcAn) de acordo com o grau de maturação da castanha. Os genótipos PRO 155/2, MG 170 e PRO 130/1 apresentaram maior o teor de AcAn em castanhas maduras em comparação com castanhas no estágio maturí. De forma inversa, os teores de AcAn no genótipo PRO 143/7 foram significativamente menores em castanhas maduras com relação às maturís. Além disso, os teores de AcAn em castanhas infestadas foram ou menores (PRO 143/7, PRO 155/2 e PRO

130/1) ou semelhantes (MG 170) aos de castanhas maduras não infestadas (TABELA 1). Em castanhas infestadas, o genótipo altamente susceptível PRO 130/1 apresentou teor de AcAn significativamente inferior em comparação aos demais genótipos. Não se estabeleceram relações significativas entre os teores de AcAn e os graus de resistência em castanhas maturí e madura (TABELA 2).

Tabela 2 - Teor de ácidos anacárdicos totais ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de líquido de castanha de caju) em castanhas maturí, madura e furada de genótipo de cajueiro-anão. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$).

Genótipos	Castanha maturí	Castanha madura	Castanha furada
PRO 143/7	807,69 \pm 2,67 Aa	725,06 \pm 2,81 Cb	674,54 \pm 1,84 Bc
PRO 155/2	562,72 \pm 2,54 Dc	784,92 \pm 1,70 Aa	713,77 \pm 3,61 Ab
MG 170	634,27 \pm 0,19 Bb	721,38 \pm 3,51 Ca	719,82 \pm 1,91 Aa
PRO 130/1	605,82 \pm 3,45 Cb	764,34 \pm 5,52 Ba	501,05 \pm 2,96 Cc

Fonte: elaborada pela autora.

Os resultados da ANOVA para quantificação de trieno, dieno e monoeno em diferentes genótipos indicaram interação significativa ($p < 0,05$) entre as fontes de variação, como genótipo e os compostos trieno, dieno e monoeno.

Em castanhas infestadas, os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170, considerados moderadamente resistentes a *A. phytomiella*, apresentaram maiores teores de dieno (221,98, 161,14 e 164,35 $\mu\text{g}/\text{mg}$ respectivamente) e monoeno (222,60, 218,38 e 196,37 $\mu\text{g}/\text{mg}$ respectivamente), em comparação com genótipo PRO 130/1, considerado altamente suscetível, com valores de dieno e monoeno de 83,13 e 158,11 $\mu\text{g}/\text{mg}$ respectivamente (TABELA 3).

Tabela 3 - Teor de moléculas de ácidos anacárdicos ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de LCC) em castanhas não infestadas e infestadas por *A. phytomiella* em genótipos de cajueiro-anão. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas em coluna e minúscula nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$).

Genótipos	Moléculas de ácidos anacárdicos		
	Trieno ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Dieno ($\mu\text{g}/\text{mg}$)	Monoeno ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
Não infestados			
MG 170	418.09 \pm 0.62aA	135.58 \pm 0.62cC	167.70 \pm 0.62cB
PRO 143/7	381.74 \pm 0.79cA	135.37 \pm 0.79cC	207.94 \pm 0.79bB
PRO 130/1	380.21 \pm 1.32cA	179.81 \pm 1.32aC	204.31 \pm 1.32bB
PRO 155/2	395.40 \pm 0.74bA	143.93 \pm 0.74bC	245.59 \pm 0.74aB
Infestados			
MG 170	359.10 \pm 0.62aA	164.34 \pm 0.62bC	196.37 \pm 0.62bB
PRO 143/7	229.96 \pm 0.79dA	221.98 \pm 0.79aB	222.60 \pm 0.79aB
PRO 130/1	259.13 \pm 1.32cA	83.80 \pm 1.32dC	158.11 \pm 1.32cB
PRO 155/2	334.24 \pm 0.74bA	161.14 \pm 0.74cC	218.38 \pm 0.74aB

Fonte: elaborada pela autora.

5 DISCUSSÃO

Os dados avaliados durante três anos consecutivos, revelaram um comportamento contínuo para preferência da traça-da-castanha, destacando-se os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170 como moderadamente resistente, ou seja, esses genótipos sofreram um dano pouco menor que o dano médio sofrido pelas cultivares com as quais foram confrontados. E o PRO 130/1 considerado altamente suscetível, ou seja, este genótipo sofreu um dano bem maior do que o dano médio sofrido pelas cultivares com qual foi comparado. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias-Pini *et al.* (2017). No entanto até a realização do presente trabalho, não era sabido o grau de resistência dos genótipos avaliados.

Os mecanismos de defesa de plantas contra insetos compreendem sistema complexo e dinâmico que inclui barreiras físicas (por exemplo, espessura e dimensão) e / ou compostos químicos dissuasivos que são principalmente metabolitos secundários. As características morfológicas são características importantes de plantas e podem alterar a seleção do hospedeiro para alimentação e oviposição (VENDRAMIM e GUZZO, 2013). No entanto, as variáveis biométricas analisadas nos genótipos PRO 143/7, MG 170, E PRO 155/2, que foram os únicos moderadamente resistentes nos 3 anos de avaliações. Embora os três tenham em comum a resistência à traça, suas características morfológicas são diferentes. Ao comparar o Pro 130/1 (altamente susceptível) com MG 170 (moderadamente resistente), embora eles sejam distintos com relação ao grau de resistência à praga, eles são morfolologicamente muito próximos. Dessa forma, não foi encontrada relação entre a morfologia da castanha e a resistência à traça-da-castanha.

Observou-se menor teor de ácidos anacárdicos em genótipo altamente susceptível, indicando uma relação (causal ou associativa) entre resistência e teor de ácidos anacárdicos. No entanto, esse resultado não confirma a hipótese que os teores de ácidos anacárdicos afetam o comportamento do inseto (não preferência ou antixenose), pois a menor infestação observada nos genótipos resistentes pode ter sido causada por antibiose.

Antixenose não foi comprovada devido à dificuldade de se criar o inseto. As mariposas podem ter ovipositado igualmente nos genótipos considerados moderadamente resistentes e no altamente susceptível, mas os ovos podem ter eclodido diferentemente entre os dois grupos, ou as larvas podem ter morrido a taxas diferente entre os grupos, o que caracteriza antibiose. Assim, embora a resistência moderada tenha sido detectada em 3 genótipos, não há como concluir que tipo de resistência estes 3 genótipos expressam.

O papel dos metabólitos secundários permanece a ser estudado com alguns passos para serem descobertos. Para estes estudos futuros, o efeito de outros metabólitos, principalmente compostos voláteis induzidos e os genes associados as expressões de resistência, merecem atenção.

6 CONCLUSÃO

Os genótipos PRO 143/7, PRO 155/2 e MG 170 são moderadamente resistentes à traça-das-castanhas.

Características morfológicas das castanhas como peso, largura, comprimento, espessura distal e espessura de inserção no pedúnculo não desempenham papel nesta resistência.

O teor de ácidos anacárdicos está relacionado ao nível de infestação da traça-da-castanha, sugerindo que mecanismos químicos contribuem para a resistência de genótipos de cajueiro-anão à traça-da-castanha.

REFERÊNCIAS

- 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. 2022.
- 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.
- BHATTACHARYA, S. K.; MUKHOPADHYAY, M.; MOHAN RAO, P. J. R.; BAGCHI, A.; RAY, A. B. Pharmacological investigation on sodium salt and acetyl derivative of anacardic acid. **Phytotherapy Research**, v. 1, n. 3, p. 127-134, 1987. Disponível em:
<https://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ptr.2650010307>. Acesso em: 28 out. 2022.
- BUSOLI, A. C.; CASTILHO, R. C.; ANDRADE, D. J.; ROSSI, G. D.; VIANA, D. L.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A. **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**, Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, p. 303, 2015.
- 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. Disponível em:
https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10787/1/2014_tese_jmcavalcante.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.
- CAVALCANTE, J. J. V.; VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M. Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. *In*: VIDAL NETO, F. C., CAVALCANTE, J. J. V. (ed.) **Melhoramento Genético de Plantas no Nordeste**. Brasília, DF: Embrapa, p. 151-170, 2013.
- CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. 2022. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 28 de out. 2022.
- CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de anacardiaceae. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1287-1300, 2006. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/qn/a/nJGkWLf8kHrQ3WSJHYLGPfS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 out. 2022.
- 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. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071996/1/BPD17013.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

GATEHOUSE, J. A. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. **New phytologist**, v. 156, n. 2, p. 145-169, 2002. Disponível em: <https://www.nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1469-8137.2002.00519.x>. Acesso em: 28 out. 2022.

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. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 176, n. 2, p. 775-780, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006291X05802529?via%3Dihub>. Acesso em: 28 out. 2022.

GULLAN, P. J; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. 3. ed. São Paulo: Roca, p. 440, 2017.

HA, T. J.; KUBO, I. Lipoxygenase inhibitory activity of anacardic acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 11, p. 4350-4354, 2005. Disponível em: <https://www.pubs.acs.org/doi/10.1021/jf048184e>. Acesso em 28 out. 2022.

HALITSCHKE, R.; KESSLER, A.; KAHL, J.; LORENZ, A.; BALDWIN, I. T. Ecophysiological comparison of direct and indirect defenses in *Nicotiana attenuata*. **Oecologia**, v. 124, p. 408-417, 2000. Disponível em: <https://www.link.springer.com/article/10.1007/s004420000389>. Acesso em: 28 out. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Banco de dados agregados - Tabela 1613**. Quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura permanente - Castanha de caju. 2018. Disponível em: <http://www.https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613/>. Acesso em: 28 out. 2022.

JINDAL, V.; DHALIWAL, G. S. Mechanisms of resistance in cotton to whitefly (*Bemisia tabaci*): antixenosis. **Phytoparasitica**, v. 39, p.129-136, 2011. Disponível em: <https://www.link.springer.com/article/10.1007/s12600-011-0144-x>. Acesso em: 28 out. 2022.

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**, v. 16, p. 1101-1104, 1987. Disponível em: <https://www.journal.csj.jp/doi/epdf/10.1246/cl.1987.1101>. Acesso em: 28 out. 2022.

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. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271131890_Plant_Phenolics_Important_Bio-Weapon_against_Pathogens_and_Insect_Herbivores. Acesso em: 28 out. 2022.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, p. 336, 1991.

LEE, S.; MERCADO, C. The Gelechiidae (Lepidoptera) of Panama. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 9, n. 2, p. 205-207, 2010. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1016/j.japb.2016.02.003>. Acesso em: 28 out. 2022.

MELO, Q. M. S., BLEICHER, E. Identificação e manejo das principais pragas. *In*: MELO, Q. M. S. (ed.). **Caju Fitossanidade**, Brasília: Embrapa, 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, n. 4, p. 617-618, 1998. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1590/S0301-80591998000400020>. Acesso em: 28 out. 2022.

MESQUITA, A. L. M.; OLIVEIRA, V. H.; SOBRINHO, R. B.; GUIMARÃES, J. A.; ELOI, W. M.; INNECCO, R.; MATTOS, S. H. Efeito de inseticidas comerciais e de produtos naturais sobre a traça-da-castanha, *Anacamptis phytomiella* Busck, em cajueiro. XX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 54th **Annual** [...]. Vitória: Incaper, 2008.

MESQUITA, A. L. M.; SILVA, R. G.; SOBRINHO, R. B. Ataque da traça-da-castanha (*Anacamptis cf. phytomiella*) em ramos ponteiros de cajueiro. *In*: SIMPÓSIO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS, Fortaleza, CE: Instituto Frutal, 2001. p. 126-130.

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.

NIEUKERKEN, E.J, KAILA L, KITCHING I.J, et al. 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: 28 out. 2022.

OIRAM FILHO, F. **Isolamento em escala preparativa de ácidos anacárdicos provenientes do líquido da casca da castanha do caju (LCC)**, 2017. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2017. Disponível em: https://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27145/3/2017_dis_foiramfilho.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.

OLIVEIRA, M. S. C.; MORAIS, S. M.; MAGALHÃES, D. V.; BATISTA, W. P.; VIEIRA, Í. G. P.; CRAVEIRO, A. A.; MANEZES, J. E. S. A.; CARVALHO, A. F. U.; LIMA, G. P. G. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, v. 117, n. 3, p. 165-170, 2011. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.08.003>. Acesso em: 28 out. 2022.

PAINTER, R. H. **The mechanisms of resistance**. *In*: PAINTER, R. H. (Ed.). Insect resistance in crop plants, Kansas City: University Press of Kansas, p. 23-83, 1951.

PARAMASHIVAPPA, R.; KUMAR, P. P.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel method for isolation of major phenolic constituents from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2548-2551, 2001.

PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S. H.; OLIVEIRA, M. C. N. Are chemical compounds important for soybean resistance to

Anticarsia gemmatalis?. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 7, p. 1509-1525, 2005. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1007/s10886-005-5794-z>. Acesso em: 28 out. 2022.

ROSENBERRY, T. L.; SONODA, L.K.; DEKAT, S.E.; CUSACK, B.; JOHNSON, J. Monitoring the reaction of carbachol with acetylcholinesterase by thioflavin T fluorescence and acetylthiocholine hydrolysis. **Chemical Biology Interactions**, v 175, p. 235–241, 2008. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1016/j.cbi.2008.06.002>. Acesso em: 28 out. 2022.

SANTOS, E. S. **Aspectos biológicos e mecanismos de resistência de clones de cajueiro-anão à mosca-branca, *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) (Hemiptera: aleyrodidae)**, 2016, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia - Programa de Pós Graduação em Agronomia/Fitotecnia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2016. Disponível em: https://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/21517/1/2016_dis_essantos.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.

SCHMELZ, E. A.; GREBENOK R. J.; GALBRAITH D. W.; BOWERSSET W. S. Insect-induced synthesis of phytoecdysteroids in spinach, *Spinacia oleracea*. **Journal Chemical Ecology**, v. 25, n. 8, p. 1739-1757, 1999.

SCHULTZ, D. J.; OLSEN, C.; COBBS, G. A.; STOLOWICH, N. J.; PARROT, 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. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1021/jf061481u>. Acesso em: 28 out. 2022.

SILVA, V. C. P.; BETTONI, M. M.; BONA, C.; FOERSTER L. M. Morphological and chemical characteristics of onion plants (*Allium cepa* L.) associated with resistance to onion thrips. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n.1, p. 85-92, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/JVJZcX7KpmhHgwKCV575SJx/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 28 out. 2022.

STANLEY, D. Prostaglandins and other eicosanoids in insects: biological significance. **Annual Review Entomology**, v. 51, 25-44, 2006. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151021>. Acesso em: 28 out. 2022.

STANLEY-SAMUELSON, D. W.; PEDIBHOTLA, V. K. What can we learn from prostaglandins and related eicosanoids in insects? **Insect Biochemical Molecular Biology**, v. 26, n. 3, p. 223-234, 1996. Disponível em: [https://www.doi.org/10.1016/0965-1748\(95\)00092-5](https://www.doi.org/10.1016/0965-1748(95)00092-5). Acesso em: 28 out. 2022.

STENBERG, J. A.; MUOLA, A. How Should Plant Resistance to Herbivores Be Measured? **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 663, 2017. Disponível em: <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2017.00663>. Acesso em: 28 out. 2022.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263–272, 2013. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1111/1744-7917.12011>. Acesso em: 28 out. 2022.

STOUT, M. J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S. S. Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 10, p. 2575-2594, 1994.

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

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.

WANG, L.; QU, L.; HU, J.; ZHANG, L., TANG, F.; LU, M. Metabolomics reveals constitutive metabolites that contribute resistance to fall webworm (*Hyphantria cunea*) in *Populus deltoides*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 136, p. 31-40, 2017. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.01.002>. Acesso em: 28 out. 2022.

WEBSTER, B.; BRUCE, T.; PICKETT, J.; HARDIE, J. Volatiles functioning host cues in a blend become nonhost cues when presented alone to the black bean aphid. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 2, p. 451-457, 2010. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.11.028>. Acesso em: 28 out. 2022.

YULIANA, M.; TRAN-THI, N. Y.; JU, Y. Effect of extraction methods on characteristic and composition of Indonesian cashew nut shell liquid. **Industrial Crops and Products**, v. 35, n. 1, p. 230-236, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.007>. Acesso em: 28 out. 2022.