

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**TOXICIDADE DE EXTRATOS DE *Machaerium opacum* (FABACEAE)
EM *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

EDLEY FELLIPE BARBOSA BEZERRA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2018**

EDLEY FELLIPE BARBOSA BEZERRA

TOXICIDADE DE EXTRATOS DE *Machaerium opacum* (FABACEAE)
EM *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Orientador: Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Ipameri, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri-Goiás

2018

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

BED23 Bezerra, Edley Fellipe Barbosa
TOXICIDADE DE EXTRATOS DE *Machaerium opacum*
(FABACEAE) EM *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) / Edley Fellipe Barbosa Bezerra; orientador Márcio da
Silva Araújo. -- Ipameri - GO, 2018.
27 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado
Acadêmico em Produção Vegetal) -- Câmpus-Ipameri, Universidade
Estadual de Goiás, 2018.

1. planta inseticida. 2. metabólitos secundários. 3. lagarta-do-
cartucho-do-milho. 4. antibiose. 5. antixenose.. I. da Silva Araújo,
Márcio, orient. II. Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

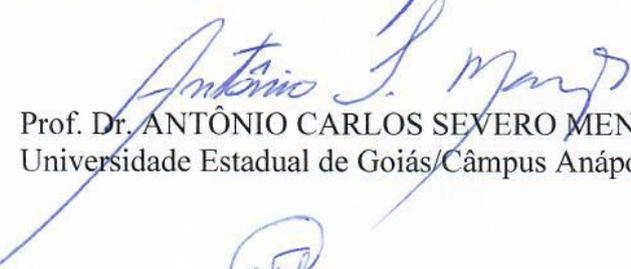
**TÍTULO: “TOXICIDADE DE EXTRATOS DE *Machaerium opacum* (FABACEAE)
EM *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)”**

AUTOR(A): Edley Fellipe Barbosa Bezerra

ORIENTADOR(A): Márcio da Silva Araújo

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. MÁRCIO DA SILVA ARAÚJO
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO


Prof. Dr. ANTÔNIO CARLOS SEVERO MENEZES
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Anápolis-GO


Prof. Dr. FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS
Universidade Estadual de Goiás/Câmpus Ipameri-GO

Data da realização: 21 de março de 2018



“Você nunca sabe que resultados virão das suas ações.

Mas se você não fizer nada, não existirão resultados” (Mahatma Gandhi).

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder o privilégio de estar vivo, pela saúde física e mental e por sempre ter me dado forças para seguir em frente mesmo nos momentos ruins.

À minha querida esposa Josiane, por me incentivar e encorajar, por compreender a minha ausência em alguns momentos e por enfrentar ao meu lado todos os desafios.

Aos meus pais Wilson e Maria da Conceição e meus irmãos Klícia, Hugo e Wilsinho (e suas famílias) por uma vida inteira de alegrias.

À toda família da minha esposa, especialmente minha sogra Terezinha e meu sogro Jonas por terem me recebido e apoiado nestes últimos anos.

A todos os amigos com quem tenho tido o privilégio de conviver, especialmente à Larissa P. Borges, Hilton D. Torres Jr., Rodrigo T. Mendes, Maico Tomazini, Saulo A. da Silva, Jorge L. Pereira.

A todos os colegas de graduação e mestrado, especialmente ao Márcio S. Melo e Bruno S. Melo.

Aos inúmeros colegas de profissão formados na UEG-Ipameri.

Aos amigos Luciano Nunes, Rodrigo Aires, Alex Barbosa e a todos da CERES AGRONEGÓCIOS por terem confiado em mim e me oferecido a minha primeira oportunidade profissional como Engenheiro Agrônomo.

A todos os companheiros da Cocari.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo, pelos ensinamentos, paciência, incentivo e colaboração constantes.

Ao Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus e sua equipe pela doação das lagartas, pela colaboração e ajuda desde o primeiro momento.

Ao Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva e ao colega Wilhan Valasco pela valiosíssima ajuda na parte estatística do trabalho.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Severo e ao colega Renato Gomes Santos, pela preparação dos extratos, base para a execução deste trabalho.

A todos os professores e colaboradores da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri.

À Universidade Estadual de Goiás, por me conceder a oportunidade de cursar a graduação e a pós-graduação e pela bolsa de estudos que tanto foi importante.

A todos que de alguma forma, desde a mais singela, contribuíram, torceram e participaram da minha vida pessoal, profissional e acadêmica.

Por fim, ao universo, que sempre conspirou a favor.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	2
3 REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 A cultura do milho	3
3.2 Manejo integrado de pragas na cultura do milho	4
3.3 A lagarta do cartucho - <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
3.4 Extrato vegetais como inseticidas	6
3.5 <i>Machaerium opacum</i>	7
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1 Obtenção das plantas de milho	9
4.2 Obtenção dos extratos.....	9
4.3 Antixenose em <i>S. frugiperda</i> alimentadas com extratos de <i>M. opacum</i>	10
4.4 Antibiose em <i>S. frugiperda</i> alimentadas com extratos de <i>M. opacum</i>	11
4.5 Análise estatística	11
5 RESULTADOS.....	13
5.1 Prospecção fitoquímica dos extratos de folha de <i>M. opacum</i>	13
5.2 Antixenos em <i>S. frugiperda</i> alimentadas com extratos de <i>M. opacum</i>	13
5.3 Antibiose em <i>S. frugiperda</i> alimentadas com extratos de <i>M. opacum</i>	13
6 DISCUSSÃO.....	19
7 CONCLUSÕES	21
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMO

A principal praga da cultura do milho é a lagarta *Spodoptera frugiperda*, e atualmente, os principais métodos utilizados no controle dessa praga tem sido os inseticidas químicos e as plantas transgênicas. A busca por métodos alternativos de controle tem despertado o interesse pelas plantas inseticidas. Inúmeros extratos vegetais têm sido estudados, uma vez que geralmente apresentam amplo espectro de controle de insetos-praga, são relativamente específicos no seu modo de ação e causam baixo impacto ambiental. Dentre as famílias de plantas que vem sendo estudadas com esse intuito, a família Fabacea tem demonstrado alto potencial inseticida. O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade de extratos de *Machaerium opacum* em lagartas de *S. frugiperda*. Foram avaliadas as frações etanólicas, metanólicas e hexânicas de extratos das folhas de *M. opacum*. Em prospecção fitoquímica realizada nas folhas de *M. opacum*, identificaram-se metabólitos secundários: flavonóides, triterpenos, antraquinonas, cumarinas, taninos e esteroides. As diferentes frações nas diferentes concentrações avaliadas não apresentaram diferenças quanto à atratividade por lagarta de *S. frugiperda* em relação ao tratamento controle. As frações hexânicas promoveram antibiose pela redução do peso de larva e pupa, mortalidade larval e pupal, prolongamento da fase adulta e anormalidades em adultos de *S. frugiperda* em teste. Estes resultados mostram o potencial inseticida de extratos dessa planta no controle de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: planta inseticida, metabólitos secundários, lagarta-do-cartucho-do-milho, antibiose, antixenose.

ABSTRACT

The main pest of the corn crop is the caterpillar *Spodoptera frugiperda*, and currently the main methods used to control this pest have been chemical insecticides and transgenic plants. The search for alternative methods of control has aroused interest in insecticidal plants. Numerous plant extracts have been studied, since they generally have a broad spectrum of insect-pest control, are relatively specific in their mode of action and cause low environmental impact. Among the families of plants that have been studied for this purpose, the Fabacea family has demonstrated high insecticidal potential. The objective of this work was to evaluate the toxicity of extracts of *Machaerium opacum* in *S. frugiperda* caterpillars. The ethanolic, methanolic and hexane fractions of extracts from the leaves of *M. opacum* were evaluated. In phytochemical prospecting on the leaves of *M. opacum*, secondary metabolites were identified: flavonoids, triterpenes, anthraquinones, coumarins, tannins and steroids. The different fractions at the different concentrations evaluated did not present differences regarding the attractiveness of *S. frugiperda* caterpillar in relation to the control treatment. The hexanic fractions promoted antibiosis by reducing the weight of larva and pupa, larval and pupal mortality, prolongation of the adult phase and abnormalities in adults of *S. frugiperda* in test. These results show the insecticidal potential of extracts of this plant in the control of *S. frugiperda*.

Key words: insecticidal plant, secondary metabolites, corn-caterpillar, antibiosis, antixenosis.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem ocupado posição de destaque na produção mundial de milho, com área plantada na safra 2016/2017 de 17,60 milhões de hectares, com estimativa de produtividade de grãos em torno de 5,7 mil kg.ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Nessa cultura, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma praga de interesse econômico em vários países (AGUIRRE et al., 2016). Particularmente, na cultura do milho, é a principal praga e tem causado danos significativos a esta cultura (CRUZ 1999). Conforme o estágio de desenvolvimento da cultura, as injúrias provocadas por esta lagarta podem promover perdas de até 34% no rendimento de grãos (VALICENTE e CRUZ 1991, CRUZ 1995). Trata-se de uma praga polífaga, com alta capacidade de dispersão dos seus adultos e elevado número de gerações produzidas ao longo do ano (WAQUIL e VILELA, 2003).

Os principais métodos adotados no controle desta praga tem sido o uso de inseticidas químicos e plantas transgênicas. Entretanto, a rotina de pulverização de inseticidas com mesmo grupo de ação associado a um cenário de sobreposição e ou sucessão de cultivos de plantas hospedeiras, expõe as populações de *S. frugiperda* a elevada pressão de seleção por inseticidas e proteínas de *Bacillus thuringiensis* (Bt), o que implica em comprometimento das táticas de controle disponíveis (OMOTO et al, 2013). Portanto, métodos alternativos em conformidade com programas de manejo integrado de praga, como o uso de inseticidas botânicos, devem ser estudados, (SILVA et al., 2014).

No presente estudo, foi investigada a toxicidade de extratos foliares da espécie florestal *Machaerium opacum* Vogel sobre uma população de *S. frugiperda*. Diversas espécies de *Machaerium* tem uso farmacêutico, sendo, portanto, conhecidas por sua atividade biológica e medicinal (AMEN et al., 2015). Em relação às propriedades citotóxicas, antimicrobiana e inseticida de *M. opacum*, investigações científicas se limitam ao recente ao trabalho de Santos (2017).

Os inseticidas botânicos, de modo geral, apresentam amplo espectro no controle de insetos-praga, são relativamente específicos no seu modo de ação, são de baixo impacto ambiental e relativamente seguros para organismos não alvos (AGUIAR-MENEZES, 2005; UPADHYAY, 2012), o que segundo Dequech et al. (2008) e Bettiol e Morandi (2009), tornam extratos de plantas potenciais agentes controladores de pragas. Além dos listados aspectos favoráveis para uso de plantas inseticidas em relação aos inseticidas sintéticos, Ferraz (2008) menciona a capacidade da planta produzir gama de compostos que pragas e patógenos não conseguem inativar.

2 OBJETIVO

Investigar a toxicidade de frações etanólicas, metanólicas e hexânicas de extratos de folhas de *M. opacum*, sobre o desenvolvimento de de *S. frugiperda* na cultura de milho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do milho

O milho é uma gramínea anual pertencente à família Poacea, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *mays* (*Zea mays* L). Trata-se de uma planta diploide, alógama, monóica na qual encontram-se os dois sexos na mesma planta, porém em inflorescências distintas (PATERNIANI et al., 2000). Está amplamente adaptada a diversas regiões do mundo, a diferentes climas e altitudes e latitudes variadas, isso ocorre devido a sua grande variabilidade genética, sendo que existem mais de 300 raças de milho e para cada uma delas inúmeras variedades (PATERNIANI et al., 2000).

Estima-se que a espécie *Zea mays* tenha origem na região mesoamericana e que sua difusão ao redor do mundo tenha ocorrido após a descoberta do continente americano pelos europeus (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008) e que a sua domesticação tenha ocorrido a mais de 6000 anos (SILOTO, 2002).

A sua utilização está diretamente relacionada a dietas energéticas tanto para animais quanto para humanos, onde se estima que, entre 70 e 85% da produção mundial de milho seja destinada a alimentação animal (PAES, 2006).

Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos e a China. O Brasil ocupa a terceira posição neste ranking (CONAB, 2014). Embora a cultura do milho esteja presente praticamente em todos os estados brasileiros, as regiões Centro-Oeste e Sul responde por cerca de 95% da produção nacional (ALMEIDA et al., 2005).

Em relação ao mercado de sementes, este tem sido amplamente dominado por cultivares precoces, adaptados para o cultivo de safra e safrinha e presentes em 72,5% dos plantios comerciais, enquanto que, as cultivares superprecoces participam de 24% deste mercado, sendo preferidos em regiões cujo plantio é realizado em épocas tardias, com chuvas concentradas ou mesmo em áreas de irrigação, onde há necessidade de rápida desocupação para as culturas subsequentes (FRITSHE-NETO e MÔRO, 2015).

Diversos fatores têm influenciado positivamente a cadeia produtiva do milho, tornando os cultivos mais produtivos e eficientes. Práticas agrícolas vêm sendo implantadas com sucesso no objetivo de elevar a capacidade produtiva e o desempenho geral da cultura. Em Agosto de 2007 a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) aprovou a produção de milho transgênico no Brasil, sendo que na safra 2009 a presença do milho geneticamente modificado foi 400% maior que na safra anterior (CARRER et al., 2010). O primeiro evento de milho transgênico aprovado no Brasil foi o MON-810 (Monsanto), que trazia a expressão da proteína

Bt para o controle de lagartas, especialmente a lagarta-do-cartucho (MORAES e BORÉM, 2015).

Seguramente, o custo para aquisição de sementes de milho transgênico é maior que o custo de sementes de milho convencional, entretanto esses custos são em partes compensados pela redução das perdas por pragas e redução do custo com o uso de defensivos (DUARTE et al., 2009).

Grande parte das propriedades produtoras de milho no Brasil possuem alto nível de tecnificação e tecnologia de produção, obtendo assim altos padrões produtivos. Entretanto, em diversas regiões do país há uma grande carência de capital para investimentos, tecnologia e assistência técnica ocasionando colheitas e rendimentos muito abaixo do potencial da cultura, o que afeta diretamente a subsistência dos produtores (CAMPOS e BOIÇA JUNIOR, 2012).

3.2 Manejo integrado de pragas na cultura do milho

Existe uma grande quantidade de insetos que atacam as plantas de milho. E esta relação entre planta-praga se dá desde as fases iniciais da cultura até a pós-colheita e armazenamento. Este complexo de pragas envolve insetos de solo como alguns coleópteros e hemípteros subterrâneos, lagartas de folhas e espigas, além de sugadores de parte aérea como percevejos e pulgões (ÁVILA, 2015).

O objetivo do manejo integrado de pragas, não só no milho, mas em qualquer cultura, é minimizar, ou mesmo eliminar qualquer dependência de insumos externos que possam promover a resistência ou a seleção de pragas, a ressurgência bem como todo e qualquer desequilíbrio ambiental, integrando medidas culturais, biológicas, e de melhoramento vegetal (KOGAN, 1998).

A adoção de táticas de monitoramento das pragas que ocorrem na cultura do milho é de extrema importância para a tomada de decisão sobre quando e qual medida de controle deve ser utilizada (VALICENTE et al., 2015).

Deve-se considerar que o controle eficiente de uma praga não representa necessariamente a erradicação total desta, mas sim a redução da população para níveis toleráveis, contribuindo assim com a manutenção dos fatores de qualidade ambiental (CRUZ, 1995).

3.3 A lagarta do cartucho - *Spodoptera frugiperda*

S. frugiperda, mais popularmente conhecida como Lagarta-do-cartucho do milho, possui ampla distribuição geográfica e ocorrência em todos os períodos do ano, constituindo-se,

portanto, em uma das pragas mais importantes e nocivas às culturas anuais em todas as regiões tropicais da América (BOREGAS et al., 2013). Nas últimas décadas vem se destacando como a mais importante e prejudicial praga da cultura do milho no Brasil, sendo responsável por perdas de produtividade superiores a 50% (FIGUEIREDO et al. 2006).

O advento desta praga nas regiões produtoras do país se deve, entre outros fatores, pelo crescimento de outras culturas hospedeiras como soja, cana-de-açúcar, sorgo, pastagens e algodão (BARROS et al., 2010); alta umidade do ar e do solo nos meses de dezembro e janeiro (SÁ et al., 2009), além do desequilíbrio populacional de inimigos naturais provocado pelo uso excessivo e muitas vezes indiscriminado de inseticidas químicos (CRUZ et al. 2009). Estratégias de controle baseadas na utilização de defensivos químicos, muitas vezes não apresentam resultados satisfatórios, aumentando assim, os custos de produção e riscos de contaminação ambiental. Esse insucesso ocorre principalmente pela dificuldade em atingir a lagarta no interior do cartucho da planta de milho (MENDES et al., 2011).

Os ovos de *S. frugiperda* possuem coloração variável, sendo mais comum tons acinzentados. Estes são colocados nas partes superiores das folhas onde permanecem protegidos por escamas depositadas pela fêmea. O período de incubação varia entre três e quatro dias após a postura (CRUZ et al., 2008).

De acordo com Pinto et al. (2004), após a eclosão, a lagarta migra para a região do cartucho da planta. Nas fases iniciais, o dano da lagarta à folha se restringe a pequenos pontos de raspagem. No entanto, os danos aumentam à medida do crescimento da lagarta, que passa a perfurar totalmente a folha podendo danificar completamente o cartucho. Ainda segundo este autor, a lagarta, após a primeira ecdise passa a ser esbranquiçada com sombreamento dorsal marrom e tamanho médio de 4 mm. Já nos últimos instares pode atingir 50 mm, sendo que o período larval é variável entre 12 e 30 dias (ROSA et al., 2012).

A formação de pupa ocorre normalmente no solo, em pequenas profundidades. O período de duração da fase de pupa pode se estender em média entre sete e 37 dias, variando em função de alguns fatores como temperatura, umidade e tipo do solo (CRUZ, 1995).

As mariposas possuem em média 15 mm. Suas asas possuem envergadura variando entre 35 e 40 mm com coloração pardo escura as anteriores e branco acinzentado as posteriores. A postura dos ovos é feita em massas, normalmente nas partes superiores das folhas e são protegidos por escamas deixadas pela fêmea (CRUZ, 1995). Durante a noite os insetos adultos são mais ativos, quando realizam atividades de dispersão, migração e acasalamento, enquanto que durante o dia permanecem normalmente escondidos (WAQUIL et al., 2003).

O manejo adequado de *S. frugiperda* está diretamente ligado aos conceitos do manejo integrado de pragas, todavia, compreender os aspectos biológicos da praga, bem como a dinâmica da sua população, são aspectos imprescindíveis para o sucesso da cultura (ROSA, 2012).

3.4 Extrato vegetais como inseticidas

Nos últimos anos, tem havido, em escala global, uma intensa busca por mecanismo de produção mais sustentáveis e menos agressivos tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente. Dessa forma, a utilização de extratos vegetais surge como uma alternativa frente à utilização de produtos sintéticos, o que se configura como forma de reduzir os custos de produção e também os riscos ambientais (VIANA, 2008).

Existem relatos históricos da utilização de produtos naturais para o controle de pragas a mais de 3000 anos (NAS, 1969); e durante muito tempo, estes produtos foram a única alternativa existente para o controle de insetos, seja nos cultivos ou até mesmo nas moradias. Até a década de 1940, o alcaloide nicotina, obtido a partir das folhas de *Nicotiana tabacum* e *Nicotiana rustica* (Solanaceae) foi um dos inseticidas naturais mais utilizado, porém após alguns anos, este, bem como outros produtos naturais foram caindo em desuso, sendo este declínio fomentado pela pesquisa e lançamento de produtos sintéticos (VIEIRA et al., 2007).

Maranhão (1954) publicou uma lista contendo 2000 plantas com propriedades inseticidas distribuídas em mais de 170 famílias, demonstrando, já naquela época, o enorme potencial do uso de extratos vegetais para o controle de pragas. Segundo Leatemia e Isman (2004) as famílias botânicas com maior potencial inseticida são a Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae e Canellaceae. Além dessas famílias, Amen et al. (2015) e Santos (2017) mencionam Fabáceas com propriedades medicinais e, também, inseticidas.

O potencial inseticida de determinadas plantas ocorre devido aos metabólitos secundários que são produzidos com o intuito de proteção natural contra herbivoria (ISMAN, 2006). Estes metabólitos podem agir como inibidores de alimentação, crescimento e reprodução ou até mesmo como repelentes (MENEZES, 2005). Inúmeras substâncias obtidas de produtos intermediários ou finais do metabólito secundário, tais como rotenóides, piretróides, alcaloides e terpenóides podem interagir negativamente com o inseto, provocando esterilização, deterrência alimentar, bloqueio do desenvolvimento, paralisia e morte (MEDEIROS, 1990). A descoberta de novos metabólitos vem acontecendo constantemente a cada novo ano, estima-se que 4.000 deles são novos e que cerca de 100.000 já são conhecidos pela comunidade científica (VIZZOTTO et al., 2010). Diversos extratos vegetais já vem sendo estudados e utilizados no

controle de pragas e estes são obtidos a um custo muito baixo e de forma sustentável, sendo a sua utilização amplamente compatível com os programas de manejo integrado de pragas (NAVARRO-SILVA et al., 2009).

Devido a importância da praga *S. frugiperda*, extratos de folhas de inúmeras plantas inseticidas já foram investigados visando o seu controle. Oliveira et al. (2007) estudaram a viabilidade da utilização do óleo de Nimbo controle desta praga, além de extratos aquosos de *Melia azedarach* L., *Quassia amara* L. e *Trichilia. Pallida*. Haas et al. (2014) observaram que o peso de lagartas de *S. frugiperda* foi sensivelmente reduzido pelos extratos aquosos de *Capsicum baccatum* e *Eucalyptus robusta*. Santiago et al. (2008) relataram o menor peso de pupas de *S. frugiperda* quando submetidas a alimentação com extrato das folhas e ramos de *R. graveolens* e, Matos et al. (2006) e Bogorni e Vendramim (2005) quando alimentaram lagartas com *Trichilia* spp., verificaram significativa mortalidade larval.

De modo geral, inseticidas botânicos são vantajosos, pois normalmente apresentam uma rápida ação contra os insetos, rápida degradação e toxicidade baixa (MENEZES, 2005). A morte do inseto nem sempre é a única consequência do uso dessas substâncias botânicas. Elas também podem ser capazes apenas de inibir ou reduzir a ingestão de alimentos, e ainda causar esterilidade ou deformação do inseto (DEQUECH et al., 2008). Contudo, ainda são escassos os estudos a respeito do potencial inseticida de inúmeras espécies vegetais (MACHADO et al., 2007).

3.5 *Machaerium opacum*

Anteriormente conhecida como Leguminosae a família Fabaceae engloba cerca de 727 gêneros e mais de 19 mil espécies vegetais (LEWIS et al., 2005). Trata-se de uma família botânica de altíssima importância social e econômica, pois suas diversas espécies apresentam uso na alimentação, produção de óleos, fibras, combustíveis, madeira, medicamentos e produtos químicos, destacando-se o uso de fitoquímicos nas indústrias agroquímicas, farmacêuticas e alimentícias (ZARUCHI, 1994). A ampla utilização dessa família em estudos fitoquímicos e farmacológicos se deve à presença de inúmeros metabólitos secundários em sua constituição (WINK, 2013).

O gênero *Machaerium* pertence à família Fabaceae e engloba as espécies mais popularmente conhecidas como Jacarandás e é um dos maiores gêneros de árvores tropicais do mundo, tendo aproximadamente 130 espécies (LEWIS et al. 2005). Diversas espécies desse gênero têm uso farmacêutico recorrente, sendo, portanto, conhecidas por sua atividade biológica e medicinal (AMEN et al., 2015).

M. opacum, popularmente conhecida como “Jacarandá-do-Cerrado” é uma espécie arbórea nativa do Brasil e ocorre em toda a região dos cerrados brasileiros incluindo alguns estados das Regiões Norte, Nordeste, Sudeste e principalmente Centro-Oeste (FLORA DO BRASIL, 2018).

Estudos sobre propriedade bioativas de extratos *M. opacum* ainda são insipientes, entretanto, merece destaque o estudo de Santos (2017) que avaliou a atividade citotóxica, antimicrobiana e inseticida das folhas dessa planta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos para obtenção dos extratos das plantas foram realizados no Laboratório de Química do Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás. Os ensaios biológicos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipamerí, em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e, fotoperíodo, de 12 horas.

4.1 Obtenção das plantas de milho

O substrato utilizado para o cultivo em vasos foi composto pela mistura de terra, areia e esterco bovino na proporção de 2:1:1, tendo sido acondicionado em vasos plásticos de 8 litros. O híbrido convencional utilizado foi o RK 9014, tendo sido semeadas três sementes por vaso, eliminando-se, posteriormente, as duas menos vigorosas. Os vasos com as plantas foram mantidos em casa de vegetação e receberam irrigação diária. A adubação de base foi feita com NPK 08-20-20 e a adubação de cobertura com ureia granulada, de acordo com a recomendação para a cultura (MAR et al., 2003), durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura não foram feitas aplicações de inseticidas ou fungicidas.

4.2 Obtenção dos extratos

Os extratos vegetais foram obtidos a partir de plantas adultas de *M. opacum* localizadas em área de cerrado na cidade de Anápolis, GO. Depois de secas em estufa a 45°C por período de 48 horas, as folhas foram trituradas em moinho de faca e imersas em etanol 95%. O extrato bruto foi obtido através da maceração desse material a frio e, em seguida, esse extrato bruto foi filtrado e concentrado em evaporador rotativo, que originou um líquido viscoso, de cor escura. O fracionamento do extrato foi feito com os solventes etano, metano e hexano. Esse processo foi realizado por meio de filtração a vácuo, após a incorporação do adjuvante celulose microcristalina D ao extrato etanólico. Todas as frações obtidas foram colocados em frascos de vidro com tampa rosqueável, cobertos com papel alumínio e, mantidos em geladeira até a utilização nos testes biológicos.

Foi realizada a prospecção fitoquímica preliminar das folhas para detecção dos seguintes compostos: fenólicos (fenóis simples, flavonoides, antraquinonas, cumarinas e taninos), compostos nitrogenados (alcaloides) e terpenos (heterosídeos cardiotativos e saponinas). Essa prospecção foi realizada conforme metodologia adaptada de Matos e Matos (1989), Matos (2009), Simões et al. (2010) e Costa (2001). As reações de caracterização dos metabolitos secundários foram as seguintes: FLAVONÓIDES: colorimétricas (Shinoda, Hidróxido de sódio e Cloreto férrico) e de fluorescência sob luz ultravioleta (Oxalo-bórica, Ácido sulfúrico, Cloreto

de alumínio e Hidróxido de potássio); ANTRAQUINONAS: Bornträger Indireta; CUMARINAS: Fluorescência sob luz ultravioleta potencializada com hidróxido de sódio; ESTERÓIDES e TRITERPENÓIDES: Liebermann-Burchard, Pesez, Keller-Kiliam e Kedde; TANINOS: precipitação (Gelatina, Sulfato de quinino, Sulfato de brucina, Acetato de cobre e Cloreto férrico) e colorimétrico (Hidróxido de sódio); ALCALOIDES: Mayer, Dragendorff, Bouchardat, Bertrand e Hager, Ácido tânico; SAPONINAS: Agitação-espuma.

Paralelamente, com mesmos extratos usados em nosso estudo, Santos (2017) fez isolamento de constituintes químicos da planta *M. opacum*. Por meio de cromatografia de coluna, eram realizados fracionamento e sucessivos refracionamentos de extratos que se destacava como citotóxico. Dessa forma, selecionaram, isolaram-se e identificaram os seguintes compostos na fração hexânica: triterpenos em mistura (α -amirina e β -amirina), lupeol e o álcool diterpeno acíclico, o fitol. Por técnica e testes citotóxicos semelhantes foram isoladas e identificadas na fração metanólica, a substância rutina e, na fração diclorometânica, que não foi alvo de nosso estudo (quantidade de extrato insuficiente para realização de testes toxicológicos com *S. frugiperda*), esse autor selecionou, isolou e identificou as substâncias mucronulatol e o isômero do mucronulatol, o isomucronulatol.

As concentrações dos extratos testadas nos bioensaios foram: 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10,0%. Em testes preliminares, o solvente que melhor dissolveu os d extratos foi acetona e água, na proporção 1:1. Além disso, em teste preliminar, o solvente (agua + acetona), após evaporar da superfície das folhas de milho e oferecidos para as lagartas, não provocavam efeitos adversos como repelência de lagartas.

4.3 Antixenose em *S. frugiperda* alimentadas com extratos de *M. opacum*

O ensaio foi realizado utilizando-se lagartas de *S. frugiperda* de 3º instar. Foram separados 19 indivíduos desse instar, que foram mantidas sem alimentação durante um período de três horas, até o início dos testes biológicos. Foram utilizadas caixas de papelão octogonais de 34,5 cm de diâmetro forradas com papel filtro, que foi levemente umedecido com água destilada. Dentro da caixa, de maneira equidistante, na região de sua borda, foram colocados os 18 tratamentos (seções foliares tratadas com as respectivas concentrações de cada extrato) e a testemunha (seções foliares tratadas com acetona e água). Os fragmentos de folha (4,0 cm²) foram obtidos com auxílio de um vazador metálico circular. As lagartas foram liberadas no centro de cada arena, que em seguida foi coberta com uma placa de vidro transparente, que possibilitava a visualização do comportamento de forrageamento das lagartas. A atratividade foi avaliada por meio da contagem das lagartas em cada tratamento aos 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60,

120, 360, 720 e 1440 minutos após sua liberação. O delineamento experimental adotado neste teste em blocos casualizados com 19 tratamentos e 10 repetições.

4.4 Antibiose em *S. frugiperda* alimentadas com extratos de *M. opacum*

Lagartas *S. frugiperda* utilizada no experimento foram obtidas partir de ovos oriundo de criação massal, conforme metodologia de Kasten Junior et al. (1978). Após eclosão, as lagartas eram individualizadas em copos plásticos de 250 mL contendo parte de planta de milho RK 9014, tratadas com os extratos vegetais. O fundo do recipiente de plástico era forrado com papel filtro e levemente umedecido com água destilada. Para cada lagarta foi oferecida uma fração de folha de milho tratada com a solução referente a cada tratamento. Após a colocação da folha para alimentação da lagarta, os potes foram fechados com tampas plásticas e distribuídos em prateleiras no laboratório.

Diariamente realizava-se a limpeza dos potes, eliminando-se os excrementos e trocando-se o papel filtro. As folhas de milho referentes a cada tratamento também foram substituídas diariamente. Na ocasião da manutenção dos recipientes, era registrado o número de lagartas mortas. Procedimento este, que foi adotado até a formação das pupas. Todas as lagartas sobreviventes foram pesadas aos 10 dias após o início do experimento.

Cada pupa foi pesada 24 horas após a formação e devolvida ao seu respectivo pote para emergência do adulto. Após a emergência dos insetos adultos, estes foram mantidos nos mesmos potes em que estavam enquanto lagartas, porém sem nenhum tipo de alimentação.

As variáveis biológicas avaliadas foram: período e viabilidade de lagartas, peso de lagartas aos 10 dias, período e viabilidade de pupas, peso de pupas em 24 horas, longevidade de adultos e ciclo total. O delineamento adotado para esta avaliação foi inteiramente casualizado com 19 tratamentos e 30 repetições.

4.5 Análise estatística

Os dados de mortalidade larval e pupal, proporção de machos e de adultos defeituosos e os dados do teste de atratividade com chance de escolha foram submetidos a análise de Deviance a partir de um modelo linear generalizado binomial. Os tratamentos foram comparados a partir de intervalos de 95% de confiança para as proporções avaliadas. As análises foram realizadas usando a função glm do software R versão 3.2.1 (R Core Team, 2015).

Os dados de peso de lagartas aos 10 dias, peso pupal em 24 horas, período pupal, longevidade adulta, período larval e ciclo total foram submetidos às pressuposições da ANOVA, não havendo homogeneidade dos dados, aplicou-se o teste não paramétrico de

Kruskal-Wallis, realizando comparações múltiplas de medianas com o teste de LSD em sua forma não paramétrica. As análises foram realizadas usando o pacote agricolae do software R versão 3.2.1 (R Core Team, 2015).

5 RESULTADOS

5.1 Prospecção fitoquímica dos extratos de folha de *M. opacum*

Em prospecção fitoquímica realizada em folhas de *M. opacum*, identificaram-se os seguintes metabólitos secundários: flavonoides, triterpenos, antraquinonas, cumarinas, taninos e esteroides.

5.2 Antixenos em *S. frugiperda* alimentadas com extratos de *M. opacum*

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, quando se avaliou a atratividade e preferência alimentar de lagartas de *S. frugiperda* nas folhas de milho tratadas com extratos de *M. opacum*, em teste com chance de escolha (Deviance, a $p > 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de Deviance para o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* atraídas em diferentes extratos e concentrações (%) de *Machaerium opacum* nos tempos avaliados em teste com chance de escolha. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Tempo (minutos)	Valor-p
1	1
3	0,9997
5	0,9975
10	0,8543
15	0,7019
30	0,8958
60	0,8401
120	0,9002
360	0,9809
720	0,3213
1440	0,1933

5.3 Antibiose em *S. frugiperda* alimentadas com extratos de *M. opacum*

Os tratamentos diferiram significativamente ($p < 0,001$) nas análises de peso de lagartas aos 10 dias de idade e peso de pupas em 24 horas após a formação. Para a variável peso de lagartas aos 10 dias, todos os extratos, em todas as concentrações testadas diferiram da testemunha (Tabela 2), observando-se que o tratamento com extrato hexânico a 10% foi o que se distanciou mais do tratamento controle no que se refere à redução do peso larval. Da mesma maneira, todos os tratamentos implicaram em redução do peso de pupas (Tabela 1). Neste caso, os tratamentos mais expressivos foram os extratos etanólico e hexânicos ambos a 3% de concentração.

Tabela 2. Comparações múltiplas de medianas de peso de lagartas (aos 10 dias) e peso pupal (em 24 horas) de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações (%) de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Concentração %	Peso de lagartas 10 dias (g)	Peso pupal 24 horas (g)
Etanólico		
0,1	0,175 cd	0,145 efg
1,0	0,19 cd	0,16 cde
1,5	0,17 de	0,13 fgh
3,0	0,11 hi	0,095 k
5,0	0,155 f	0,13 gh
10	0,15 fg	0,1 jk
Hexânico		
0,1	0,18 cde	0,16 b
1,0	0,14 fg	0,15 bcde
1,5	0,1515 fg	0,13 hi
3,0	0,08 i	0,09 k
5,0	0,12 h	0,11 ij
10	0,09 i	0,105 jk
Metanólico		
0,1	0,19 bc	0,15 cde
1,0	0,195 b	0,145 def
1,5	0,19 bcd	0,16 bc
3,0	0,15 g	0,11 jk
5,0	0,155 ef	0,16 bcd
10	0,16 ef	0,11 ij
Controle	0,275 a	0,29 a
Valor p	<0,001	<0,001

Medianas seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de LSD a 5% de significância.

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para mortalidade larval e pupal (Tabela 3 e 4). Os dados da mortalidade larval e pupal foram submetidos à análise de regressão, visando-se observar a existência de proporcionalidade entre aumento de doses e aumento de mortalidade. Entretanto o grau de ajuste R^2 foi inferior a 0,003, demonstrando não haver relação regular entre aumento de mortalidade em função do aumento de doses dos extratos utilizados. Não foram verificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para proporção de machos adultos deformados (Tabela 5 e 6).

Tabela 3. Resumo da análise de Deviance para dados de proporção de mortalidade larval de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes frações e concentrações de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Modelo	GL	Deviance	GL residual	Deviance Res.	Valor-p
Nulo			569	661,10	

Tratamento	18	33,782	551	627,32	0,0134
------------	----	--------	-----	--------	--------

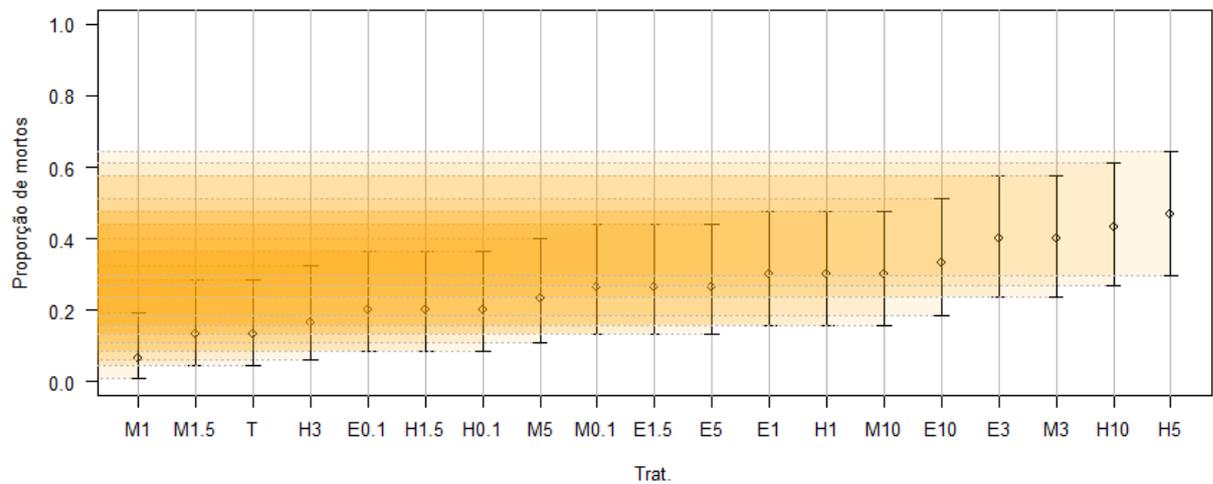


Figura 1. Médias e respectivos intervalos com 95% de confiança para a proporção de lagartas de *Spodoptera frugiperda* mortas para cada tratamento. M0,1; M1; M1,5; M3; M5 e M10 correspondem, respectivamente, aos tratamentos com extrato metanólico em concentrações de 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10%. E0,1; E1; E1,5; E3; E5 e E10 correspondem, respectivamente, aos tratamentos com extrato etanólico em concentrações de 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10%. H0,1; H1; H1,5; H3; H5 e H10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato hexânico em concentrações de 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10%. T corresponde à testemunha.

A proporção de lagartas mortas (Figura 1) foi menor nos tratamentos com extrato metanólico nas concentrações de 1 e 1,5 %, assim como na testemunha, tendo sido estes, semelhantes estatisticamente entre si com relação a esta variável. Já o maior percentual de mortalidade larval foi observado nos tratamentos com extratos hexânico a 5 e 10% de concentração e no tratamento com extrato metanólico a 3% de concentração. Na avaliação de mortalidade pupal (Figura 2) a testemunha apresentou o menor percentual de pupas mortas, enquanto que os tratamentos com extratos hexânicos a 1,5; 0,1 e 1,0 % apresentaram, nesta ordem, os mais acentuados resultados em relação a esta variável. Os tratamentos hexânicos a 1; 1,5 e 0,1% apresentaram os menores índices de proporção de machos (Figura 3), todavia, não foram observadas diferenças significativas para este parâmetro.

Tabela 4. Resumo da análise de Deviance para dados de proporção de pupas mortas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas na fase larval com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações (%) de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Modelo	GL	Deviance	GL residual	Deviance Res.	Valor-p
Nulo			414	431,44	
Trat.	18	51,16	396	380,27	< 0,01

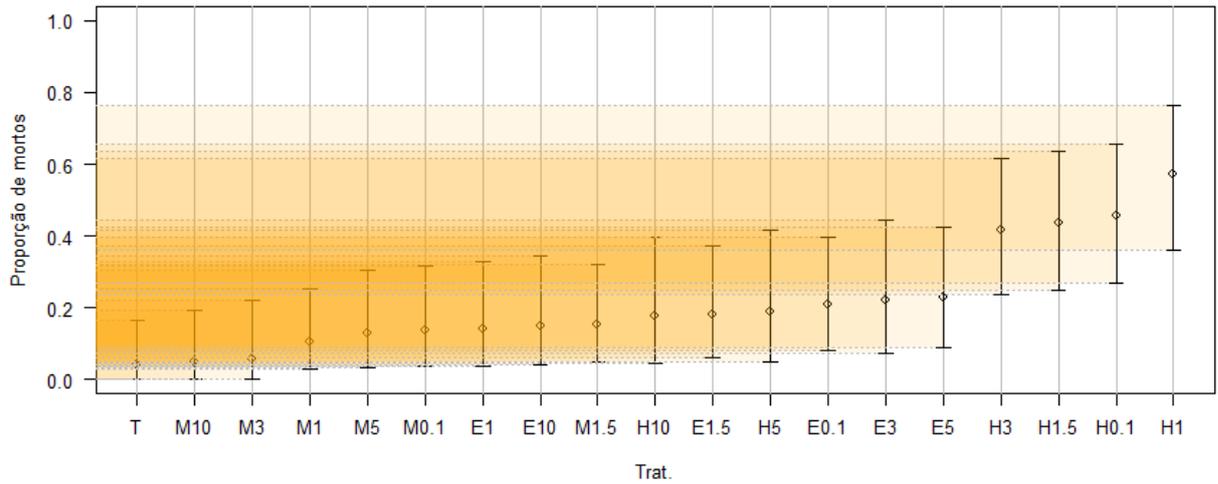


Figura 2. Intervalos de 95% de confiança para a proporção de pupas de *Spodoptera frugiperda* mortas para cada tratamento. M0,1; M1; M1,5; M3; M5 e M10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato metanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. E0,1; E1; E1,5; E3; E5 e E10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato etanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. H0,1; H1; H1,5; H3; H5 e H10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato hexânico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. T corresponde à testemunha.

Tabela 5. Resumo da análise de Deviance para dados de proporção de machos de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações (%) de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Modelo	GL	Deviance	GL residual	Deviance Res.	Valor-p
Nulo			325	451,63	
Trat.	18	24,783	307	426,84	0,131

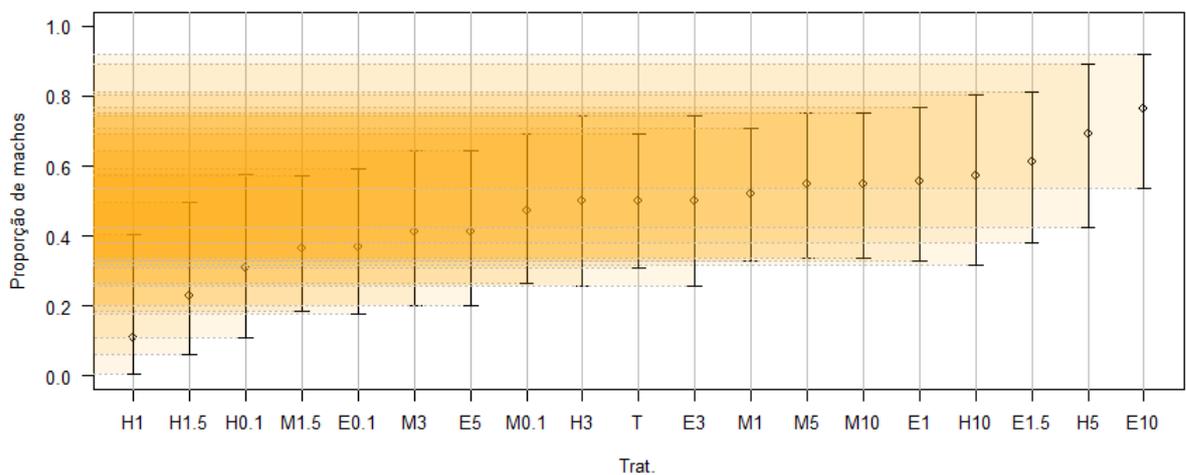


Figura 3. Intervalos de 95% de confiança para a proporção de machos de *Spodoptera frugiperda* para cada tratamento. M0,1; M1; M1,5; M3; M5 e M10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato metanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. E0,1; E1; E1,5; E3; E5 e E10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato etanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. H0,1; H1; H1,5; H3; H5 e H10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato hexânico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. T corresponde à testemunha.

Embora não tenham sido constatadas diferenças significativas para a proporção de insetos deformados, os tratamentos com extratos metanólicos, etanólicos e hexânicos a 1,5; 5 e 10%, provocaram deformações em insetos adultos avaliados (Figura 4).

Tabela 6. Resumo da análise de Deviance para dados de proporção de adultos defeituosos de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes concentrações (%) de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Modelo	GL	Deviance	GL residual	Deviance Res.	Valor-p
Nulo			325	109,245	
Trat.	18	26,729	307	82,516	0,0842

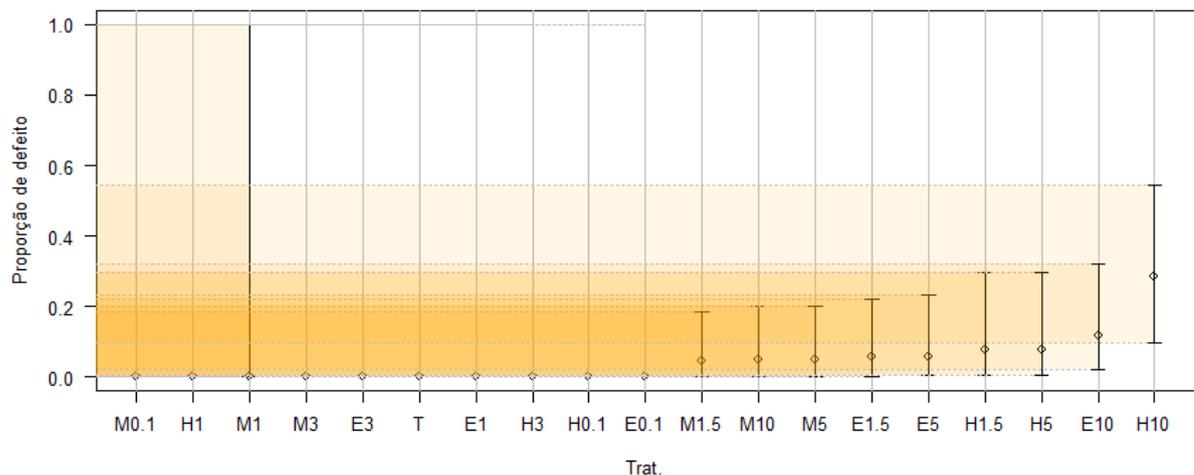


Figura 4. Médias e respectivos Intervalos de 95% de confiança para a proporção de adultos deformados de *Spodoptera frugiperda* para cada tratamento. M0,1; M1; M1,5; M3; M5 e M10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato metanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. E0,1; E1; E1,5; E3; E5 e E10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato etanólico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. H0,1; H1; H1,5; H3; H5 e H10 correspondem respectivamente aos tratamentos com extrato hexânico a 0,1; 1,0; 1,5; 3,0; 5,0 e 10% de concentração. T corresponde à testemunha.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os parâmetros biológicos: período larval, período pupal, longevidade adulta e ciclo total (Tabela 7). O tratamento com extrato hexânico a 10% e metanólico a 3% foram os que apresentaram o maior prolongamento do período larval em relação à testemunha enquanto que os tratamentos com extrato metanólico a 1 e 10% apresentaram pouca redução deste período em relação ao tratamento controle.

O período pupal de *S. frugiperda* (Tabela 7) apresentou expressiva redução quando as lagartas foram submetidas ao tratamento etanólico a 5% de concentração. Resultado similar, porém, menos intenso, foi observado nos tratamentos etanólico com 0,1; 1; e 1,5%; hexânico 0,1; 1,5; 5 e 10% e metanólico 3 e 5% de concentração. Semelhantes à testemunha foram os tratamentos etanólico a 3%, hexânicos a 1% e metanólico a 1 e 10% de concentração.

Todos os tratamentos resultaram em significativa redução na longevidade de adultos e ciclo total de *S. frugiperda* (Tabela 7), tendo-se destacado o tratamento com extrato hexânico a 3%.

Tabela 7. Duração dos períodos larval e pupal, longevidade adulta e ciclo total de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de milho tratadas com diferentes frações e concentrações (%) de *Machaerium opacum*. Ipameri, Goiás, Brasil, 2017.

Tratamento	Período Larval (Dias)	Período Pupal (Dias)	Longevidade Adulta (Dias)	Ciclo Total (Dias)
Etanólico				
0,1	16,5 de	8,0 bcd	14,0 bcd	39,0 c
1,0	18,0 bcde	8,0 bcde	14,0 cde	38,0 cd
1,5	17,0 de	8,0 cde	13,5 def	37,0 fg
3,0	16,0 de	9,0 a	13,0 ef	38,0 def
5,0	17,5 abcd	7,5 e	12,5 f	37,0 f
10	18,0 abcd	8,0 de	11,0 gh	36,0 gh
Hexânico				
0,1	16,0 bcde	8,0 abcd	14,0 cde	38,0 def
1,0	17,0 de	9,0 a	14,0 def	37,0 fg
1,5	17,0 abcd	8,0 abc	13,0 def	38,0 ef
3,0	18,0 abc	9,0 ab	6,0 i	32,5 i
5,0	16,0 cde	8,0 bcd	14,0 cde	38,0 cde
10	18,0 a	8,0 bcd	11,0 gh	37,0 ef
Metanólico				
0,1	15,0 ef	9,0 ab	15,0bc	39,0 b
1,0	15,0 f	9,0 a	15,0 b	39,0 b
1,5	18,0 bcde	8,0 de	13,0 ef	38,0 ef
3,0	18,0 ab	8,0 bcde	9,0 hi	35,0 h
5,0	18,0 abcd	8,0 cde	12,0 fg	38,0 def

10	15,0 f	9,0 a	13,5 f	36,5 fg
Controle	16,0 ef	9,0 a	18,5 a	44,0 a
P valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Medianas seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de LSD a 5% de significância.

6 DISCUSSÃO

A não verificação de antixenose para as lagartas de *S. frugiperda* nas frações e diferentes concentrações das folhas de milho tratadas com extratos de *M. opacum*, que foram igualmente atrativas para alimentação em testes com chance de escolha e, que não diferiram significativamente do controle, sugerem não repelência dos extratos, e possivelmente, até mesmo ter ocorrido efeito fagoestimulante em alguns dos tratamentos. Se considerarmos a necessidade da ingestão do extrato, essa condição se torna relevante em possível ação de controle da praga, uma vez que extratos podem ser pulverizados na cultura.

Independentemente da polaridade do solvente usado no fracionamento do extrato de folhas de *M. opacum* ingerido pela lagarta, ocorreram significativas reduções de peso larval e pupal em *S. frugiperda* quando comparadas à testemunha, indicando que compostos isolados por solvente específico, ou em sinergismo, atuaram com efeito antialimentar na fase jovem deste inseto.

De maneira geral, os extratos hexânicos foram aqueles que promoveram menor desenvolvimento (peso) larval e pupal e, também, maiores proporções de deformidades em adultos (Figura 4). Apesar de nosso estudo não verificar efeito inseticida de isolados compostos na fração hexânica (triterpenos em mistura, α -amirina e β -amirina), lupeol e fitol, supõe-se que esses compostos foram os responsáveis pelos efeitos deletérios em *S. frugiperda*. Algumas concentrações da fração metanólica também promoveram comprometimento no desenvolvimento pupal. Na fração metanólica foi identificada e isolada a substância rutina, que conhecidamente tem efeito inseticida. Sabe-se que alguns flavonóides podem atuar como fagodeterrentes, por exemplo, o ermanin e a rutina (ECHEVERRI et al., 1991; SILVA et al., 2016) e inibidores de crescimento de inseto (SIMMONDS, 2003), provavelmente por interferirem em mecanismos neurais, cuja atividade tóxica é influenciada pela estrutura química do específico composto.

A cumarina, também detectada na prospecção fitoquímica de *M. opacum* é conhecida por inibir a cadeia de transporte de elétrons (NEAL e WU, 1994) e, também compromete a capacidade dextoxificadora dos insetos, o que reduz, por exemplo, sua tolerância a xenobióticos (MOREIRA et al., 2007). Ainda, segundo Martinez e Emden (2001), a redução no peso e desenvolvimento das fases larval e pupal se devem à reduzida ingestão de alimentos e da pouca

habilidade da conversão de nutrientes para o crescimento e desenvolvimento do inseto, promovido pela ingestão do extrato tóxico.

Em nosso estudo não foi verificada relação significativa entre dose das frações do extrato da planta e mortalidade larval e pupal. Essa relação de independente de dose de extratos de plantas e mortalidade é comum, conforme mencionado por Sousa Neto (2016). Esse autor relatou ainda que concentrações de frações de extratos de planta que mesmo com elevado potencial para matar larvas e pupas de *Helicoverpa armigera*, podem apresentar efeito fagoestimulante. Nessa condição, substância dessa natureza seriam interessantes como ferramenta no manejo da praga, uma vez que estimulariam a lagarta a ingerir o extrato tóxico aplicado na cultura de interesse.

As frações e diferentes concentrações dos extratos de *M. opacum* não afetaram a razão sexual da população de *S. frugiperda*, nem tampouco se diferiram significativamente da testemunha. Embora a análise Deviance não apresente diferenças significativas na deformidade de adultos de *S. frugiperda* alimentadas com os diferentes extratos em diferentes concentrações, O extrato hexânico na maior concentração (10%), visivelmente se destaca dos demais, o que reforça a necessidade de estudos complementares para investigar esse importante efeito deletério, que é comumente relatado quando lagartas são alimentadas com potenciais plantas inseticidas (NATHALA e DINHGRA, 2006; KNAAK et al., 2012; SOUSA NETO, 2016).

Com relação ao período larval, os tratamentos hexânico a 10% e metanólico a 3% de provocaram visível prolongamento nesta fase em relação à testemunha. Torrecillas e Vendramim (2001) relataram prolongamento do período de desenvolvimento de lagartas de *S. frugiperda* tratadas com extrato aquoso de *Trichilia pallida* a 0,1%. Trindade et al. (2000) sugerem que o atraso no desenvolvimento ocorra em função de componentes específicos do extrato da planta que compromete o sistema hormonal que regula o processo de ecdise do inseto.

O período pupal de *S. frugiperda* teve significativa redução em relação à fração etanólica na concentração 5%, reduzindo o tempo médio de 9 dias (testemunha) para 7,5 dias. Para essa mesma praga, com planta distinta (extrato aquoso de *Ricinus communis* a 10%), Santiago et al. (2008) encontraram resultado contrário, observando prolongamento na fase pupal, porém, sem interferência na viabilidade. Campos e Boiça Junior (2012) sugerem ainda que o inseto, ao passar para a fase de pupa, continua sofrendo influência do produto natural em suas funções vitais.

7 CONCLUSÕES

Constatou-se a presença de flavonóides, triterpenos, antraquinonas, cumarinas, taninos e esteróides nas folhas de *M. opacum*.

Foi observada a ausência de efeito antixenose para as lagartas de *S. frugiperda* nas diferentes frações e diferentes concentrações de folhas de milho tratadas com extratos de *M. opacum*.

Todas as frações avaliadas tiveram efeito sobre a biologia de *S. frugiperda*.

Os extratos das frações hexanólicas foram mais frequentes quanto a efeitos de antibiose em *S. frugiperda*.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR-MENEZES E. L. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola (Documentos). Embrapa Agrobiologia, Seropédica, Brasil. 2005.
- AGUIRRE, L.A.; HERNÁNDEZ-JUÁREZ, A., FLORES, M.; CERNA, E.; LANDEROS, J.; FRÍAS, G.A.; HARRIS, M.K. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. **Florida Entomologist**, v. 99, n.2, 276-280, 2016.
- ALMEIDA, A. P.; SABINO, M.; FONSECA, H.; CORRÊA, B.; Milho recém-colhido no Brasil: interação da microbiota fúngica, fatores abióticos e ocorrência de fumonisinas. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v.64, p 1-9, 2005.
- AMEN, Y. M.; MARZOUK, A. M.; ZAGHLOUL, M. G.; AFIFI, M. S. The genus *Machaerium* (Fabaceae): taxonomy, phytochemistry, traditional uses and biological activities. **Natural Product Research**, v.29, n.15, p.1388-1405, 2015.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn). **Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator**, p.01-80, 2008.
- ÁVILA, C. J.; Controle: Manejo integrado das principais pragas que atacam a cultura do milho no país. **Visão técnica**.v.13, p.102-106, 2015.
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda*(J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, 39: 996- 1001, 2010.
- BETTIOL, W.; MORANDI, A. B. **Biocontrole de doenças de plantas** - uso e perspectivas, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 332, 2009.
- BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; FERNANDES, G. W. Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p.61-70, 2013.
- CAMPOS, A. P.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) submetidas a diferentes concentrações de óleo de nim. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 137-144, 2012.
- CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na agricultura. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.
- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. n.3, safra 2016/17 - Terceiro Levantamento. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2017. 130p.
- COSTA, A. F. **Farmacognosia**. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 992p.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995, 45p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I. VALICENTE, F. H.; DOS SANTOS, J. P.; WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A. **Manual de identificação de pragas do milho e seus principais agentes de controle biológico**. 1. Ed. Brasília. EMBRAPA, 2008 192p.

CRUZ, I., FIGUEIREDO, M. L. C., SILVA, R. B., SARTO, M. L. D. PENTEADO DIAS, A. M. **Monitoramento de parasitoides de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em municípios de Minas Gerais, Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2009.

CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 5., Barretos. Cursos. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. p.27-56.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAISET, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p. 110-113, 2013.

DEQUECH, S. T. B.; SAUSEN, C. D.; LIMA, C.G.; EGEWARTH, R.; Efeito de extratos de plantas com atividade inseticida no controle de *Microtheca ochroloma* Stal (Col.: Chrysomelidae), em laboratório: *Revista Biotemas*, Santa Maria, p.22-31, 2008.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; CRUZ, J. C. **Aspectos econômicos da produção de milho transgênico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 15 p.

ECHEVERRI, F.; CARDONA, G.; TORRES, F.; PELAEZ, C.; QUIÑONES, W.; RENTERIA, E. Ermanin: na insect deterrent flavonoid fron *Passiflora foetida* resin. **Phytochemistry**, v.30, 153-155, 1991.

FERNANDES, T. S. Bioatividade de extratos aquosos de pinhão roxo *Jatropha gossypifolia* L. sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí. Teresina-PI, 58 P. 2012.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A.; AMORA, D. X. Controle de fitonematoides com o uso de extratos e óleos essenciais de plantas. In: POLTRONIERI, L. S.; ISHIDA, A. K. N. (Ed). Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas. Panorama atual e perspectivas na agricultura. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, p. 308, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, M. L. C., MARTINS-DIAS, A. M. P. CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41, 1693-1698, 2006.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29776>>. Acesso em: 08 Jan. 2018.

FRITSHE-NETO, R.; MÔRO, G. V. Tipos de híbrido: escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. **Visão técnica**.v.13, p.12-15, 2015.

ISMAN, M. B. Repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.45-66, 2006.

HAAS, J.; GARCIA, B. C.; ALVES, L. F. A.; HAIDA, K. S. Efeito de extratos aquosos vegetais sobre a lagarta-do-cartucho. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.81, n.1, p. 79-82, 2014.

KASTEN JUNIOR, A.A.; PRECETTI, C.M.; PARRA, J.R.P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* em duas dietas artificiais e substrato natural. *Rev. Agric.* v. 53, p.68-78, 1978.

KNAAK, N., TAGLIARI, M.S., MACHADO, V., FIUZA, L.M. Atividade Inseticida de Extratos de Plantas Medicinais sobre *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **BioAssay**, v. 7, p. 1-6, 2012

KOGAN, N. Integrated pest management historical perspectives and contemporary developments. **Annual Revist Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

LEATEMIA, J.A.; ISMAN, M.B. Insecticidal activity of crude seed extracts of *Annona* spp. *Lansium domesticum* and *Sandoricum koetjape* against lepidopteram larvae. **Phytoparasitica**, v. 32, n.1, p. 30-37. 2004.

LEWIS, G. P. 1987. Legumes of Bahia. **Royal Botanic Garden**, 2005. 577p.

MACHADO, L. A.; SILVA, V. B.; OLIVEIRA, MM de. **Uso de extratos vegetais no controle de pragas em horticultura**. *Biológico*, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 103-106, 2007.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003

MARANHÃO, Z. C. Plantas inseticidas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 29, n. 3/4, p. 113-121, 1954.

MARONEZE, D. M.; GALLEGOS, D. M. N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 537-550, 2009.

MARTINEZ, S. S.; EMDEN, H. F. Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by Azadirachtin. **Neotropical Entomology**, v.30, n.1, p.113-125, 2001.

MATOS, A. P.; NEBO, L.; CALEGARI, E. R.; BATISTA-PEREIRA, L. G.; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B.; DA SILVA, M. F. D. G. F.; FILHO, P. F.; RODRIGUES, R. R. Atividade biológica de extratos orgânicos de *Trichilia* spp. (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em dieta artificial. **BioAssay**, v. 1, p. 1-7, 2006.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3ed. Fortaleza: UFC, 2009. 150p.

MATOS, J. M. D.; MATOS, M. E. **Farmacognosia**. Fortaleza: UFC, 1989.

- MEDEIROS, A.R.M. Alelopatia: importância e suas aplicações. **Hortisul**, v.1, n.3, p.27-32, 1990.
- MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; LOPES, M. E; WAQUIL, J. M.; WAQUIL, M.S. Respostas da lagarta-do-cartucho ao milho geneticamente modificado expressando a toxina Cry 1A(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.239-244, 2011.
- MENEZES, E. de L. A. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola (EMBRAPA, documento 205). Rio de Janeiro: Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 58 p.
- MORAES, P. P. P.; BORÉM, A. Vantagens: maior interação com ambiente eleva uso de cultivar transgênica no Brasil. **Visão técnica**. v.13, p.61-65, 2015.
- NAS – NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Principles of plant and pest control**. v. 3: Insect-pest management and control. Washington-DC: 1969. 508p.
- NAVARRO-SILVA, M.A.; MARQUES, F.A.; DUQUE, J.E.L. Review of semiochemicals that mediate the oviposition of mosquitoes: a possible sustainable tool for the control and monitoring of Culicidae. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v.53, n.1, p.1-6, 2009.
- NEAL, J.J.; WU, D. Inhibition of insect cytochromes P450 by furanocoumarins. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.50, p.43-50, 1994.
- NIVSARKAR, M.; CHERIAN, B.; PADH, H. Alpha-terthienyl: a plant-derived new generation insecticide. **Current Science**, v.81, n.6, 667-672, 2001.
- OMOTO, C.; BERNADI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J.R. Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas e plantas Bt. Comitê Brasileiro de Ação a Resistência de inseticidas (IRAC-BR), Piracicaba, 2013, 2p.
- PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 6p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 75).
- PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In UDRY, C. W.; DUARTE, W. (Org.) **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. P. 11-41.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- RODRIGUEZ, H. C.; VENDRAMIM, J. D.. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Manejo Integrado de Plagas**, 42:14-22p. 1996.
- ROSA, A.P.A. D.A.; TRECHA, C.O.; ALVES, A.C.; GARCIA, L.; GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) em linhagens de milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, 79: 39-45, 2012.

SÁ, V.G.M.; FONSECA, B.V.C.; BOREGAS, K.G.B.; WAQUIL, J.M. Sobrevivencia e desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology**, v.38, p.108-115, 2009.

SANTIAGO, G. P. et al. Efeitos de extratos de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mantida em dieta artificial, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 792-796, 2008.

SANTOS, R. G. Avaliação das atividades tóxica, citotóxica, antimicrobiana e inseticida das folhas de *machaerium opacum* vogel (fabaceae).2017 114p Dissertação (mestrado em Ciências Moleculares) - Câmpus Anápolis De Ciências Exatas E Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Go.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

SILVA, T.R.F.B.; ALMEIDA, A.C.S.; MOURA, T.L.; SILVA, A.R.; FREITAS, S.S.; JESUS, F.G. Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Scientiarum**, v.38, n. 2, p. 165-170, 2016.

SIMMONDS, M.S.J. Flavonoid–insect interactions: recent advances in our knowledge. **Phytochemistry**, v. 64, p.21–30, 2003.

SIMÕES, C.M.O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Florianópolis: UFSC, 2010. 1104p.

SOUSA NETTO, M. Toxicidade de extratos de *Andira paniculata* (Fabaceae) em *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Goiás, 32p.

TAGLIARI, M.S.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Efeito de extratos de plantas na mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) (lepidoptera: noctuidae). **Arquivo do Instituto Biológico**. São Paulo, v.77, n.2, p.259-264, abr./jun., 2010.

TORRECILLAS, S. M.; VENDRAMIM, J. D. Extratos aquosos de ramos de *Trichilia pallida* e o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* em genótipos de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 27-31, 2001.

TRINDADE, R. C. P. et al. Extrato metanólico da amêndoa da semente de nim e a mortalidade de ovos e lagartas da traça-do-tomateiro. Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 407-413, 2000.

UPADHYAY, R. K. Insecticidal and oviposition inhibition efficacy of *Capparis decidua* to *Sitophilus oryzae* Linn. (Coleoptera: Curculionidae). **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**. v.2, p.14-23, 2012.

VALICENTE, F.H. & I. CRUZ. 1991. Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovírus. Sete Lagoas, Embrapa, 23 (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 15).

VALICENTE, F. H. **Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho**. Circular técnica, v.1679-1150, n.8, p. 1-13, jun. 2015.

VIANA, P. A.; **Mostra potencial do nim para controle da lagarta-do-cartucho**. In: Dia de Campo na TV. Embrapa Milho e Sorgo. 2008. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br>> Acesso em: 05 de janeiro 2018.

VIEIRA, P. C. ; MAFEZOLI, J. ; BIAVATTI, Maique W . Inseticidas de Origem Vegetal. In: A.G. Correa; P.C. Vieira. (Org.). **Produtos Naturais no Controle de Insetos**. 2ed.São Carlos: EDUFSCar, v. p. 69-104, 2007.

VIZZOTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E.B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Documento: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, n.316, p. 7-15, 2010.

WAQUIL, J. M.; VIANA P. A.; CRUZ I. **Manejo de pragas na cultura do sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 2003, 65 p.

WAQUIL, J.M.; VILLELA, F.M.F. Gene bom. **Revista Cultivar**, v. 49, p.22-26, 2003.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, v.89, p.164-175, 2013.

ZARUCHI, J. L.; Phytochemical dictionary of the Leguminosae. **Announcements Plant Science**, v.102, p.221-223, 1994.s

ZOTTI, M.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; CASTILHOS, R.V.; MARTINS, J. F. S. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ovos e ninfas do predador *Doru lineare* (Dermaptera: Forficulidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, p.111-118, 2010.