EFEITO DE EXTRATOS AQUOSOS DE MELIACEAE
NO DESENVOLVIMENTO DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).

CESÁREO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz",
da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Ciências, Área de Concentração:
Entomologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1995

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Rodríquez Hernández, Cesáreo
R696e Efeito de extratos aquosos de meliaceae no desenvolvimento de *Spodoptera*
fragiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Piracicaba, 1995.
100p. ilus.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Inseticida vegetal 2. Lagarta-do-cartucho do milho - Controle 3. Milho - Praga
Controle I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 632.951

EFEITO DE EXTRATOS AQUOSOS DE MELIACEAE
NO DESENVOLVIMENTO DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).

Cesáreo Rodríguez Hernández

Aprovada em: 09/06/95.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Djair Vendramim	ESALQ/USP
Prof. Dr. José Roberto Postali Parra	ESALQ/USP
Prof. Dr. Celso Omoto	ESALQ/USP
Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua	Univ. Fed. Piauí
Dra. Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto	EMBRAPA/CNPMA

Prof. Dr. José Djair Vendramim
Orientador

Aos meus pais e irmãos, pelo
incentivo constante, apoio e
compreensão,

DEDICO.

A G R A D E C I M E N T O S

A realização do presente trabalho só foi possível graças à colaboração de várias instituições e pessoas, dentre as quais podem ser citadas:

- O Colegio de Postgraduados de Chapingo (México), o Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México) e o Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pelas facilidades que possibilitaram a realização do Curso de Pós-graduação e deste trabalho.

- À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida para a realização do Curso de Pós-graduação.

- Ao Prof. Dr. José Djair Vendramim, pela orientação, amizade, compreensão e apoio constantes durante o Curso de Pós-graduação, assim como na realização deste trabalho.

- Ao Prof. Dr. Celso Omoto, pelas sugestões e pela elaboração do "Summary".

- Ao Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues, Prof. Dr. Luiz Antonio Gallo, Eng. Klaus Duarte Barretto e Técnico Agrícola João Angelo Cerignoni, pelo auxílio na coleta e identificação do material vegetal utilizado nesta pesquisa.

- À Dra. Marinéia de Lara Haddad e à Analista de Sistemas Regina Célia Botequio de Moraes, pela orientação nas análises estatísticas e assistência na parte computacional, respectivamente.

- À Neide Graciano Zério, pelo auxílio na preparação das dietas artificiais e pelo fornecimento dos insetos utilizados neste trabalho.

- À bibliotecária Kátia Maria de Andrade Ferraz, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas.

- Aos colegas Paulo Rebelles Reis e Amarildo Pasini, pela amizade e companheirismo.

- Aos Professores do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pelos ensinamentos transmitidos.

- A todos, minha inestimável gratidão e sincero reconhecimento.

S U M Á R I O

Página

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Considerações gerais sobre fitoinseticidas ...	3
2.2. <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (Meliaceae), nim ..	5
2.2.1. Considerações gerais	5
2.2.2. Efeito sobre <i>S. frugiperda</i>	11
2.2.2.1. Mortalidade	11
2.2.2.2. Inibição da alimentação	14
2.2.2.3. Inibição do crescimento	18
2.2.3. Efeito sobre outras pragas	22
2.3. Outras meliáceas inseticidas	23
2.3.1. Efeito sobre <i>S. frugiperda</i>	23
2.3.1.1. Mortalidade	23
2.3.1.2. Inibição da alimentação	25
2.3.1.3. Inibição do crescimento	27
2.3.2. Efeito sobre outras pragas	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1. Criação estoque de <i>S. frugiperda</i>	34
3.2. Material vegetal	35
3.2.1. Coleta	35
3.2.2. Preparo dos extratos	35
3.3. Bioensaios	37
3.3.1. Desenvolvimento de <i>S. frugiperda</i> em dietas artificiais contendo extratos ..	37
3.3.1.1. Aspectos biológicos em 15 espécies de meliáceas	37
3.3.1.2. Índice de crescimento em 2	

espécies de meliáceas	39
3.3.1.3. Índices nutricionais em 4	
espécies de meliáceas	40
3.3.2. Inibição alimentar e atratividade de <i>S.</i>	
<i>frugiperda</i> em folhas de milho	
contendo extratos	42
3.3.2.1. Inibição alimentar em	
lagartas de quarto ínstar	43
3.3.2.2. Atratividade de lagartas	
de primeiro ínstar	43
3.4. Análise estatística	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E.	
Smith, 1797) em dietas artificiais contendo	
extratos	45
4.1.1. Aspectos biológicos em 15 espécies de	
meliáceas	45
4.1.2. Índice de crescimento em 2 espécies de	
meliáceas	64
4.1.3. Índices nutricionais em 4 espécies de	
meliáceas	69
4.2. Inibição alimentar e atratividade de <i>S.</i>	
<i>frugiperda</i> em folhas de milho contendo	
extratos	77
4.2.1. Inibição alimentar em lagartas de	
quarto ínstar	77
4.2.2. Atratividade de lagartas de	
primeiro ínstar	77
5. CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
1	Locais e datas de coleta das espécies de meliáceas avaliadas como extratos aquosos em biotestes com <i>Spodoptera frugiperda</i>	36
2	Dieta artificial (BURTON & PERKINS, 1972) utilizada na avaliação da atividade inseticida dos extratos aquosos de meliáceas	38
3	Largura da cápsula cefálica de cada ínstar larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> , criada em dieta artificial. Temp.: 25±2°C; UR: 70±10%; fotofase: 14 h (FERRAZ, 1982)	39
4	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio I. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h	55
5	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio II. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h	56
6	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas.	

	Bioensaio III. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	57
7	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio IV. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	58
8	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio V. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	59
9	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VI. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	60
10	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VII. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	61
11	Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VIII. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h	62

- 12 Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio IX. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h 63
- 13 Distribuição da população de *Spodoptera frugiperda*, em 3 concentrações dos extratos aquosos das folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida* em dieta artificial. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h 66
- 14 Mortalidade larval e índice de crescimento de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial contendo extratos das folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida*, em 3 concentrações. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h 67
- 15 Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda*, criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas, à 1,0%. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14h.. 68
- 16 Duração da fase larval, dieta consumida, peso de lagarta no máximo desenvolvimento e fezes produzidas por *Spodoptera frugiperda* alimentada em dieta artificial contendo extratos de 4 meliáceas. Temp.: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60\pm 10\%$, fotofase: 14 h 74
- 17 Taxas relativas (mg/mg/dia) de consumo (RCR), crescimento (RGR) e metabólica (RMR) das lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial contendo extratos de 4 meliáceas.

- Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h 75
- 18 Digestibilidade aproximada (AD), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) e custo metabólico (CM) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas em dietas contendo extratos de 4 meliáceas. Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h 76
- 19 Índice de inibição alimentar (Q) de lagartas de quarto ínstar de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extratos de meliáceas. Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h 79
- 20 Atratividade de lagartas de primeiro ínstar de *Spodoptera frugiperda* por extratos de 4 meliáceas. Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h 80

EFEITO DE EXTRATOS AQUOSOS DE MELIACEAE
NO DESENVOLVIMENTO DE *Spodoptera frugiperda*
(J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).

Autor: CESÁREO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
Orientador: PROF. DR. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

RESUMO

Com o objetivo de encontrar plantas com atividade inseticida em relação à *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), avaliaram-se os extratos aquosos de caules e folhas, e de alguns frutos e sementes de 15 meliáceas. Os extratos à 5% (5 g de planta/100 ml de água) foram adicionados à dieta artificial (na proporção de 20%). Os parâmetros avaliados foram a duração e viabilidade das fases larval e pupal e peso de pupas. Utilizando-se os extratos de folhas de *Melia azedarach* e de *Trichilia pallida* à 1, 5 e 10%, determinou-se um índice de crescimento, com base na viabilidade dos seis ínstares larvais, da pré-pupa e da pupa. Em 4 espécies de plantas que apresentaram efeitos subletais se avaliou quantitativamente a nutrição durante toda a fase larval. Para avaliação da inibição alimentar e da atratividade, em lagartas de quarto e primeiro ínstar, respectivamente, foram utilizados discos de folha de milho tratados com extratos aquosos, avaliando-se o consumo foliar e o número de lagartas atraídas. Embora nenhuma espécie tenha sido mais tóxica que as sementes de *Azadirachta indica*, todas as plantas, com exceção de *Guarea kunthiana* e *Trichilia elegans*, apresentaram atividade tóxica. Os caules de *Cabralea canjerana*, as sementes de *A. indica*, *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*, os caules e folhas de *T. pallida*, e os caules, folhas e frutos de *M. azedarach* provocaram alta mortalidade larval (superior

à 84%). Os caules de *Trichilia catigua*, as folhas de *C. canjerana*, *Swietenia macrophylla*, *Trichilia casaretti* e *Toona ciliata* e os frutos de *Guarea guidonia* e *M. azedarach* inibiram a alimentação larval. Os caules de *C. fissilis*, *C. odorata* e *Trichilia clausenii*, as folhas de *Guarea macrophylla*, *S. macrophylla* e *T. ciliata*, e os frutos de *G. guidonia* e *M. azedarach* inibiram o crescimento larval. Os extratos aquosos de folhas de *M. azedarach* e *T. pallida* à 5 e 10% inibiram drasticamente o crescimento de *S. frugiperda*, sendo pouco pronunciado este efeito à 1%. O extrato de frutos de *M. azedarach* provocou o alongamento da fase larval, mas menor consumo de dieta e, em consequência, menor peso do inseto. Em caules de *T. clausenii*, o maior consumo de alimento não provocou maior ganho de peso. As menores eficiências de conversão do alimento foram constatadas nos caules de *T. clausenii* e folhas de *S. macrophylla*. Os extratos de *A. indica* (semente), *G. guidonia* (fruto), *S. macrophylla* (folha) e *T. catigua* (caule) dificultaram o estabelecimento e reduziram o consumo foliar das lagartas de *S. frugiperda* em discos de folhas de milho.

EFFECT OF AQUEOUS EXTRACTS FROM MELIACEAE
IN THE DEVELOPMENT OF *Spodoptera frugiperda*
(J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).

Author: CESÁREO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
Adviser: PROF. DR. JOSÉ DJAIR VENDRAMIM

SUMMARY

Insecticidal activity of aqueous extracts from stems and leaves, and from some fruits and seeds of 15 Meliaceae plants were evaluated in relation to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). The extract at concentration of 5% (5 g of plant/100 ml of water) was incorporated into the artificial diet (in the proportion of 20%). The biological parameters evaluated were the length and viability of larval and pupal stages and the pupal weight. A growth index based on the viability of the six instars, pre-pupa and pupa of *S. frugiperda* was determined with the extract from leaves of *Melia azedarach* and *Trichilia pallida* at 1, 5 and 10%. Quantitative nutrition of the entire larval stage was evaluated with 4 species of plants that showed sub-lethal effects on *S. frugiperda*. Corn leaf disks were treated with aqueous extract, dried and offered to larvae of first instar to measure the attractiveness, and to larvae of forth instar to measure the leaf consumption. None of the plants tested showed higher insecticidal activity than seeds of *Azadirachta indica*; however, except for *Guarea kunthiana* and *Trichilia elegans*, all plants showed some toxicity. The stems of *Cabralea canjerana*, the seeds of *A. indica*, *Cedrela fissilis* and *Cedrela odorata*, the stems and leaves of *T. pallida*, and the stems, leaves and fruits of *M. azedarach* showed high larval mortality (greater than 84%). The stems of *Trichilia catigua*,

the leaves of *C. canjerana*, *Swietenia macrophylla*, *Trichilia casaretti* and *Toona ciliata*, and the fruits of *Guarea guidonia* and *M. azedarach* inhibited the feeding by *S. frugiperda* larvae. The stems of *C. fissilis*, *C. odorata* and *Trichilia clausenii*, and the leaves of *Guarea macrophylla*, *S. macrophylla* and *T. ciliata*, and the fruits of *G. guidonia* and *M. azedarach* inhibited the larval growth. Aqueous extract of leaves from *M. azedarach* and *T. pallida* at 5 and 10% showed significant negative effect on *S. frugiperda* larval growth, but only a slight effect at 1%. The extract from fruits of *M. azedarach* prolonged the larval stage of *S. frugiperda*; however the food intake was low, and thus the pupal weight was reduced. With extract from stems of *T. clausenii*, the higher food intake did not reflect on higher weight gain. The lowest food conversion indexes were found in the extracts from stems of *T. clausenii* and leaves of *S. macrophylla*. The extracts from *A. indica* (seed), *G. guidonia* (fruit), *S. macrophylla* (leaf) and *T. catigua* (stem) were fagodeterrent and decreased the leaf consumption by *S. frugiperda* larvae on corn leaf disks.

1. INTRODUÇÃO

O controle de pragas, em geral, tem sido feito principalmente através da aplicação de produtos químicos sintéticos pertencentes aos grupos dos clorados, fosforados, clorofosforados, carbamatos e piretróides.

Embora tais produtos, em muitos casos, sejam bastante eficientes, há uma série de problemas acarretados pela sua utilização. Tais problemas são bastante conhecidos e incluem a presença de resíduos em alimentos, o desequilíbrio biológico devido à eliminação dos inimigos naturais, a contaminação do ambiente, a intoxicação dos operadores e o aparecimento de populações de insetos resistentes aos inseticidas.

Em função disso, têm sido buscados métodos alternativos de controle, dentre os quais pode ser destacado aquele que procura explorar as plantas que apresentam resistência natural aos insetos. Esta resistência se deve, em muitos casos, à presença de substâncias químicas secundárias denominadas alomônios. Os efeitos de tais substâncias sobre os insetos variam, sendo mais comuns, a repelência impedindo que os insetos selecionem a planta para oviposição e alimentação, a intoxicação aguda ou crônica, a inibição da alimentação, a redução dos processos normais de digestão por inibidores enzimáticos, a inibição do crescimento e a inibição da reprodução.

Estas substâncias podem estar presentes em plantas cultivadas ou taxonomicamente próximas destas ou então em

plantas selvagens ou não cultivadas. No primeiro caso, podem ser desenvolvidos programas de melhoramento com o objetivo de transferir os fatores de resistência (alomônios) para as variedades mais produtivas. Já, no segundo caso, quando as plantas que apresentam alomônios são selvagens ou não cultivadas, as mesmas podem ser utilizadas para o controle de pragas. Nesse caso, uma das formas mais interessantes é a utilização de extratos de plantas com propriedades inseticidas em aplicação na cultura a ser protegida contra a praga. Os extratos podem ser obtidos utilizando-se diversos solventes tais como água, álcool, éter, clorofórmio, etc. Quando se obtém boa extração com água, este solvente deve ser preferido pela facilidade de utilização, permitindo que qualquer agricultor possa preparar o extrato para aplicação na sua propriedade.

Dentre as plantas inseticidas, são citadas na literatura, com maior frequência, *Azadirachta indica* e *Melia azedarach*, ambas da família Meliaceae, as quais apresentam amplo espectro de ação, tanto em relação ao número de espécies de insetos afetadas como em seus diferentes modos de ação. Esta atividade inseticida pode estar presente em outras espécies desta família, hipótese levantada nesta pesquisa, na qual a espécie de inseto utilizada foi a lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lep., Noctuidae), importante praga da cultura do milho.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar, em condições de laboratório, a atividade dos extratos aquosos de 15 espécies de meliáceas em relação à *S. frugiperda*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais sobre fitoinseticidas.

A utilização de plantas com propriedade inseticida não é um tema novo, visto que seu uso era comum até antes do emprego dos inseticidas inorgânicos. Seu ressurgimento como método de controle de insetos se fundamenta no fato de que, atualmente se requerem novas moléculas que ajudem no manejo de pragas, reduza a possibilidade de ocorrência de resistência aos inseticidas sintéticos e que, além disso não contaminem o ambiente e nem permaneçam em forma residual nos alimentos. Estas características normalmente são apresentadas pelos inseticidas vegetais. O estudo destes produtos, contudo, não tem sido consistente devido ao fato de que, em geral, suas estruturas químicas são muito grandes e complexas, difíceis de isolar e sobretudo de sintetizar. E quando sintetizados e se obtém seus análogos, sua ação não é a mesma que a do produto natural porque falta algum sinergista, estabilizante ou outro componente na sua formulação.

Os primeiros inseticidas vegetais utilizados foram a nicotina extraída do fumo *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), a rianodina extraída de *Ryania speciosa* (Flacuartiaceae), a sabadina e outros alcalóides extraídos da sabadila *Schoenocaulon officinale* (Liliaceae), as piretrinas extraídas do piretro *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Asteraceae) e a rotenona extraída de *Derris* spp. e

Lonchocarpus spp. (Fabaceae) (LAGUNES & RODRÍGUEZ, 1992). Estes fitoquímicos deixaram de ser utilizados após o surgimento do Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT), que então se mostrava mais efetivo e mais barato.

Tempos depois, os compostos secundários de *Physostigma venenosum* (Fabaceae) foram tomados como modelo para sintetizar os carbamatos. Fato similar ocorreu com as piretrinas, obtidas de *C. cinerariaefolium*, de onde se derivaram os inseticidas piretróides.

O fruto de *Trichilia havanensis* (Meliaceae) é usado no México para fazer uma pasta aquosa e impregnar a semente de milho, por 24 horas, antes da semeadura (HERNÁNDEZ et al., 1983). Esta prática reduz o dano causado pelas pragas do solo durante a germinação, aumentando o "stand" de plantas. Assim, na agricultura de subsistência de várias regiões da América Latina, diversos grupos étnicos têm utilizado plantas para controlar insetos, entre as quais podem citar-se *Allium sativum* (Alliaceae), *Annona squamosa* (Annonaceae), *Artemisia ludoviciana* (Asteraceae), *Cymbopogon citratus* (Poaceae), *Haplophytum cimicidum* (Apocynaceae), *Microsechium helleri* (Cucurbitaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) e *Senecio canicida* (Asteraceae) (LAGUNES et al., 1984; LAGUNES & RODRÍGUEZ, 1989; ECKERT & WUBKER, 1991).

Estudos em outros grupos fitoquímicos ainda não foram totalmente desenvolvidos, como é o caso das isobutilamidas, que são substâncias com atividade inseticida (obtidas de diversas espécies de Asteraceae, Piperaceae e Rutaceae), dentre as quais se destacam a afinina, a anaciclina, a equinaceína, a escabrina, o espilantol, a heliopsina, a herculina, a pelitorina e o sansul (JACOBSON, 1971; SU, 1985). Ainda que pesquisadas nos anos 50, a importância destas substâncias passou despercebida pela ação letal e rápida dos inseticidas organossintéticos. Entretanto, são

compostos muito tóxicos que se equiparam em toxicidade aos piretróides, tendo, portanto, grande potencial no manejo de pragas.

Outros compostos naturais, explorados anteriormente, que atuam diretamente no sistema endócrino dos insetos, são os fitoecdisonios e os precocenos. Os primeiros, aleloquímicos similares ao ecdisonio, foram obtidos de Podocarpaceae, Taxaceae, Amaranthaceae e Verbenaceae, que ao serem aplicados nos insetos, mantinham nestes as características juvenis, o que finalmente conduziu à descoberta dos juvenóides (reguladores de crescimento) (SIDALL, 1970; WILLIAMS, 1970; SLAMA, 1979). Mas estes prolongam os estágios imaturos, precisamente os que causam o maior dano e, assim, não foram bem aceitos. Em seguida isolaram-se os precocenos (antijjuvenóides) de *Ageratum houstonianum* (Asteraceae), os quais ao inibir a secreção do hormônio juvenil, em alguns insetos paurometabólicos, aceleram o desenvolvimento levando à formação de adultos precocemente, os quais ficam pequenos, são inférteis e têm reduzida longevidade; tais compostos, contudo, têm ação restrita a poucas espécies de insetos (BOWERS, 1976 e 1983).

Dentre as várias plantas com propriedades inseticidas, no entanto, *A. indica*, normalmente conhecida por nim, é sem qualquer dúvida, a planta mais estudada no mundo todo.

2.2. *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), nim.

2.2.1. Considerações gerais.

A. indica, também referida como *Antelaea azadirachta*, *Melia azadirachta* e *Melia indica* e conhecida comumente como nim, margosa e lila índio, é nativa das regiões áridas da Índia (KOUL et al., 1990).

O uso de *A. indica* é uma prática antiga na agricultura de subsistência, na Índia, onde suas folhas secas são misturadas com grãos armazenados ou seus frutos são esmagados nas paredes do armazém para evitar o dano de insetos, segundo SOON & BOTTRELL (1994), os quais mencionam também que é comum manter as folhas e frutos triturados em água durante toda a noite e posteriormente utilizar esse extrato para aplicar nas plantas que se deseja proteger do ataque de insetos.

O primeiro registro científico da ação repelente de *A. indica* contra insetos foi publicado por volta de 1930, de acordo com o artigo STRONG light and other¹... (1932), citado por KOUL et al. (1990). Em 1963, Sinha & Gulati², citados por BUTTERWORTH & MORGAN (1971), constataram que o extrato alcoólico das sementes, sem óleo, foi repelente a *Locusta migratoria migratorioides* (R. & F.) e *Schistocerca gregaria* (Forsk).

Os extratos alcoólicos e aquosos das folhas e das sementes desta meliácea têm sido utilizados com boa atividade contra insetos e, em algumas vezes, são tão ativos quanto os compostos sintetizados (BUTTERWORTH & MORGAN, 1971; SCHMUTTERER, 1988).

A atividade de *A. indica* tem-se manifestado em relação a um grande número de insetos que atacam hortaliças, ornamentais, grãos armazenados, e também contra insetos domésticos e de importância médica e veterinária segundo ISMAN et al. (1990) e KOUL (1992). O número de espécies de insetos para as quais esta atividade foi determinada varia,

¹STRONG light and other remedial measures against paddy stem borer. 1932. (Leaflet, 2).

²SINHA, N.P. & GULATI, K.C. Neem (*Azadirachta indica*) seed cake as a source of pest control chemicals. Bulletin of the Regional Research Laboratory, Jammu, 1: 176-7, 1963.

tendo sido assinaladas 120 espécies por Jacobson³, citado por KOUL (1992), 126 espécies de acordo com GRAINGE & AHMED (1988) e 200 espécies segundo Saxena⁴, citado por ISMAN et al. (1990); estes números representam, em média, 90% das espécies avaliadas.

Dentre as espécies vegetais, *A. indica* é aquela com maior atividade inseticida e com diferentes modos de ação contra diversas espécies de insetos, destacando-se como os efeitos mais comuns: a) mortalidade de lagartas e adultos; b) inibição da alimentação em lagartas e adultos; c) redução da motilidade no intestino; d) interferência com alguns transmissores envolvidos na regulação da biossíntese do ecdisônio; e) inibição da biossíntese da quitina; f) bloqueio da ecdise em ninfas e lagartas; g) inibição do crescimento; h) deformações em pupas (na cabeça e nos apêndices torácicos); i) deformação, redução ou ausência das asas; j) redução da fecundidade e longevidade dos adultos; k) não reconhecimento pela fêmea do feromônio do macho; l) não ocorrência de cópula e da comunicação sexual; m) esterilização, porque evita a produção de vitelogenina devido ao controle do hormônio juvenil; n) inibição da oviposição (SCHMUTTERER, 1988; KOUL et al., 1990; NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 1992; MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL, 1993). Não obstante, seus múltiplos efeitos, podem-se destacar a mortalidade, a inibição da alimentação e a inibição do

³JACOBSON, M. The neem tree: natural resistance par excellence. In: GREEN, M.B. & HEDIN, P.A., ed. **Natural resistance of plants to pests; role of allelochemicals**. Washington, American Chemical Society, 1986. p.220- 32. (ACS Symposium Ser., 296).

⁴SAXENA, R.C. Insecticides from neem. In: ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P., ed. **Insecticides of plant origin**. Washington, American Chemical Society, 1989. p.110- 35. (ACS Symposium Ser., 387).

crescimento por serem as bioatividades mais documentadas.

As preparações inseticidas desta planta são altamente degradáveis (KOUL, 1992), posto que sua atividade se perde em duas semanas.

As substâncias presentes nos extratos aquosos e etanólicos das sementes de *A. indica* são absorvidas pelas raízes e translocadas à parte aérea da planta, o que denota a natureza sistêmica desses aleloquímicos e, conseqüentemente a importância no manejo de insetos sugadores (MUNAKATA, 1977; JACOBSON et al., 1978).

Com relação ao seu custo, é importante salientar que o uso de nim para repelir insetos pode ser tão baixo como 10% do custo do inseticida convencional (malatium), segundo Redknap⁵, citado por KOUL (1992), já que para prevenir o dano de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em milho precisa-se de apenas 10 mg de azadiractina por hectare (NRC, 1992).

A. indica tem vários compostos com propriedades inseticidas: azadiractina, meliantról e salanina (NARAGNAN et al., 1980), além de vilasinina (KRAUS et al., 1991), mas sua pesquisa tem sido enfocada principalmente em relação ao primeiro por ser o ingrediente com maior atividade tóxica (SOON & BOTTRELL, 1994). O tetranortriterpenóide azadiractina, um limonóide altamente oxidável, foi isolado das sementes de *A. indica* por Butterworth & Morgan em 1968, e sua estrutura elucidada em 1985 (SCHMUTTERER, 1988).

Com a finalidade de conhecer a polaridade dos constituintes dos extratos da semente de *A. indica*, com diferentes solventes, ASCHER et al. (1984) utilizaram água,

⁵REDKNAP, R.S. The use of crushed neem berries in the control of some insect pests of Gambia. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 1., Rottach-Egern, 1980. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss).** Eschborn, GTZ Press, 1981. p.205-14.

metanol, etanol, acetona, álcool isopropílico, n-butanol, clorofórmio, tetracloreto de carbono e n-pentano para determinar a inibição do crescimento e fecundidade de *Spodoptera littoralis* (Boisduval). Os resultados evidenciaram que os extratos preparados com solventes polares (constante dielétrica > 20), água (78,5), metanol (32,6), etanol (24,3) e acetona (20,7) foram os mais tóxicos.

A semente de *A. indica* contém de 20 a 40% de óleo, de acordo com SAXENA et al. (1984) e ISMAN et al. (1990), os quais assinalam que 1 ml de óleo cru contém de 188 a 4.026 ppm de azadiractina. Com relação a isto, SCHMUTTERER (1990) obteve a maior quantidade (10 g) de azadiractina por 1 kg de semente de nim. Esta variação indica que o conteúdo de princípios ativos inseticidas pode ser influenciado pelo clima, solo e adubação, radiação solar, ecótipos, maturação da semente e tempo de armazenamento, entre outros fatores.

Diversos isômeros de azadiractina (A a I) têm sido isolados de *A. indica*. Destes, a azadiractina A constitui 83%, seguindo-se, em importância, a azadiractina B, enquanto que as outras (C a I) encontram-se em menores concentrações, segundo ISMAN et al. (1990) e MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993).

A azadiractina é difícil de ser isolada e, por isso, várias técnicas têm sido desenvolvidas para sua obtenção a partir das sementes de *A. indica* (KOUL, 1992). A molécula de azadiractina é composta de duas partes principais: a decalina e o grupo hidroxil furano, as quais são as responsáveis pela inibição do crescimento e a inibição da alimentação, respectivamente (ALDHOUS, 1992).

A extração da azadiractina das sementes de *A. indica* é extremamente custosa, razão pela qual usam-se os extratos para formular os produtos comerciais e semi-comerciais, segundo MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993) e SOON & BOTTRELL

(1994), os quais indicam que existem 13 formulações no mercado.

Os extratos das sementes de *A. indica* aumentam a toxicidade das piretrinas, quando adicionados a estas (AHMED et al., 1976).

Em relação a outros inseticidas vegetais, YOSHIDA & TOSCANO (1994) apontam que a azadiractina foi mais tóxica que a rotenona, a rianina, a sabadila e o piretro.

Foi no princípio dos anos 60 que apareceram várias publicações assinalando o forte efeito inseticida das sementes de nim para diversos insetos. Esta informação motivou, ainda mais, a busca de substâncias naturais tóxicas a insetos. Desta maneira, *A. indica* é considerada a planta inseticida mais pesquisada nos últimos 15 anos, de onde tem-se derivado um grande número de revisões, entre as quais destacam-se as de WARTHEN Jr. (1979 e 1989), JOTWANI & SRIVASTAVA (1981), JACOBSON (1988), SCHMUTTERER (1988 e 1990), ARNASAN et al. (1989), SUBRAHMANYAM (1990), CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA (CATIE), (1991), GOVINDACHARI (1992), NRC (1992), ASCHER (1993) e MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993). Além disso, a respeito do nim, foram realizadas duas Conferências Americanas (USDA NEEM WORKSHOP, 1990; PACIFIC SCIENCE CONGRESS, 1993) e três Conferências Internacionais (INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE (INC) 1, 1981; INC 2, 1984; INC 3, 1987).

A aplicação dos produtos naturais de *A. indica* influencia a atividade dos inimigos naturais. Neste sentido, SCHMUTTERER (1990) reportou que as lagartas de *S. frugiperda*, sobreviventes da aplicação de nim, não afetaram os seus predadores *Ectatomma ruidum* Roger e *Doru taeniatum* (Dohrn), e acrescentou que a eficiência dos inimigos naturais deve aumentar, posto que as lagartas tratadas ficam mais expostas, pouco vigorosas e com menor mobilidade. Assim, SAXENA et al.

(1981) observaram aumento no parasitismo em larvas de *Cnaphalocrocis medicinalis* (Guenée), após a aplicação do óleo de nim. Por outro lado, STARK et al. (1992) assinalaram que a azadiractina não teve efeitos adversos sobre os parasitóides *Psytallia incisi* (Silvestri), *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) e *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) desenvolvidos respectivamente em *Dacus dorsalis* Hendel e *Ceratitis capitata* (Wiedemann), quando expostos à concentração que inibiu a emergência dos adultos destas pragas.

Efeitos adversos sobre inimigos naturais, no entanto, também já foram observados, conforme McCLOSKEY et al. (1993) que mencionaram que a viabilidade de *Diadegma terebrans* (Gravenhorst), parasitóide de *Ostrinia nubilalis* Hübner, foi reduzida pela utilização de azadiractina.

As substâncias derivadas de nim são consideradas inócuas para insetos polinizadores, entre estes *Apis mellifera* L., já que não são repelentes aos mesmos (NAUMANN et al., 1994).

2.2.2. Efeito sobre *S. frugiperda*.

Os efeitos provocados pelos diversos derivados fitoquímicos de *A. indica* sobre *S. frugiperda* são vários, destacando-se a mortalidade, a inibição da alimentação e a inibição do crescimento.

2.2.2.1. Mortalidade.

A semente de *A. indica* adicionada à dieta artificial, administrada a lagartas de *S. frugiperda* de primeiro ínstar, à razão de 10 g/kg, provocou 75% de mortalidade aos 7 dias, e 100% aos 14 dias, em comparação com 10 e 30%, respectivamente, registrados na testemunha, de acordo com

MAREDIA et al. (1992), que em outro ensaio quantificaram 100% de mortalidade às dosagens de 5 e 10 g de semente de nim por kg de dieta artificial, aos 10 dias de idade das lagartas, enquanto que na testemunha registrou-se 10%. Também avaliaram a adição de 1 ml de óleo, extraído da semente de nim, em 1 kg de dieta artificial, obtendo-se 70 e 100% de mortalidade aos 10 e 20 dias, respectivamente. Esses resultados indicam que o óleo de nim é efetivo ao impedir o crescimento larval, ocasionando alta mortalidade nesta fase, mas não foi tão ativo como o nim moído. De acordo com SAXENA et al. (1984), as sementes de nim contêm 20% de óleo, necessitando-se, portanto de 5 g de semente moída para obter 1 ml de óleo. Entretanto, a toxicidade de 5 g de semente moída foi maior que 1 ml de óleo, o que sugere que na semente existem outros componentes que não se encontram no óleo e que incrementam a toxicidade ao inseto.

Os extratos etanólico e hexânico das sementes de *A. indica* foram incorporados à 1% (10.000 ppm) na dieta artificial, onde se alimentaram lagartas de *S. frugiperda* de 6 dias de idade, provocando 80 e 100% de mortalidade ao final da fase larval, respectivamente (MIKOLAJCZAK & REED, 1987). Posteriormente, com a utilização de menores concentrações com lagartas de primeiro ínstar da mesma espécie de inseto, verificou-se que os extratos hexânicos ocasionaram 100, 80, 10 e 0% de mortalidade às concentrações de 10.000, 2.000, 400 e 80 ppm, respectivamente, em contraste com 100% de mortalidade obtida em todas as concentrações testadas (de 10.000 até 16 ppm) dos extratos etanólicos (MIKOLAJCZAK et al., 1989), o que denota que se obtém maior toxicidade quando se utilizam solventes com maior polaridade.

Na incorporação de diferentes quantidades (de 0,5 a 100 ppm) do extrato metanólico da semente de *A. indica* numa dieta artificial para alimentação de lagartas de *S. frugiperda* com

4 e 10 dias de idade, HELLPAW (1984) encontrou 100% de mortalidade com concentrações superiores a 5 e 10 ppm, respectivamente. Constatou também que a maioria das lagartas da primeira idade morreram entre 6 e 19 dias, enquanto nas maiores a morte ocorreu entre 11 e 20 dias. Com base nestes dados, determinou-se que os TL_{50} e TL_{100} (tempos letais) à 5 ppm foram 15 e 33 dias para as lagartas menores, enquanto que para as lagartas maiores foram 20 e 26 dias, respectivamente. Em contraste, à concentração maior (100 ppm), os tempos letais foram 7 e 9 dias para as lagartas menores e 12 e 16 dias para as lagartas maiores, respectivamente. Com a intenção de incrementar a alimentação de *S. frugiperda* e reduzir o tempo letal, o mesmo pesquisador submergiu discos de folha de milho, dos quais se alimentaram as lagartas de 4 dias de idade, no extrato aquoso das sementes de nim à 50 e 100 ppm, com e sem a adição de um fago-estimulante (Coax 1,0%). Este experimento foi repetido com lagartas de 10 dias, as quais foram expostas à 50, 100 e 200 ppm do extrato de *A. indica*. Os resultados obtidos mostraram que todas as concentrações de nim causaram 100% de mortalidade, não havendo, portanto, efeito significativo entre os tratamentos; o fago-estimulante, entretanto, provocou redução dos TL_{50} e TL_{100} em 3 e 1 dias, respectivamente, para lagartas de 4 dias, para ambas concentrações. Em relação aos dados obtidos para lagartas de 10 dias, os resultados do TL_{50} não mostraram diferença para esses tratamentos nas suas respectivas dosagens, o que também ocorreu para o TL_{100} de 50 ppm; já o TL_{100} para 100 ppm foi 1 dia a menos para o tratamento sem Coax (13 dias), em contraste com a concentração de 200 ppm onde o mesmo parâmetro foi 1 dia a menos para nim com Coax (12 dias).

Em relação à dose e efeitos ocasionados pela azadiractina nos insetos, REMBOLD (1988) e GOVINDACHARI

(1992) mencionaram que a concentrações maiores de 100 ppm existe forte efeito tóxico.

A concentração de azadiractina necessária para provocar 95% de mortalidade na população (CL_{95}) de lagartas de *S. frugiperda* de primeiro ínstar, alimentadas por 10 dias na dieta artificial com o aleloquímico, foi de $1 \pm 0,3$ ppm (KLOCKE & KUBO, 1982).

Os insetos oligófagos, como é o caso de *S. frugiperda*, são menos afetados pelos extratos de plantas inseticidas por ter grande variação nutricional e possuir amplo espectro de mecanismos de destoxificação quando comparados aos monófagos, segundo BREUER & DEVKOTA (1990).

2.2.2.2. Inibição da alimentação.

A inibição ou redução da alimentação freqüentemente se relaciona com a inibição do crescimento e do desenvolvimento, diminuição do peso de lagarta e de pupa, e alongamento da fase larval (SAXENA, 1987). Isto é, quando existe pouca inibição da alimentação causada pela baixa dose do tóxico, o inseto cresce, mas é afetado nos estados subsequentes. Por outro lado, quando a inibição da alimentação é grande, devido a altas dosagens, o inseto é afetado no mesmo estado biológico em que adquiriu a substância inseticida.

O decréscimo em voracidade resulta no crescimento lento e perda de peso do inseto, o que é associado com a inibição da alimentação (BREUER & DEVKOTA, 1990).

Os parâmetros mais freqüentemente citados na literatura que quantificam a inibição da alimentação, são o peso das lagartas e das pupas, e a área consumida de discos foliares.

A. indica é a planta que contém a substância natural que provoca a maior inibição da alimentação nos insetos (BERNAYS, 1983). Neste sentido, ao infestar lagartas de primeiro ínstar

de *S. frugiperda* em dieta artificial (1 kg), onde previamente tinha-se adicionado a semente moída de nim (10 g), MAREDIA et al. (1992) encontraram que o peso das lagartas do tratamento (0,3 mg) foi significativamente menor que na testemunha (13,3 mg), aos 7 dias. Por outro lado, ao adicionar 1 ml de óleo extraído da semente de nim em 1 kg de dieta artificial, onde se alimentaram lagartas de primeiro ínstar da mesma espécie de inseto, observaram que o peso aos 10 dias foi de 1,5 mg em comparação a 17,2 mg na testemunha. Esses dados indicam que o óleo da semente de nim é eficiente para inibir a alimentação, assim como impedir o crescimento larval, mas não é tão potente como a semente moída, possivelmente porque nesta última preparação, encontram-se outros componentes que proporcionam maior toxicidade.

Os índices nutricionais também proporcionam informação da inibição da alimentação provocada por *A. indica*. Em relação a este aspecto, REBOLLEDO (1992) misturou 10,6 ml do extrato aquoso (macerado e infusão) à 5% da testa da semente de nim em 42,4 g de dieta artificial para alimentar as lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda* e determinar o consumo e a utilização do alimento. A taxa relativa de consumo (RCR) das lagartas da testemunha foi de 2,05 mg/mg/dia, enquanto que as lagartas dos tratamentos diminuíram sua alimentação, apresentando 0,89 e 0,28 mg/mg/dia, para macerado e infusão do nim, respectivamente; dados que denotam forte inibição da alimentação desta meliácea em lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda*. Encontrou, além disso, que as lagartas dos tratamentos tiveram mínima eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) em massa corporal, posto que os valores do macerado (0,08 e 0,20) e infusão (0,10 e 0,09) foram menores que na testemunha (21,05 e 61,87; respectivamente). Em relação à digestibilidade aproximada

(AD), esta foi maior em nim-macerado (88,49%) e em nim-infusão (67,8%), comparado com a testemunha (36,96%). Desta maneira, MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993) complementaram que valores baixos de ECI e ECD associam-se com o movimento lento do alimento no intestino médio para incrementar sua exposição à ação das enzimas digestivas com a finalidade de manter normal a taxa de crescimento.

O peso das lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas nos seus primeiros 13 dias em dieta artificial com o extrato hexânico das sementes de *A. indica*, foi de 12, 78, 113 e 108 mg às concentrações de 2.000, 400, 80 e 16 ppm, respectivamente, em comparação a 321 mg na testemunha (MIKOLAJCZAK et al., 1989).

A. indica inibe a alimentação das lagartas de *S. frugiperda* e, por conseguinte, causa diminuição do peso de pupa, segundo dados de HELLPAF (1984), que ao incorporar diferentes quantidades do extrato metanólico da semente de nim na dieta artificial, para lagartas de 4 e 10 dias, encontrou que para as primeiras o peso de pupa foi de 194,4; 177,0 e 168,5 mg para as concentrações de 0,5; 1 e 2 ppm do extrato na dieta, em contraste com 220,4 mg na testemunha, enquanto que, para as lagartas de 10 dias, o peso médio de pupa foi de 184,1; 192,4 e 142,3 mg para as mesmas concentrações, respectivamente, em contraste com o peso médio (233,7 mg) obtido na testemunha. Observou-se assim, que o peso pupal nos tratamentos foi de 76,4 a 88,2% do peso obtido na testemunha, para as lagartas alimentadas a partir dos 4 dias, enquanto que para as lagartas alimentadas a partir dos 10 dias os valores foram de 60,9 a 82,3% do peso registrado na testemunha.

Avaliando a alimentação por 2 a 3 horas de lagartas de *S. frugiperda*, com 7 a 11 dias de idade, em discos de feijão de 1 cm de diâmetro, os quais foram submersos por 5 segundos

nos extratos etanólico e hexânico das sementes de *A. indica* à 5%, MIKOLAJCZAK & REED (1987) assinalaram que os índices de alimentação foram 0,0 (inibição total) e 0,22, respectivamente.

Na busca das substâncias inibidoras da alimentação em *A. indica*, JACOBSON (1987) avaliou o colesterol e o sitosterol, resultando ineficientes em *S. frugiperda*. Atualmente, sabe-se que o princípio ativo azadiractina é a substância de nim que inibe a alimentação em aproximadamente 200 espécies de insetos (GOVINDACHARI, 1992), sendo principalmente seu efeito em larvas desfolhadoras, entre as quais se destaca *S. frugiperda* (REED et al., 1982; SCHMUTTERER, 1990), suscetível a doses inferiores a 50 ppm (MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL, 1993).

A inibição da alimentação de 40 compostos, relacionados com azadiractina, foi diversa em lagartas de *S. frugiperda*, destacando-se a diidroazadiractina e a azadiractina como as mais potentes (BLANEY et al., 1990).

O grupo hidroxil furano da molécula de azadiractina é a parte que apresenta as propriedades de inibição da alimentação nos insetos (ALDHOUS, 1992).

A azadiractina inibe, em geral, a alimentação em insetos a concentrações que oscilam de 10 a 100 ppm (REMBOLD, 1988; GOVINDACHARI, 1992), informação esta que não é ratificada por outros pesquisadores. Assim, JACOBSON et al. (1984) encontraram que a concentração de azadiractina que inibiu a alimentação das lagartas de *S. frugiperda* foi menor que 1 ppm, na dieta artificial, enquanto que para as lagartas de terceiro ínstar deste inseto, expostas a livre escolha em discos de algodão, a alimentação foi inibida à concentração de 0,1 µg de azadiractina.

A concentração necessária de azadiractina para proteger 95% (CP₉₅) da área do disco foliar de algodão *Gossypium*

barbadense (Malvaceae), do dano ocasionado em 48 horas por lagartas de *S. frugiperda* de terceiro ínstar, foi de 0,1 $\mu\text{g}/\text{disco}$ de 1 cm^2 (KUBO & KLOCKE, 1982; KLOCKE, 1987).

A vilasinina obtida de *A. indica* inibe a alimentação e o crescimento nos insetos, segundo KRAUS et al. (1991).

A inibição do comportamento alimentar é resultado tanto do bloqueio dos receptores que respondem aos fagoestimulantes como à estimulação das células detectoras da deterrência (DETHIER, 1982).

Ao alimentarem-se de plântulas de algodão e de feijão-lima, em confinamento, as lagartas de *S. frugiperda* foram inibidas na sua alimentação pela azadiractina com maior intensidade na primeira planta hospedeira. Segundo RAFFA (1987), essa diferença pode estar relacionada com a proporção relativa, e interações, dos estimulantes e repelentes, isto é, substâncias excitantes ou inibidoras, onde a mensagem resultante para o cérebro do fitófago é a soma algébrica dos níveis medidos destes parâmetros em cada hospedeiro. Baseado nesta hipótese, o autor afirmou que a atividade de fagodeterrência para uma certa espécie de inseto, varia entre as culturas.

2.2.2.3. Inibição do crescimento.

A inibição do crescimento dos insetos por compostos secundários obtidos de *A. indica* foi descoberta posteriormente ao conhecimento da inibição da alimentação. Os sintomas foram observados como consequência da inibição da alimentação, pelo que se acreditava que era efeito colateral. Desta maneira, o efeito de regulador de crescimento dos derivados de nim, tais como a azadiractina e o extrato metanólico das folhas, em ninfas e lagartas de insetos foi observado pela primeira vez em 1972 (SCHMUTTERER, 1990), e

descrito posteriormente por Schmutterer & Rembold⁶, segundo citação de SIMMONDS et al. (1990). Em seguida, KUBO & KLOCKE (1982) associaram esses efeitos com a inibição da ecdise, provocada pela azadiractina em 4 espécies de lagartas, entre estas *S. frugiperda*.

Os parâmetros mais freqüentemente citados na literatura que quantificam a inibição do crescimento são a inibição da ecdise e aumento na duração da fase larval.

Em estudos para a determinação da inibição do crescimento, REBOLLEDO (1992) alimentou lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda* com dieta artificial contendo extrato aquoso (macerado e infusão) à 5% da testa da semente de *A. indica*, encontrando que a duração desse ínstar larval nos tratamentos (6,5 dias, em ambos os extratos), aumentou mais que o dobro em relação à duração na testemunha (3,2 dias). Reportou ainda que as lagartas que se alimentaram em dieta contendo nim cresceram menos, posto que a taxa relativa de crescimento (RGR) foi de 0,23 e 0,09 mg/mg/dia, respectivamente para macerado e infusão, em comparação com 0,42 mg/mg/dia nas lagartas da testemunha. Entre suas observações notou que ao final do ínstar as lagartas eram pouco vigorosas, não chegando a completar a ecdise por não ter a energia suficiente para desprender-se da cutícula anterior. Finalmente passaram por uma etapa de inanição e logo morreram.

A. indica retarda o desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, como consequência da inibição da alimentação, segundo dados de HELLPAP (1984), que ao incorporar diferentes

⁶SCHMUTTERER, H. & REMBOLD, H. The action of several pure fractions of *Azadirachta indica* on feeding and metamorphosis of *Epilachna varivestis* (Col. Coccinellidae). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, Berlin, 89: 179-88, 1980.

quantidades do extrato metanólico da semente de nim na dieta artificial, para lagartas de 4 e 10 dias, encontrou que para as primeiras a formação de 50% de pupas ocorreu aos 19, 20 e 24 dias, em comparação aos 17 dias na testemunha, para as concentrações de 0,5; 1 e 2 ppm do extrato na dieta, enquanto que para as lagartas de 10 dias, a formação de 50% das pupas ocorreu aos 11, 13 e 15 dias, respectivamente, para as mesmas concentrações, em contraste com os 10 dias observado na testemunha. Observou assim que a fase larval foi prolongada em 2 a 7 dias no teste com as lagartas menores e em 1 a 5 dias com as lagartas maiores.

O prolongamento da fase larval de *S. frugiperda* alimentada em dieta artificial com o extrato hexânico das sementes de *A. indica* à 2.000 e 400 ppm foi de 7,1 e 0,4 dias a mais que na testemunha (17,4 dias), respectivamente (MIKOLAJCZAK *et al.*, 1989).

Dos 24 fitoquímicos avaliados por SIMMONDS *et al.* (1990), a azadiractina e outros compostos relacionados foram os mais efetivos para inibir o crescimento larval, a pupação e a emergência de adultos.

Dos vários isômeros de azadiractina apenas o E inibe o crescimento dos insetos (ISMAN *et al.*, 1990; SCHMUTTERER, 1990). Em contraste, ALDHOUS (1992) assinalou que a decalina, parte estrutural da molécula de azadiractina, é a responsável pela inibição do crescimento nos insetos. Entretanto, BALANDRIN *et al.* (1988) argumentaram que os compostos organossulfurados obtidos das sementes de *A. indica* ocasionam a inibição do crescimento nos insetos.

A azadiractina interfere com o crescimento e a ecdise dos insetos quando é usada em concentrações menores que aquelas que provocam a inibição da alimentação (ANWAR *et al.*, 1992), isto é, às concentrações de 1 a 10 ppm, diferentemente de 10 a 100 ppm que provocam a inibição da alimentação

(REMBOLD, 1988; GOVINDACHARI, 1992).

A concentração efetiva necessária para inibir o crescimento em 50% da população (CE_{50}) das lagartas de *S. frugiperda* de primeiro ínstar, alimentadas por 10 dias na dieta artificial com azadiractina foi de $0,4 \pm 0,1$ ppm, segundo KLOCKE & KUBO (1982) e JACOBSON et al. (1984), que, além disso, ressaltaram que essa atividade foi atribuída à inibição da ecdise.

A concentração de azadiractina necessária para inibir a ecdise de 95% da população (IE_{95}) das lagartas de primeiro ínstar de *S. frugiperda* é de 1 ppm (KUBO & KLOCKE, 1982; KLOCKE, 1987; SCHMUTTERER, 1990).

Segundo MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993), os efeitos da azadiractina estão relacionados à não ocorrência de apólise ou de ecdise e, em função da dose desta substância e do tempo de exposição, a morte do inseto pode ocorrer antes ou durante a muda. Salientaram, além disso, que as aberrações no desenvolvimento de insetos imaturos, induzidas pela azadiractina, são causadas pela redução da concentração ou do atraso do ecdisônio na hemolinfa.

A hipótese mais acertada e mais documentada, que explica o modo de ação na inibição do crescimento indica que a azadiractina bloqueia os receptores do ecdisônio devido a suas estruturas químicas serem similares, de acordo com REDFERN et al. (1981), KLOCKE (1987) e GOVINDACHARI (1992), os quais indicaram, além disso, que a síntese do hormônio juvenil também é afetada pela azadiractina. Salientaram ainda que os insetos afetados morreram na condição farata, incapazes de se moverem e de se alimentarem.

O efeito regulador de crescimento do nim é influenciado indiretamente pela temperatura. SCHMUTTERER (1990) menciona que, em condições tropicais (temperaturas altas), os insetos morrem em poucos dias e que, em clima temperado,

especialmente na primavera (baixa temperatura e muita chuva), o efeito é muito demorado.

2.2.3. Efeito sobre outras pragas.

A incorporação de 39,9 g de pó das folhas de *A. indica* em 1 kg de dieta artificial ocasionou 25% de mortalidade no estágio larval de *Heliothis armigera* (Hübner), em comparação com 15% de mortalidade na testemunha (ANWAR et al., 1992), provocando prolongamento do período larval de 7 dias e redução do peso da pupa em 137 mg nos indivíduos sobreviventes em comparação aos indivíduos da testemunha.

A inibição da alimentação de 40 compostos, relacionados com azadiractina, foi diversa em lagartas de *S. littoralis*, *H. armigera* e *Heliothis virescens* (Fabr.) (BLANEY et al., 1990), destacando-se a azadiractina e a diidroazadiractina como os mais potentes.

A aplicação tópica de azadiractina no dorso do mesotórax de lagartas de *Spodoptera exempta* (Walker), de quinto ínstar com peso de 80 a 100 mg, demonstrou que 1 µg inibe a alimentação, mas que a doses menores que 0,1 µg por lagarta não se reduz significativamente a alimentação nas lagartas tratadas, posto que a essas doses os pesos das pupas foram semelhantes ao peso das pupas na testemunha. Isto indica que a inibição no crescimento não pode ser atribuída à inibição da alimentação (TANZUBIL & McCAFFERY, 1990).

A concentração de azadiractina necessária para provocar 95% de mortalidade na população (CL₉₅) de lagartas de *Helicoverpa zea* (Boddie) de primeiro ínstar, alimentadas por 10 dias em dieta artificial com o aleloquímico, foi de 2±0,5 ppm, enquanto que a concentração efetiva do mesmo químico para inibir o crescimento em 50% da população (CE₅₀) do mesmo inseto foi de 0,7±0,2 ppm, segundo KLOCKE & KUBO (1982) e

KLOCKE (1987) que, além disso, mencionaram que a concentração necessária deste composto para proteger 95% (CP₉₅) do disco foliar de algodão *G. barbadense*, do dano ocasionado em 48 horas por lagartas de terceiro ínstar de *H. zea*, foi de $6,2 \pm 0,5$ µg/disco de 1 cm².

As concentrações de azadiractina necessárias para inibir a ecdise de 95% da população (IE₉₅) das lagartas de primeiro ínstar de *H. zea* e *Pectinophora gossypiella* (Saunders) foram 2 e 10 ppm, respectivamente (KLOCKE, 1987).

2.3. Outras meliáceas inseticidas.

Existem aproximadamente 600 espécies de meliáceas, e apesar de um número reduzido delas ter sido estudado fitoquimicamente, já foram encontrados 23 princípios ativos com propriedades inseticidas (MORGAN & WARTHEN Jr., 1990).

2.3.1. Efeito sobre *S. frugiperda*.

Além de *A. indica*, já foram avaliadas outras 25 espécies de meliáceas em relação à *S. frugiperda*.

2.3.1.1. Mortalidade.

Os extratos aquosos dos frutos à 5,0% de *Swietenia humilis* e *Trichilia americana* foram misturados em dieta artificial, onde provocaram mais de 30% de mortalidade em lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas nos primeiros 7 dias com a referida dieta, em relação às lagartas alimentadas em dieta sem extrato (LAGUNES et al., 1984; RODRÍGUEZ & LAGUNES, 1992).

Na avaliação dos extratos hexânicos, clorofórmicos, metanólicos e aquosos das folhas de *M. azedarach* na biologia

de *S. frugiperda*, McMILLIAN et al. (1969) encontraram que a adição das substâncias extraídas com clorofórmio de 3, 10 e 30 g de folha desta meliácea em 1 kg de dieta artificial provocaram 5, 90 e 100% de mortalidade nas lagartas respectivamente. Com relação a esta planta, GRAINGE & AHMED (1988) assinalaram que, além das folhas, os frutos também inibem a alimentação e o crescimento em *S. frugiperda*.

Na avaliação da toxicidade das sementes de 22 meliáceas, os extratos etanólicos e hexânicos foram incorporados à dieta artificial à 1,0% (10.000 ppm) onde destacaram-se *Aglaia cordata*, *Chickrassia tabularis*, *Melia toosendan* e *Sandoricum koetjape* que provocaram mortalidades iguais ou maiores que 60% em ambos os tipos de extratos, enquanto que 4 espécies de *Dysoxylum*: *D. binectariferum*, *D. malabaricum*, *D. reticulatum* e *D. spectabile*, além de *Melia burmanica*, *Melia dubia*, *Swietenia mahogani*, *Trichilia connaroides*, *Trichilia prieureana* e *Trichilia roka* mostraram a mesma atividade como extratos etanólicos, segundo MIKOLAJCZAK & REED (1987), os quais indicaram que, no caso de *Aglaia odoratissima*, *Carapa procera*, *Lansium domesticum*, *M. azedarach*, *Swietenia macrophylla*, *Toona sinensis* e *Trichilia triphyllaria*, não foi constatada toxicidade significativa para lagartas de *S. frugiperda*.

A avaliação da toxicidade das sementes de 10 meliáceas contra *S. frugiperda* por MIKOLAJCZAK et al. (1989) indicou que 100% de mortalidade foi constatada com os extratos etanólicos de *A. cordata* e *T. roka* às dosagens respectivas de 80 e 400 ppm, enquanto que *C. tabularis*, *D. malabaricum*, *D. spectabile*, *L. domesticum*, *M. azedarach*, *S. koetjape* e *S. mahogani* mostraram a mesma atividade à dosagem de 2.000 ppm. Por outro lado, os extratos hexânicos mostraram 100% de mortalidade em *A. cordata* à 16 ppm, e em *C. tabularis* e *T. roka* à 10.000 ppm. A capacidade do hexano para extrair

apreciável quantidade de princípios tóxicos de *A. cordata* sugere que estes compostos são menos polares que a azadiractina obtida de *A. indica*.

Na aplicação de extratos aquosos vegetais à 10% na cultura do milho, em SLP, México, para o controle de *S. frugiperda*, a maior produção foi obtida com a infusão de *T. havanensis* com 2.540 kg/ha em comparação com 2.490 kg/ha de *T. americana* e 1.320 kg/ha da testemunha (VILLAR et al., 1988).

2.3.1.2. Inibição da alimentação.

Na determinação da resposta alimentar de lagartas de *S. frugiperda* aos extratos aquosos de *M. azedarach*, impregnados em papel filtro, McMILLIAN & STARKS (1966) não encontraram efeito fago-estimulante desta meliácea, pelo que posteriormente McMILLIAN et al. (1969) pesquisaram essa espécie encontrando que o extrato clorofórmico obtido de 1 g das folhas/kg de dieta artificial, provocou 50% de redução de peso nas lagartas criadas durante 12 dias, em comparação ao peso obtido na testemunha. Acrescentaram ainda que é perceptível a forte inibição na alimentação larval de *S. frugiperda* quando se utiliza o extrato clorofórmico de 3 g de folhas de *M. azedarach*/kg de dieta artificial.

S. humilis e *T. americana* foram misturados em dieta artificial como extratos aquosos dos frutos à 5 %, provocando em lagartas de *S. frugiperda*, alimentadas nos primeiros 7 dias com esta dieta, um peso menor que 50% do peso das lagartas alimentadas em dieta sem extrato (RODRÍGUEZ & LAGUNES, 1992).

Na avaliação da inibição da alimentação de *S. frugiperda* pelos extratos etanólicos e hexânicos das sementes de 22 meliáceas, à 5%, em dieta artificial, MIKOLAJCZAK & REED

(1987) destacaram *A. cordata*, *C. procera*, *D. malabaricum*, *D. reticulatum*, *L. domesticum*, *M. dubia*, *M. toosendan*, *S. koetjape*, *S. macrophylla*, *S. mahogani* e *T. prieureana* por apresentarem essa atividade nos dois tipos de extrato. Já *D. spectabile*, *M. burmanica*, *T. connaroides* e *T. roka* inibiram a alimentação apenas como extratos etanólicos, enquanto que os extratos hexânicos de *C. tabularis* e *D. binectariferum* provocaram a mesma resposta (índice de alimentação igual ou menor que 0,25), em lagartas de 7 a 11 dias de idade. Ainda de acordo com esses autores, em ambos os extratos, *A. odoratissima*, *M. azedarach*, *T. sinensis* e *T. triphyllaria* provocaram pouca ou nenhuma inibição na alimentação.

Em outro trabalho, MIKOLAJCZAK et al. (1989) reportaram que os extratos hexânicos, incorporados à dieta artificial à concentração de 10.000 ppm, das sementes de *D. malabaricum*, *D. spectabile*, *S. koetjape* e *S. mahogani* provocaram menor peso nas lagartas de *S. frugiperda* que se alimentaram nesta dieta nos primeiros 13 dias, com 39, 18, 13 e 41% do peso obtido na testemunha, respectivamente, enquanto que, à concentração de 2.000 ppm, *C. tabularis* e *L. domesticum* ocasionaram 70 e 44% do peso na testemunha, respectivamente. Já à concentração de 16 ppm, em *A. cordata* foi obtido 5% do peso registrado na testemunha. Expressaram além disso que, no que concerne aos extratos etanólicos, aqueles obtidos das sementes de *D. malabaricum* e *D. spectabile* à 2.000 ppm, provocaram 5% do peso obtido na testemunha, em ambas as espécies, nas lagartas de *S. frugiperda* de 13 dias, enquanto que, à 400 ppm, *C. tabularis*, *L. domesticum*, *M. azedarach*, *S. koetjape* e *S. mahogani* ocasionaram 5, 35, 2, 8 e 8% do peso obtido na testemunha, respectivamente. Por outro lado, à 80 ppm, *T. roka* reduziu o peso das lagartas para 25% do peso na testemunha. Já *A. cordata* diminuiu o peso larval para 10% daquele obtido na testemunha à concentração de 16 ppm na

dieta. Consideraram importante destacar que os extratos hexânicos das sementes de *M. azedarach* e *T. roka* não diminuíram o peso da lagarta (de 13 dias) de *S. frugiperda* em 50% ou menos que a testemunha, nas concentrações de 16 até 10.000 ppm na dieta artificial. Concluíram que houve correlação negativa entre o peso e a duração larval: indivíduos com menor peso, aos 13 dias, demoraram mais tempo para atingir a fase de pupa.

A concentração necessária de sendanina para proteger 95% (CP₉₅) do disco foliar de algodão, do dano por 48 horas de lagartas de *S. frugiperda* de terceiro ínstar foi de 6,2 µg/disco de 1 cm² (KUBO & KLOCKE, 1982).

2.3.1.3. Inibição do crescimento.

Com a incorporação das substâncias extraídas com clorofórmio de 0,3; 3 e 10 g de folhas de *M. azedarach* em 1 kg de dieta artificial, ocorreu o alongamento em 0,8; 6,3 e 15,7 dias da fase larval de *S. frugiperda*, em relação à testemunha, segundo McMILLIAN et al. (1969), os quais salientaram que a inibição do crescimento larval é perceptível quando se utiliza o extrato clorofórmico de 1 g de folhas desta meliácea por kg de dieta artificial.

Na avaliação das sementes de 10 meliáceas, os extratos hexânicos de *D. spectabile*, *S. koetjape* e *S. mahogani* prolongaram o desenvolvimento larval de *S. frugiperda* em 7,2; 6,2 e 3,6 dias, respectivamente, à concentração de 10.000 ppm em dieta artificial, enquanto à concentração de 2.000 ppm os extratos hexânicos de *C. tabularis*, *D. malabaricum* e *L. domesticum* prolongaram em 1,0; 1,7 e 4,1 dias, respectivamente, a fase larval de *S. frugiperda*, de acordo com MIKOLAJCZAK et al. (1989), os quais assinalaram também que os extratos etanólicos das sementes de *C. tabularis*, *D.*

malabaricum, *D. spectabile* e *L. domesticum* prolongaram o desenvolvimento larval de *S. frugiperda* em 11,3; 2,6; 5,7 e 3 dias, respectivamente, à concentração de 400 ppm em dieta artificial, enquanto à concentração de 80 ppm os extratos etanólicos de *M. azedarach*, *S. mahoganí* e *T. roka* prolongaram em 1,7; 1,3 e 4,6 dias, respectivamente, a fase larval de *S. frugiperda*. Em contraste, os extratos etanólicos de *A. cordata* e *S. koetjape* prolongaram o desenvolvimento larval desse inseto em 5 e 4 dias, respectivamente, à concentração de 16 ppm em dieta artificial. Acrescentaram ainda que os extratos hexânicos das sementes de *M. azedarach* e *T. roka* não prolongaram significativamente a fase larval de *S. frugiperda* nas concentrações avaliadas de 16 até 10.000 ppm em dieta artificial.

A incorporação de vários limonóides de meliáceas em dietas artificiais para a determinação da inibição do crescimento em lagartas de *S. frugiperda*, criadas do primeiro ao quarto ínstar, indicou que a cedrelona e a sendanina provocaram CE_{50} de 2 e 11 ppm, respectivamente (KUBO & KLOCKE, 1982; KLOCKE, 1987).

A CE_{50} da volkensina, isolada dos frutos de *Melia volkensii*, em lagartas de terceiro ínstar de *S. frugiperda* em discos de milho foi de 3 a 5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (RAJAB & BENTLEY, 1988).

2.3.2. Efeito sobre outras pragas.

A maior atividade inseticida das meliáceas tem sido obtida das avaliações realizadas em insetos mastigadores e, entre estes, os lepidópteros.

Segundo BREUER & DEVKOTA (1990), os efeitos, provocados pelas meliáceas, mais comumente observados são mortalidade, redução de peso, inibição do crescimento e inibição da

alimentação.

Na avaliação da atividade inseticida de 19 espécies de *Aglaia*, SATASOOK et al. (1994) encontraram que os extratos foliares de *A. eusidoxylon*, *A. iloilo*, *A. latifolia*, *A. maiae*, *A. odorata* e *A. oligophylla* reduziram o crescimento larval de *Peridroma saucia* Hübner em mais de 90% em relação à testemunha, à concentração de 2.000 ppm, sendo *A. odorata* e *A. oligophylla* aquelas com maior atividade. Com relação a isso, ISMAN et al. (1992) assinalaram que os compostos com atividade inseticida isolados de algumas espécies de *Aglaia* pertencem aos grupos dos fenóis e terpenos.

Aphanamixis polystachya (folhas) inibe o crescimento de *Sitotroga cerealella* (Olivier), segundo GRAINGE & AHMED (1988), os quais assinalaram que *Carapa guianensis* (frutos), *Xylocarpus molluscens* e *Xylocarpus granatum* (córtex) são inibidores da alimentação em várias espécies de insetos. Acrescentaram ainda que *Guarea rusbyi* (córtex) e *Ptaeroxylon utile* são repelentes a *Popillia japonica* Newman e a lepidópteros em geral, respectivamente.

Algumas espécies de *Cedrela* possuem fenóis e terpenos com atividade inseticida (ISMÁN et al., 1992), fato que fundamenta a toxicidade de *Cedrela ciliata* em *Epilachna varivestis* Muls. e *Hypsipyla grandella* (Zeller) (GRAINGE & AHMED, 1988).

A avaliação dos extratos aquosos, acetônicos, alcoólicos, etéreos e clorofórmicos de *Cedrela dugesii*, *Guarea glabra*, *M. azedarach*, *S. humilis* e *Trichilia hirta* em larvas de quarto ínstar de *Culex quinquefasciatus* Say, realizada por SÁNCHEZ & VAZQUEZ (1994), indicou que o extrato alcoólico das sementes de *T. hirta* apresentou forte efeito inseticida.

Os extratos das folhas de *M. azedarach* são utilizados há mais de meio século para a proteção de culturas em geral do

dano de ortópteros, segundo Volkonsky⁷, citado por BUTTERWORTH & MORGAN (1971) e SCHOONHOVEN (1982).

A utilização de 3 g da semente de *M. azedarach* por kg de dieta artificial provocou 65% de mortalidade larval em *H. armigera*, ocasionando nos indivíduos sobreviventes 5 e 4 dias de prolongamento nas fases larval e pupal, respectivamente, observando-se também 111 mg de redução no peso de pupa em relação à testemunha, e 30% de emergência de adultos no tratamento em comparação com 85% de emergência de adultos da testemunha, segundo ANWAR et al. (1992). Em relação às anormalidades, esclareceram que a semente de *M. azedarach* deformou as pupas provocando a emergência de adultos com asas vestigiais e abdome pequeno.

As substâncias obtidas do extrato clorofórmico de 1, 3 e 10 g de folha de *M. azedarach*, adicionadas em dieta artificial, ocasionaram 5, 50 e 100% de mortalidade em *H. zea*, respectivamente, provocando, nas mesmas concentrações, redução de 64,7; 16,0 e 2,6% no peso em relação à testemunha, em lagartas criadas nestas condições por 12 dias (McMILLIAN et al., 1969).

A aplicação tópica dos extratos aquoso, clorofórmico e diclorometânico dos frutos de *M. azedarach*, à 10% sobre adultos de *C. capitata* provocou 15,0; 5,0 e 0,0% de mortalidade, respectivamente (SILVA, 1990).

A toosendanina, isolada do córtex de *M. azedarach* e *M. toosendan*, possui forte inibição da alimentação e, além de provocar alta toxicidade em insetos, inibe seu crescimento, segundo SHIN-FOON (1989) e ZHANG et al. (1992), os quais indicam que o dano ocasionado por esse fitoquímico se concentra no intestino médio, onde inibe a ação das oxidases

⁷VOLKONSKY, M. Insect-repellent action of extracts of the leaves of *Melia azedarach*. Archives de l'Institut Pasteur d'Algerie, Alger, 15: 427-32, 1937.

de função mista, provocando, conseqüentemente, a morte da lagarta ou a formação de pupas ou adultos anormais pela falta de nutrientes ou por interferir nos processos fisiológicos.

A sendanina, isolada dos frutos (KUBO & KLOCKE, 1982), a nimbolida (KRAUS et al., 1991) e a toosendanina, isolada do córtex (ZHANG et al., 1992) são os princípios ativos inseticidas de *M. azedarach*, reportados contra 54 espécies de insetos (GRAINGE & AHMED, 1988), entre estas algumas de importância florestal (BREUER & DEVKOTA, 1990).

A nimbolinina é assinalada por KRAUS et al. (1991) como substância inseticida de *M. dubia*.

A sendanina (KRAUS et al., 1991) e a toosendanina (ZHANG et al., 1992) são os princípios ativos de *M. toosendan*, que têm sido reportados possuírem efeito inseticida contra 12 espécies de insetos (SHIN-FOON, 1984; GRAINGE & AHMED, 1988).

Os extratos acetônicos das sementes de *M. volkensii* inibem o crescimento em *S. gregaria* (MWANGI, 1982) e *Aedes aegypti* L. (MWANGI & REMBOLD, 1988) e são tóxicos a *Culex pipiens* L. (AL-SHAROOK et al., 1991).

Na avaliação das diversas estruturas vegetais, XIE et al. (1994) reportaram que os extratos do córtex tiveram maior atividade inseticida que os extratos da madeira, semente, exocarpo e folha de 9 espécies de *Trichilia*, acrescentando, além disso, que os extratos de *T. connaroides* inibiram o crescimento, assim como o consumo e a utilização de alimento nas lagartas de *P. saucia* e *Spodoptera litura* (Fabricius).

O pó do fruto de *T. havanensis* provocou 30,3% de mortalidade em adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (RODRÍGUEZ & LAGUNES, 1990), em laboratório, enquanto que, em campo, os extratos aquosos de *T. havanensis* e *T. americana* protegeram a cultura de feijão do dano de *E. varivestis* permitindo produzir 1.199 e 1.468 kg/ha, respectivamente, em comparação com 2.606 kg/ha do inseticida e de 1.182 kg/ha da

testemunha sem tratamento (ROMO & RODRÍGUEZ, 1988).

A hirtina, obtida de *Trichilia hirta*, inibiu significativamente o crescimento larval de *P. saucia* registrando-se CE₅₀ de 13 ppm, na dieta (XIE et al., 1994).

A raiz e o córtex de *T. roka* apresentam atividade inseticida (GRAINGE & AHMED, 1988), encontrando-se nesta espécie a sendanina e a 7-acetiltriquilina A, as quais inibem a alimentação e o crescimento em diversas espécies de insetos (NAKATANI et al., 1981 e 1985; KLOCKE, 1987). Assim, nesta pesquisa, NAKATANI et al. (1981) observaram que a desacetilação ou acetonação do grupo 7-OH de alguns limonóides das meliáceas provocam a inativação da toxicidade.

C. procera (sementes), *Dysoxylum procerum* e *Walsura piscidia* foram documentadas por GRAINGE & AHMED (1988) como tendo atividade inseticida geral, enquanto que *Trichilia cuneata* (folhas e frutos) têm sido reportada com atividade acaricida.

Em relação a insetos de importância doméstica, JACOBSON (1958) e LAGUNES et al. (1984) assinalaram a toxicidade dos extratos aquosos do córtex de *Guarea trichilioides*, *T. havanensis* e *Walsura piscidia*, das folhas de *Cedrela odorata*, *T. hirta*, e das sementes de *Swietenia macrophylla* e *Swietenia mahagoni* em *Periplaneta americana* L.

Contra *Pediculus humanus* L. e mosquitos, GRAINGE & AHMED (1988) reportaram a atividade inseticida do óleo das sementes de *Khaya nyasica* e os frutos de *L. domesticum*, respectivamente.

São consideradas resistentes ao ataque de insetos as madeiras de *C. odorata*, *C. tabularis*, *Chloroxylon swietenia*, *Entandrophragma cylindricum*, *Guarea cedrata*, *G. gabra*, *Guarea thompsoni*, *Guarea trichilioides*, *Khaya anthotheca*, *Lovoa klaineana*, *T. hirta* e *Trichilia pallida* (JACOBSON, 1958 e 1975), assim como as obtidas de *Cabralea canjerana* e *S.*

macrophylla (LORENZI, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os extratos aquosos vegetais de 15 meliáceas foram avaliados em relação a *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lep., Noctuidae), à temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h, no laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP).

3.1. Criação estoque de *S. frugiperda*.

A criação estoque do inseto para a utilização nos diversos ensaios, iniciou-se a partir de lagartas de quarto e quinto ínstar coletadas no campo e que foram transferidas para tubos contendo a dieta artificial de BURTON & PERKINS (1972). Periodicamente eram introduzidos indivíduos selvagens para manter o vigor da população do inseto. As pupas obtidas foram colocadas em gaiolas de emergência (tubos de PVC de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura), mantendo-se cerca de 8 casais por recipiente. Os adultos foram mantidos nessas gaiolas (forrada internamente com papel para postura) e alimentadas com solução de mel à 10%. Os ovos obtidos foram mantidos em placas de Petri (fundo com fundo), sobre papel-filtro umedecido. As lagartas recém-eclodidas foram mantidas em tubos contendo dieta artificial até a obtenção de pupas e, assim, sucessivamente, de modo a atender a demanda de insetos para os diversos ensaios realizados.

3.2. Material vegetal.

3.2.1. Coleta.

Inicialmente foram obtidas informações sobre as meliáceas existentes no herbário do Departamento de Botânica da ESALQ/USP. Posteriormente, foram feitas as coletas de caules e folhas (principalmente), e frutos ou sementes (quando disponíveis) de diversas meliáceas, incluindo *Melia azedarach* e *Azadirachta indica*, previamente reportadas como tendo efeito inseticida. Finalmente foi feita a confirmação taxonômica das espécies coletadas, por RODRIGUES & BARRETTO⁸. Mediante este procedimento, foram obtidas estruturas (órgãos) vegetais referentes a 15 espécies de meliáceas (Tabela 1).

3.2.2. Preparo dos extratos.

A secagem do material vegetal foi feita em estufa (regulada à 40°C). Posteriormente, o material foi triturado até obtenção de pó através de um moinho de facas. Este material foi armazenado em recipiente hermeticamente fechado até a preparação dos extratos.

O extrato foi obtido misturando-se o pó de cada material vegetal (5 g) à água destilada (100 ml), no interior de um frasco, o que resultou numa concentração (peso/volume) de 5%. A determinação desta concentração foi baseada em testes preliminares.

Após a mistura, os extratos foram mantidos nos respectivos frascos por 24 horas, com a finalidade de permitir melhor extração de compostos hidrossolúveis. Após

⁸RODRIGUES, R.R. & BARRETTO, K.D. (Departamento de Botânica, ESALQ/USP). Comunicação pessoal, 1994.

esse período, separou-se a parte sólida da líquida, através de filtração utilizando um tecido fino. A parte líquida (extrato aquoso à 5%) foi utilizada para o preparo dos diferentes tratamentos.

Tabela 1. Locais e datas de coleta das espécies de meliáceas avaliadas como extratos aquosos em biotestes com *Spodoptera frugiperda*.

Espécie coletada	Localidade de coleta	Data da coleta
<i>Azadirachta indica</i>	- República Dominicana	23/07/93
<i>Cabralea canjerana</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	30/07/92
	- Fazenda do Pinhal, Piracicaba, SP	15/04/93
<i>Cedrela fissilis</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	30/07/92
	- Parque da ESALQ, Piracicaba, SP	18/03/93
<i>Cedrela odorata</i>	- Parque da ESALQ, Piracicaba, SP	01/09/94
<i>Guarea guidonia</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	30/07/92
	- Rod. Washington Luiz, Corumbataí, SP	28/10/93
<i>Guarea kunthiana</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	30/07/92
	- Fazenda do Pinhal, Piracicaba, SP	23/04/92
<i>Guarea macrophylla</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	30/07/92
	- Mata da Glória, Charqueada, SP	30/04/93
<i>Melia azedarach</i>	- Parque da ESALQ, Piracicaba, SP	22/03/93-
	- Monte Alegre, Piracicaba, SP	15/04/94
	- Sta. Terezinha, Piracicaba, SP	27/05/94
<i>Toona ciliata</i>	- IPEF/ESALQ, Piracicaba, SP	05/06/94
<i>Trichilia casaretti</i>	- Mata da Estrada de Piracicaba-Limeira, SP	30/05/94
<i>Trichilia catigua</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	20/04/93
	- Mata da Glória, Charqueada, SP	30/07/92
<i>Trichilia clausenii</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	04/05/93
	- Fazenda do Pinhal, Piracicaba, SP	30/07/92
<i>Trichilia elegans</i>	- Fazenda Areão, Piracicaba, SP	23/04/93
<i>Trichilia pallida</i>	- Bosque Municipal, Pedreira, SP	06/04/93
	- Fazenda do Pinhal, Piracicaba, SP	30/07/92
<i>Swietenia macrophylla</i>	- Parque da ESALQ, Piracicaba, SP	28/04/93
		04/02/93

A utilização apenas de extratos aquosos (e não com outros solventes) teve o objetivo de testar uma técnica que possa estar facilmente à disposição dos agricultores.

3.3. Bioensaios.

Os bioensaios visando avaliar a atividade inseticida dos extratos vegetais foram realizados em duas etapas, a primeira utilizando-se dieta artificial e a segunda utilizando-se discos de folhas de milho.

3.3.1. Desenvolvimento de *S. frugiperda* em dietas artificiais contendo extratos.

3.3.1.1. Aspectos biológicos em 15 espécies de meliáceas.

Nestes testes, foi utilizada a dieta artificial de BURTON & PERKINS (1972) (Tabela 2), à qual foi preparada conforme as técnicas descritas por PARRA (1979) e na qual foram incorporados os extratos aquosos à 5%. Foram utilizados, separadamente, extratos de caules e folhas das 15 espécies vegetais (Tabela 1), com exceção de *A. indica* em que se utilizaram apenas sementes, e de *C. fissilis*, *C. odorata*, *G. guidonia* e *M. azedarach*, em que, além de caules e folhas, também foram utilizadas sementes das duas primeiras espécies e frutos das duas últimas espécies. Cada órgão vegetal de cada espécie foi considerado um tratamento. Os extratos aquosos foram misturados aos ingredientes da dieta durante a preparação desta. Com base em testes preliminares, os extratos foram utilizados na proporção de 20%, ou seja, 230,2 ml de extrato à 5% para 1149,5 g de dieta. A quantidade de extrato utilizada foi descontada do total de água,

normalmente empregada na dieta. Além das dietas correspondentes a cada tratamento foi também preparada uma dieta testemunha, sem qualquer extrato. Após a preparação, as dietas foram vertidas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm), tampados com algodão hidrófugo e previamente esterilizados em estufa à 100°C por 1 hora. Após a colocação da dieta, os tubos foram mantidos por 24 horas em grades de arame para eliminação do excesso de umidade (gotículas) das paredes dos mesmos. Após esse período, foi feita uma nova esterilização, por 1 hora, em câmara com lâmpada germicida, procedendo-se então a colocação das lagartas de primeiro ínstar de *S. frugiperda* nos tubos de criação. Foram preparados 100 tubos de cada tratamento, utilizando-se 1 lagarta por tubo.

Tabela 2. Dieta artificial (BURTON & PERKINS, 1972) utilizada na avaliação da atividade inseticida dos extratos aquosos de meliáceas.

Ingredientes	Quantidade
Levedura de cerveja	37,9 g
Germe de trigo	59,4 g
Feijão 'Carioca'	123,8 g
Ácido sórbico	1,2 g
Ácido ascórbico	3,8 g
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin)	2,4 g
Formaldeído 10%	9,4 ml
Ágar	15,4 g
Água destilada	896,2 ml
Extrato vegetal à 5% ¹	230,2 ml

¹ Preparado de acordo com o descrito no item 3.2.2

As pupas obtidas foram pesadas, 1 dia após a pupação, e transferidas para copos plásticos de 50 ml de capacidade, onde permaneceram até a emergência dos adultos.

Para cada tratamento foram avaliados a duração e viabilidade das fases larval e pupal e o peso das pupas.

3.3.1.2. Índice de crescimento em 2 espécies de meliáceas.

A metodologia para a determinação deste índice foi a mesma utilizada no item anterior, no que se refere à elaboração da dieta, incorporação do extrato e colocação das lagartas nos tubos de criação. Foram utilizadas 60 lagartas (repetições) por tratamento.

Nessa etapa foram utilizados os extratos aquosos de folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida*, os quais foram preparados em diferentes concentrações (1, 5 e 10%), com o objetivo de determinar o limiar da atividade inseticida. Para estes tratamentos, além dos parâmetros referidos anteriormente, determinou-se também a inibição do crescimento larval. Para isso, quantificou-se a viabilidade em cada ínstar larval e nas fases de pré-pupa e pupa, no momento em que 97% das lagartas sobreviventes, na testemunha, haviam atingido a fase pupal. Para a determinação do ínstar larval, foi medida a largura da cápsula cefálica de cada lagarta, a qual foi comparada com os dados de FERRAZ (1982) obtidos para cada um dos 6 instares larvais de *S. frugiperda* (Tabela 3).

Tabela 3. Largura da cápsula cefálica de cada ínstar larval de *Spodoptera frugiperda*, criada em dieta artificial. Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; fotofase: 14 h (FERRAZ, 1982).

Ínstar	Intervalo de variação (mm)
1 ^o	0,32 - 0,35
2 ^o	0,50 - 0,53
3 ^o	0,71 - 0,81
4 ^o	1,07 - 1,27
5 ^o	1,57 - 1,94
6 ^o	2,42 - 2,99

Posteriormente, com estes dados, calculou-se o Índice de Crescimento (IC), adaptado de ZHANG et al. (1993):

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^8 (\eta_{(i)} \times i) + \sum_{i=1}^8 [\eta'_{(i)} \times (i-1)]}{N \times I}$$

Onde:

$\eta_{(i)}$ = Número de insetos vivos no estágio de desenvolvimento i ;

$\eta'_{(i)}$ = Número de insetos mortos no estágio de desenvolvimento i ;

N = Número de insetos testados (60, neste caso);

i = Idade do inseto: 1-6 (primeiro ao sexto instares), 7 (pré-pupa), 8 (pupa);

I = Número total de estágios de desenvolvimento (8, neste caso).

O IC varia de 0 a 1, indicando, os valores extremos, crescimento nulo (mortalidade total) e crescimento similar à testemunha, respectivamente.

3.3.1.3. Índices nutricionais em 4 espécies de meliáceas.

Os extratos aquosos de caules de *Cedrela fissilis* e *Trichilia clausenii*, de folhas de *Swietenia macrophylla* e de frutos de *Melia azedarach* foram incorporados na dieta da mesma forma como foi descrito no item 3.3.1.1.

Em cada tratamento utilizaram-se 60 lagartas de primeiro

instar (tomando-se cada uma como repetição), individualizadas em tubos de vidro (8,5 X 2,5 cm), dos quais registrou-se o peso antes e após a colocação da dieta. Ao atingir o máximo desenvolvimento, as lagartas foram retiradas dos tubos, pesadas e posteriormente mortas por congelamento. As fezes foram separadas da dieta restante. Em seguida, as lagartas, fezes e sobra de dieta foram colocadas na estufa à temperatura de 55-60°C, para a completa desidratação, sendo aí mantidas até atingir o peso constante, visando a obtenção dos seus respectivos pesos secos.

Paralelamente se separou uma alíquota composta por 20 tubos, com dieta e sem lagartas, para cada tratamento. Esta amostra (utilizada para a correção da umidade perdida no tratamento) foi pesada e desidratada do mesmo modo que foi feito nos tratamentos. Assim, com os pesos fresco e seco da dieta correspondente à alíquota, calculou-se o fator de correção, que permitiu estimar o peso seco inicial da dieta usada no tratamento.

Por ser ínfimo, o peso inicial da lagarta de primeiro instar foi desprezado, pelo que se registrou somente o peso do inseto no final do período de alimentação, para a determinação do ganho de peso.

Desta maneira, obtiveram-se os dados de duração do período de alimentação (T), peso do alimento fornecido ao inseto (Af), peso da sobra de alimento fornecido ao inseto (Ar), peso das fezes (F), ganho de peso pelas lagartas (B), peso médio das lagartas (C), peso do alimento ingerido (I), alimento assimilado (I-F), assim como o alimento metabolizado ($M = (I - F) - B$). Os parâmetros Ar, F, B, C, I e (I-F) só foram considerados durante o período de alimentação (T), sendo a duração expressa em dias e o peso em gramas. Com base nesses dados, foram calculados, de acordo com SCRIBER & SLANSKY Jr. (1981): a taxa de consumo relativo (RCR), a taxa metabólica

relativa (RMR) e a taxa de crescimento relativo (RGR), assim como a eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD), a digestibilidade aproximada (AD) e o custo metabólico (MC), mediante as seguintes equações: $RCR = I / (C \times T)$, $RMR = M / (C \times T)$, $RGR = B / (C \times T)$, $ECI = (B / I) (100)$, $ECD = (B / I - F) (100)$, $AD = (I - F / I) (100)$ e $MC = 100 - ECD$.

3.3.2. Inibição alimentar e atratividade de *S. frugiperda* em folhas de milho contendo extratos.

Inicialmente foram obtidos discos (2 cm^2) de folhas de uma cultivar suscetível de milho ('AG 303'). Estes discos foram submersos por 10 segundos nos extratos aquosos à 5%. A testemunha foi constituída de discos foliares submersos em água.

Os discos foram secos ao ar e posteriormente oferecidos às lagartas num teste de preferência de dupla escolha e dispostos em quatro pontos equidistantes entre si e próximos da margem da placa de Petri de 15 cm de diâmetro, constituindo-se cada conjunto destes uma arena. Assim, em cada arena, foram mantidos, em pontos opostos, dois discos com extrato de uma das espécies vegetais e dois discos sem extrato (testemunha).

A inibição alimentar das 15 meliáceas foi avaliada em relação a lagartas de quarto ínstar, enquanto que a atratividade, das quatro plantas que inibiram a alimentação, foi avaliada em lagartas de primeiro ínstar. As lagartas foram colocadas no centro de cada arena.

3.3.2.1. Inibição alimentar em lagartas de quarto ínstar.

Neste teste, a placa de Petri foi virada sobre a mesa, onde foi colocado papel-filtro umedecido. Os discos de folhas de milho utilizados neste bioensaio foram obtidos de plantas de 60 a 80 dias de idade. Utilizou-se apenas 1 lagarta por arena, avaliando-se, após 24 horas, a quantidade de alimento consumido em cada tratamento. A avaliação foi realizada quantificando-se em porcentagem a área consumida, considerando-se o disco total como 100% de área foliar. Com base nestas medidas, foi estimado o consumo médio, em cm^2 , em 40 discos (20 repetições), para cada extrato vegetal.

Com os dados obtidos, foi calculado, para cada tratamento, o índice de inibição alimentar Q (NIELSEN, 1978), que estabelece a relação entre o consumo total (discos tratados e não tratados). Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto menor o seu valor, maior é o efeito inibidor do extrato.

3.3.2.2. Atratividade de lagartas de primeiro ínstar.

Para os tratamentos, em que o índice alimentar (Q) foi menor que 0,40 (item 3.3.2.1.), foi determinada a atratividade de lagartas de primeiro ínstar. Foram utilizadas arenas (fundo com fundo ou tampa com tampa de placas de Petri), contendo gesso umedecido na parte inferior. O conjunto foi vedado com fita crepe para impedir a fuga das lagartas. Os discos de folha de milho utilizados neste bioensaio foram obtidos de plantas de 30 a 45 dias de idade. Foram liberadas 50 lagartas por arena, anotando-se, após 24 horas, a porcentagem de lagartas presentes em cada disco.

Para cada espécie vegetal testada, foram utilizadas 10 repetições.

3.4. Análise estatística

Em todos os bioensaios, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Nos bioensaios referentes ao item 3.3.1. (Desenvolvimento de *S. frugiperda* em dietas artificiais contendo extratos) utilizaram-se médias de agrupamentos de dados no total de 20 repetições/tratamento, não tendo sido incluídos, na análise estatística, os tratamentos com viabilidade inferior a 10%. No bioensaio II, os dados de viabilidade larval e pupal foram transformados para arco seno da raiz de $(X/100)$. A comparação entre médias dos tratamentos foi feita através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Com relação ao bioensaio de Inibição alimentar em lagartas de quarto ínstar (item 3.3.2.1.), os dados não foram analisados estatisticamente, sendo apenas calculado o índice de inibição alimentar Q . A análise dos dados de Atratividade de lagartas de primeiro ínstar (item 3.3.2.2.), foi feita através do teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em dietas artificiais contendo extratos.

4.1.1. Aspectos biológicos em 15 espécies de meliáceas.

A sequência na apresentação dos resultados referentes à avaliação da toxicidade dos extratos aquosos de meliáceas, em relação à lagarta-do-cartucho-do-milho *S. frugiperda*, relaciona-se com a ordem de obtenção dos materiais vegetais. Cada grupo de 3 a 6 tratamentos juntamente com a respectiva testemunha (dieta artificial sem incorporação de extratos) foi considerado um bioensaio.

Nos bioensaios I e II, em que foram avaliadas folhas e caules de 3 espécies de *Guarea* (*G. guidonia*, *G. kunthiana* e *G. macrophylla*), verifica-se que somente o extrato aquoso a 5% de folhas de *G. macrophylla* apresentou um pequeno efeito tóxico (inibição do crescimento), já que os insetos criados neste tratamento apresentaram um alongamento da fase pupal (0,6 dia), em relação à testemunha e a *G. kunthiana*. Para os demais parâmetros, envolvendo *G. macrophylla* e as outras duas espécies, os resultados obtidos foram similares aos registrados nas respectivas testemunhas (Tabelas 4 e 5).

No bioensaio III que incluiu folhas de *Cabralea canjerana*, *Trichilia catigua* e *Trichilia clausenii*, apenas a

primeira espécie provocou algum efeito na biologia de *S. frugiperda*, já que no referido tratamento o peso das pupas foi 26 mg menor, correspondendo a 88,5% do peso obtido na testemunha (Tabela 6).

Na Tabela 7 (bioensaio IV), onde foram agrupados os tratamentos à base de extratos de caules de *Trichilia pallida*, *Trichilia elegans* e *Swietenia macrophylla*, constatou-se um dos casos mais drásticos de efeito inseticida, já que no tratamento em que se utilizou *T. pallida*, a viabilidade larval foi nula. Nas demais espécies vegetais, o inseto apresentou desenvolvimento semelhante ao registrado na testemunha.

Um outro caso de elevada toxicidade foi registrado no bioensaio V, onde foram comparados extratos à base de sementes de *Azadirachta indica* e folhas de *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata* e *S. macrophylla*. Neste ensaio, todas as lagartas criadas na dieta contendo extrato de sementes de *A. indica* morreram no início do seu desenvolvimento. No tratamento em que se utilizaram folhas de *S. macrophylla*, houve, em relação à testemunha, alongamento das fases larval (4,6 dias) e pupal (0,6 dia), e redução do peso de pupas (21,3 mg). Já, em *C. fissilis* e *C. odorata*, o desenvolvimento de *S. frugiperda* foi semelhante ao constatado na testemunha (Tabela 8). Comparando-se, por outro lado, os tratamentos à base de folhas e de caules de *S. macrophylla* (Tabelas 7 e 8), verifica-se que apenas as folhas foram tóxicas, já que apenas neste tratamento é que o desenvolvimento do inseto foi afetado. A esta concentração observou-se inibição da alimentação por reduzir o peso pupal, assim como inibição do crescimento por prolongar a duração das fases imaturas.

No bioensaio VI (Tabela 9), foram registrados mais 4 tratamentos em que os extratos apresentaram elevada toxicidade: caules de *C. canjerana* e caules e folhas de *Melia*

azedarach em que a viabilidade larval foi nula e sementes de *C. fissilis* em que a viabilidade larval foi de apenas 1%. Neste último tratamento, a fase larval foi bastante prolongada e o peso pupal muito reduzido. Já no tratamento em que se utilizou extrato de caules de *C. fissilis*, embora a viabilidade larval tenha sido de 68,0% ela diferiu da registrada na testemunha, assim como, houve diferença também em relação à duração das fases larval e pupal, as quais foram maiores no tratamento contendo extrato (3,7 e 1,1 dias, respectivamente).

Na comparação da atividade inseticida de caules (Tabela 9) e folhas (Tabela 6) de *C. canjerana*, as primeiras estruturas vegetais foram mais tóxicas por provocar alta mortalidade, enquanto que nas outras houve menor peso de pupa. Em relação a *C. fissilis* (Tabela 9), as sementes foram mais tóxicas que os caules, enquanto que as folhas foram praticamente inócuas a *S. frugiperda* (Tabela 8).

Na Tabela 10, onde constam os dados referentes a 6 tratamentos (bioensaio VII), destaca-se aquele em que se utilizaram folhas de *T. pallida*, no qual a viabilidade larval foi nula. Dentre os demais, verifica-se que os extratos aquosos dos frutos de *G. guidonia*, das folhas de *Trichilia casaretti* e dos caules de *T. catigua* apresentaram maior atividade inseticida que os caules de *T. casaretti* e as folhas de *T. elegans*. Assim, constata-se que os frutos de *G. guidonia* prolongaram a fase larval em 2 dias e diminuíram o peso pupal em 18,6 mg em relação à testemunha. As folhas de *T. casaretti* e os caules de *T. catigua* ocasionaram pupas menores (25,2 e 19,5 mg, respectivamente) em relação à testemunha.

Comparando-se as diferentes estruturas vegetais de *G. guidonia*, folhas (Tabela 4), caules (Tabela 5) e frutos (Tabela 10), constata-se que apenas esta última estrutura

mostrou atividade inseticida o que foi manifestada em relação a maior duração da fase larval (inibição do crescimento) e menor peso de pupa (inibição da alimentação). Os caules de *T. casaretti* não mostraram propriedades inseticidas, ao contrário das folhas que provocaram menor peso de pupa (Tabela 10). No que se refere a *T. catigua*, a comparação da atividade tóxica dos caules (Tabela 10) e das folhas (Tabela 6) evidencia que apenas os caules apresentaram alguma atividade, reduzindo o peso pupal; dados que concordam com os obtidos por XIE et al. (1994). Em relação a *T. elegans*, não foi constatado efeito inseticida nem nos caules (Tabela 8) e nem nas folhas (Tabela 10). Em *T. pallida*, por outro lado, os princípios ativos inseticidas encontram-se tanto nos caules (Tabela 8) como nas folhas (Tabela 10), já que nos dois casos a viabilidade larval foi nula.

No bioensaio VIII (Tabela 11), onde foram avaliados os extratos obtidos de frutos de *M. azedarach*, folhas de *Toona ciliata* e caules de *T. clausenii*, a maior atividade inseticida foi obtida com *M. azedarach*, onde ocorreram reduzidas viabilidades larval (16,0%) e pupal (42,3%), comparada à testemunha (99,0 e 100,0%, respectivamente) e alongamento da fase larval (10,0 dias) e redução do peso de pupas (121,3 mg) em relação à testemunha. O prolongamento do período de desenvolvimento e a diminuição no peso de pupas nos indivíduos sobreviventes neste tratamento, indicam que, além de inibir o crescimento larval existiu também inibição na alimentação, o que, segundo TANZUBIL & McCAFFERY (1990), ocorre quando os insetos são sujeitos a altas doses (1 µg de azadiractina/larva) de tóxico. Deve-se destacar que, ao final da fase larval, ocorreu a formação de indivíduos intermediários entre pré-pupa e pupa, reduzindo a porcentagem de adultos emergidos, no extrato aquoso à 5% dos frutos de *M. azedarach*. Segundo TANZUBIL & McCAFFERY (1990), isto se deve

às substâncias tóxicas presentes no extrato interferirem com a atividade do hormônio juvenil. Já no tratamento em que se utilizou *T. ciliata*, a fase larval foi prolongada em 14,2 dias e o peso de pupa reduzido em 45,7 mg em relação à testemunha. Finalmente, no tratamento com *T. clausenii*, apenas a duração da fase larval foi afetada (aumento de 2,7 dias), sendo que os caules dessa planta (Tabela 11) mostraram maior efeito que as folhas (Tabela 6), o que se assemelha aos resultados obtidos por XIE et al. (1994). Em relação a *M. azedarach*, tinha-se destacado anteriormente a mortalidade total das lagartas tanto nos extratos à base de folhas como de caules (Tabela 9). Assim, verifica-se que os extratos à base de frutos, ainda que não tenham sido tão efetivos, também mostraram razoável efeito inseticida (Tabela 11). A atividade inseticida das folhas de *M. azedarach* já tinha sido reportada em 1937, segundo BUTTERWORTH & MORGAN (1971) e SCHOONHOVEN (1982). Por outro lado, McMILLIAN et al. (1969) salientaram que os extratos clorofórmicos de 1, 3 e 10 g de folhas dessa meliácea por kg de dieta artificial provocaram, respectivamente, inibição de crescimento, inibição da alimentação e mortalidade em lagartas de *S. frugiperda*.

No que se refere às sementes dessa meliácea, tem sido salientado que as substâncias tóxicas nelas presentes têm alta polaridade, já que, apesar de MIKOLAJCZAK & REED (1987) não terem encontrado inibição da alimentação nos extratos etanólicos e hexânicos, posteriormente foi reportado por MIKOLAJCZAK et al. (1989) que na comparação da atividade inseticida dos extratos etanólicos (alta polaridade) com os hexânicos (baixa polaridade) estes últimos não mostraram nenhum efeito subletal. Isto indica a hidrossolubilidade dos princípios ativos com propriedade inseticida nos frutos de *M. azedarach*.

As folhas (Tabela 6) de *T. clausenii* não mostraram

atividade inseticida, enquanto que os caules (Tabela 11) prolongaram a fase larval.

Na Tabela 12, onde se encontram os dados do bioensaio IX referente à avaliação de caules e sementes de *C. odorata* e de caules de *T. ciliata*, constatou-se a maior atividade inseticida no extrato de sementes de *C. odorata*, no qual a viabilidade larval foi de apenas 4,0%, as fases larval e pupal foram prolongadas e o peso de pupa reduzido. No extrato à base de caules dessa espécie, a viabilidade foi semelhante à registrada na testemunha, ocorrendo, porém alongamento das fases larval e pupal (1,1 e 0,5 dias respectivamente). O extrato à base de caules de *T. ciliata* não evidenciou qualquer efeito inseticida.

Na espécie *C. odorata*, a maior atividade inseticida foi detectada nas sementes; nos caules a toxicidade foi baixa e nas folhas nenhum efeito foi observado (Tabelas 8 e 12).

Em relação a *T. ciliata*, os dados obtidos com as folhas (Tabela 11) e com os caules (Tabela 12), mostram que as primeiras apresentaram efeito inseticida. As sementes dessa espécie não foram testadas nesta pesquisa.

. Considerações gerais.

Na comparação dos diversos parâmetros biológicos estudados considera-se de maior importância aqueles que afetam o desenvolvimento larval, pois quando se interrompe a biologia nesta fase obtém-se a diminuição da população do inseto na fase em que o dano às plantas está sendo causado. Desta maneira, a viabilidade é considerada de maior importância que a duração num mesmo estágio de desenvolvimento. Neste sentido, os melhores tratamentos na avaliação das 15 meliáceas foram as sementes de *A. indica* e *C. fissilis*, os caules de *C. canjerana*, e os caules e folhas de *M. azedarach* e *T. pallida*, nos quais obteve-se viabilidade

nula ou seja mortalidade total na fase larval, com exceção de um indivíduo sobrevivente no tratamento com sementes de *C. fissilis*. Em ordem subsequente de toxicidade agruparam-se as sementes de *C. odorata* e os frutos de *M. azedarach* que provocaram mortalidade larval de 96 e 84%, respectivamente. Em outra categoria situaram-se os caules de *C. fissilis* por ocasionar 32% de mortalidade.

Dentre os tratamentos que provocaram 100% de mortalidade larval, as sementes de *A. indica* e os caules de *C. canjerana* e *T. pallida* foram os mais tóxicos já que todas as lagartas morreram nos dois primeiros instares larvais, o que em condições de campo, reduziria o prejuízo causado pelo inseto. Nesta categoria poderia também ser incluído o tratamento à base de sementes de *C. fissilis* com 99% de mortalidade nos dois primeiros instares.

No que se refere à duração da fase larval, destacaram-se os frutos de *M. azedarach* e as folhas de *T. ciliata* que alongaram esta fase em 10,0 e 14,2 dias, respectivamente, em relação à testemunha. Outro grupo com menor toxicidade foi formado pelos caules de *C. fissilis*, *C. odorata* e *T. clausenii*, folhas de *S. macrophylla* e frutos de *G. guidonia* por prolongarem a fase larval de 1,1 a 4,6 dias a mais que a testemunha. As sementes de *C. fissilis* e *C. odorata* provocaram 99 e 96% de mortalidade larval respectivamente, e, assim sendo, a duração da fase larval obtida não foi representativa da população.

O prolongamento da fase larval, sem diminuir o peso de pupa, como ocorreu com os extratos aquosos dos caules de *C. fissilis* (Tabela 9), *C. odorata* (Tabela 12) e *T. clausenii* (Tabela 11), possivelmente tenha sido provocado pela utilização de doses baixas de substâncias tóxicas, já que segundo TANZUBIL & McCAFFERY (1990), com doses baixas, inibe-se o crescimento mas não se inibe a alimentação.

A maior duração da fase larval, em campo, deixará o inseto, por mais tempo, propenso ao ataque de parasitóides, predadores e entomopatógenos, provocando ainda maior competição pelo alimento. Os adultos que emergirão desses indivíduos terão assincronia com a população normal e, conseqüentemente, a cópula será dificultada ou quando existir tenderá à consangüinidade pelo acasalamento de indivíduos da mesma geração. Também será diminuído o número de gerações do inseto no ciclo agrícola, como foi assinalado por TANZUBIL & McCAFFERY (1990).

O prolongamento da fase larval relaciona-se geralmente com o crescimento mais lento e pouca ingestão de alimento, por existir neste um ou vários aleloquímicos tóxicos ou por ocorrer desbalanço nutricional. Em campo, o crescimento lento das lagartas levará a um menor consumo de alimento, ocasionando menor dano nas plantas.

O estágio pupal de *S. frugiperda* foi menos afetado pelos extratos aquosos das meliáceas em comparação com o estágio larval. Verificou-se também, de modo geral, que os efeitos subletais observados nas lagartas não provocaram mortalidade pupal.

Os extratos aquosos de caules de *C. fissilis* e de *C. odorata* e de folhas de *G. macrophylla* e de *S. macrophylla* contêm substâncias que prolongam o desenvolvimento pupal em 0,5 a 1,1 dias. Por outro lado, os frutos de *M. azedarach* têm compostos secundários hidrossolúveis que diminuem consideravelmente a viabilidade pupal de *S. frugiperda*.

A maior inibição na alimentação foi provocada com os frutos de *M. azedarach*, visto que diminuíram em 121,3 mg o peso de pupa, em relação a sua testemunha. Um grupo intermediário, em relação a este parâmetro, foi formado pelas folhas de *T. ciliata* com 45,7 mg menos de peso que na testemunha. A menor inibição na alimentação ocorreu com os

extratos aquosos de caules de *T. catigua*, de folhas de *C. canjerana*, *S. macrophylla* e *T. casaretti*, e de frutos de *G. guidonia*, onde o peso das pupas foi de 18,6 a 26 mg de peso menor que na testemunha. Assim, como pupas de menor peso darão origem a adultos pequenos, haverá problemas na cópula destes com indivíduos normais e as fêmeas provavelmente terão menor fecundidade.

Em relação às diversas atividades tóxicas, os frutos de *M. azedarach* provocam mortalidade, inibição da alimentação e inibição do crescimento nas lagartas de *S. frugiperda*, concordando com os resultados obtidos por VENDRAMIM & SCAMPINI (1995). Por outro lado, os caules de *C. fissilis* e *C. odorata* ocasionam mortalidade significativa e forte inibição no crescimento. Já as folhas de *S. macrophylla* e *T. ciliata*, assim como os frutos de *G. guidonia* inibem a alimentação e o crescimento deste noctuídeo.

As atividades tóxicas, relacionadas à mortalidade, inibição da alimentação e à inibição de crescimento, detectadas nos extratos aquosos das meliáceas, indicam que os princípios ativos inseticidas são vários e que estão em diferentes estruturas vegetais onde a concentração é diversa e variável no tempo, e que atuam em diferentes formas e partes do corpo do inseto.

Das espécies vegetais com atividade inseticida, deve-se evitar o uso daquelas que sejam exóticas, ou que se encontrem em fase de extinção, ou estejam em pleno crescimento. Em contraste, devem ser utilizadas as espécies com maior distribuição geográfica, que sejam mais abundantes, frondosas e com maior produção de sementes. Dentre as estruturas vegetais avaliadas devem ser utilizadas preferencialmente os frutos ou as sementes em relação às folhas, e estas em relação aos caules, pois a desfolha total, irracional ou não programada interromperia o desenvolvimento da árvore. Deve-se

evitar o uso dos caules, já que isto poderia provocar a destruição da árvore. Não obstante, sua utilização é possível quando o material pode ser obtido como resíduo (serragem) das carpintarias.

Tabela 4. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio I. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Guarea guidonia</i> (folha)	18,9 a	14,0 ab	98,0 a	96,0 ab	272,1 a
<i>Guarea kunthiana</i> (folha)	18,8 a	13,9 b	98,0 a	100 a	280,1 a
<i>Guarea macrophylla</i> (folha)	19,2 a	14,5 a	98,0 a	90,7 b	279,9 a
Testemunha	19,0 a	13,9 b	99,0 a	95,0 ab	273,2 a
C.V. (%)	4,7	4,5	5,9	8,4	3,8

* As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio II. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Guarea guidonia</i> (caule)	22,7 a	9,8 a	68,0 a	72,1 a	207,2 a
<i>Guarea kunthiana</i> (caule)	23,4 a	9,9 a	59,0 a	72,6 a	213,1 a
<i>Guarea macrophylla</i> (caule)	22,0 a	9,8 a	60,2 a	76,2 a	213,8 a
Testemunha	22,2 a	10,1 a	74,8 a	85,7 a	214,1 a
C.V. (%)	10,6	7,0	28,1	28,5	11,7

* As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio III. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Cabralea canjerana</i> (folha)	18,7 a	10,3 a	81,0 a	96,5 a	199,4 b
<i>Trichilia catigua</i> (folha)	17,9 a	10,2 a	69,0 a	96,6 a	224,0 a
<i>Trichilia clausenii</i> (folha)	17,9 a	10,4 a	68,0 a	89,2 a	215,7 a
Testemunha	17,4 a	10,1 a	78,0 a	94,4 a	225,4 a
C.V. (%)	9,7	5,4	26,4	12,1	8,8

* As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio IV. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Swietenia macrophylla</i> (caule)	22,2 a	11,3 a	78,0 a	75,3 a	203,7 b
<i>Trichilia elegans</i> (caule)	22,1 a	11,3 a	72,0 a	78,0 a	219,7 a
<i>Trichilia pallida</i> (caule)	-	-	0,0**	-	-
Testemunha	21,5 a	11,5 a	74,7 a	85,3 a	215,2 ab
C.V. (%)	9,7	5,9	25,1	24,1	7,8

* As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Não analisado estatisticamente

Tabela 8. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio V. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Azadirachta indica</i> (semente)	-	-	0,0**	-	-
<i>Cedrela fissilis</i> (folha)	16,5 b	10,9 b	94,0 a	98,0 a	278,1 a
<i>Cedrela odorata</i> (folha)	15,9 b	11,1 b	89,0 a	99,0 a	275,1 a
<i>Swietenia macrophylla</i> (folha)	20,7 a	11,5 a	95,0 a	94,0 a	243,3 b
Testemunha	16,1 b	10,9 b	96,0 a	96,0 a	264,6 a
C.V. (%)	9,5	4,6	11,5	7,5	6,8

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Não analisado estatisticamente.

Tabela 9. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VI. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Cabralea canjerana</i> (caule)	-	-	0,0**	-	-
<i>Cedrela fissilis</i> (caule)	23,9 a	14,0 a	68,0 b	39,9 a	227,9 a
<i>Cedrela fissilis</i> (semente)	39,0 **	-	1,0**	0,0**	130,0**
<i>Melia azedarach</i> (caule)	-	-	0,0**	-	-
<i>Melia azedarach</i> (folha)	-	-	0,0**	-	-
Testemunha	20,2 b	12,9 b	84,0 a	56,3 a	233,4 a
C.V. (%)	11,5	9,0	21,8	59,5	12,2

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Não analisado estatisticamente.

Tabela 10. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VII. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Guarea guidonia</i> (fruto)	23,7 a	15,1 b	98,0 a	97,0 a	294,1 b
<i>Trichilia casaretti</i> (caule)	21,4 c	15,7 ab	96,0 a	99,0 a	312,9 a
<i>Trichilia casaretti</i> (folha)	22,0 bc	15,8 a	100 a	98,0 a	287,5 b
<i>Trichilia catigua</i> (caule)	22,4 b	15,2 b	97,0 a	98,0 a	293,2 b
<i>Trichilia elegans</i> (folha)	22,3 b	15,2 b	100 a	100 a	308,0 a
<i>Trichilia pallida</i> (folha)	-	-	0,0**	-	-
Testemunha	21,7 bc	15,5 ab	97,0 a	96,8 a	312,7 a
C.V. (%)	4,0	3,9	6,1	6,1	4,0

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Não analisado estatisticamente.

Tabela 11. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio VIII. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Melia azedarach</i> (fruto)	27,2 b	12,1 b	16,0 b	42,3 b	179,9 c
<i>Toona ciliata</i> (folha)	31,4 a	12,2 b	97,0 a	100 a	255,5 b
<i>Trichilia clausenii</i> (caule)	19,9 c	12,6 b	100 a	99,0 a	289,1 a
Testemunha	17,2 d	13,5 a	99,0 a	100 a	301,2 a
C. V. (%)	5,7	5,9	11,3	23,2	8,0

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda* criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas. Bioensaio IX. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Cedrela odorata</i> (caule)	16,9 a	10,6 a	96,0 a	100**	276,0 a
<i>Cedrela odorata</i> (semente)	30,2**	12,3 **	4,0**	75,0**	174,7**
<i>Toona ciliata</i> (caule)	15,9 b	10,1 b	96,0 a	100**	267,1 b
Testemunha	15,8 b	10,1 b	99,0 a	100**	263,8 b
C. V. (%)	4,9	4,3	7,4	-	4,2

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

** Não analisado estatisticamente

4.1.2. Índice de crescimento em 2 espécies de meliáceas.

Os dados referentes à mortalidade de *S. frugiperda* em dietas artificiais contendo extratos aquosos à 1, 5 e 10% de folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida*, evidenciam um acentuado efeito dos tratamentos na sobrevivência do inseto em cada ínstar larval (Tabela 13).

Observa-se que, quando na testemunha 97% da população do inseto atingiu a fase de pupa, nos tratamentos com *M. azedarach* a mortalidade larval era de 90,0 e 91,7% para os extratos à 5 e 10%, respectivamente. Nos tratamentos com *T. pallida*, a estas mesmas concentrações, as mortalidades, nesta fase, eram de 95,0 e 98,3%, respectivamente. Nos extratos a 1%, a mortalidade larval somente ocorreu em *T. pallida* (1,7%). Nestes extratos com a menor concentração, embora a mortalidade tenha sido nula ou muito baixa, houve prolongamento da fase larval, pois na ocasião em que na testemunha a porcentagem de pupação era de 97%, em *M. azedarach*, à 1%, era de 1,7% (com 50,0% em pré-pupa) e em *T. pallida*, à 1%, era de 31,7% (com 65,0% em pré-pupa) (Tabela 13).

A quantificação de insetos vivos e mortos, em cada ínstar, permitiu a obtenção dos índices de crescimento, cujos valores à 1, 5 e 10% foram 0,81; 0,28 e 0,18 para *M. azedarach* e 0,90; 0,28 e 0,17 para *T. pallida*, ficando evidenciado que o índice de crescimento tende a diminuir à medida que aumenta o número de lagartas mortas nos primeiros ínstares (Tabelas 13 e 14). Com base nestes índices, constata-se que o crescimento das lagartas foi efetivamente inibido apenas às concentrações de 5 e 10% (Tabela 14). Verifica-se, por outro lado que, ao incrementar a concentração dos extratos de 5 para 10%, em ambas as plantas,

a mortalidade e a inibição de crescimento não aumentaram na mesma proporção que foi verificada quando o incremento foi de 1 para 5%. Em função disso, deve-se preferir, dentre as duas concentrações em que houve eficiência (5 e 10%), a menor concentração, pela maior eficiência na obtenção de compostos hidrossolúveis, melhor exploração dos recursos naturais e menor persistência dos resíduos no ambiente.

À concentração de 5%, os índices de crescimento nas duas espécies vegetais foram iguais (0,28). Assim, considerando-se este resultado e o fato de que as mortalidades larvais também foram semelhantes (90,0% em *M. azedarach* e 95,0% em *T. pallida*), pode-se considerar que estas duas meliáceas não diferem em relação à atividade inseticida para as lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 14).

À concentração de 1%, em ambas as espécies, a mortalidade foi reduzida e os índices de crescimento elevados, ainda que não iguais à testemunha (Tabelas 13 e 14). Como a esta concentração, o desenvolvimento do inseto foi acompanhado até o final da fase pupal, pôde-se constatar efeito dos extratos sobre a duração da fase larval e sobre o peso de pupa. Assim, constata-se que, em relação à testemunha, a fase larval foi significativamente prolongada, tanto no tratamento com *M. azedarach* (4,6 dias) como no tratamento com *T. pallida* (2,9 dias). No que se refere ao peso de pupa, novamente a significância foi constatada nos dois casos, tendo se registrado menores valores tanto em *M. azedarach* (53, 7 mg) como em *T. pallida* (49,0 mg) (Tabela 15). Comparando-se as 2 espécies entre si, pode-se verificar principalmente no que se refere à duração da fase larval que, à 1%, *M. azedarach* apresentou maior atividade tóxica que *T. pallida* (Tabela 15).

Tabela 13. Distribuição¹ da população de *Spodoptera frugiperda*, em 3 concentrações dos extratos aquosos das folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida* em dieta artificial. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta (concentração)	Ínstares larvais						Pré- pupa	Pupa
	1º	2º	3º	4º	5º	6º		
<i>M. azedarach</i> (1%)	-	-	-	-	1/0	28/0	30/0	1/0
<i>M. azedarach</i> (5%)	0*/4**	0/5	0/33	3/12	3/0	-	-	-
<i>M. azedarach</i> (10%)	0/9	1/23	3/20	1/3	-	-	-	-
<i>T. pallida</i> (1%)	-	0/1	-	-	-	1/0	39/0	19/0
<i>T. pallida</i> (5%)	0/3	0/7	1/30	0/14	2/3	-	-	-
<i>T. pallida</i> (10%)	0/2	0/37	1/20	-	-	-	-	-
Testemunha	-	-	-	-	-	-	2/0	58/0

¹ Avaliação feita quando na testemunha a população atingiu 97% de pupação.
* indivíduos vivos/ ** indivíduos mortos

Tabela 14. Mortalidade larval e índice de crescimento de *Spodoptera frugiperda* em dieta artificial contendo extratos das folhas de *Melia azedarach* e *Trichilia pallida*, em 3 concentrações. Temp.: $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h.

Espécie de planta (concentração)	Mortalidade (%)	Índice de crescimento
<i>M. azedarach</i> (1%)	0,0	0,81
<i>M. azedarach</i> (5%)	90,0	0,28
<i>M. azedarach</i> (10%)	91,7	0,18
<i>T. pallida</i> (1%)	1,7	0,90
<i>T. pallida</i> (5%)	95,0	0,28
<i>T. pallida</i> (10%)	98,3	0,17
Testemunha	0,0	1,00

Tabela 15. Duração e viabilidade das fases larval e pupal, e peso de pupa de *Spodoptera frugiperda*, criada em dieta artificial contendo extratos de meliáceas, à 1,0%.
Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*		Viabilidade (%)*		Peso de pupa (mg)*
	Larval	Pupal	Larval	Pupal	
<i>Melia azedarach</i> (folha)	19,6 a	10,2 a	98,0 a	98,3 a	224,4 b
<i>Trichilia pallida</i> (folha)	17,9 b	10,7 a	96,0 a	96,7 a	229,1 b
Testemunha	15,0 c	10,7 a	100 a	96,7 a	278,1 a
C. V. (%)	4,1	6,9	7,4	9,7	5,9

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.3. Índices nutricionais em 4 espécies de meliáceas.

Para a avaliação dos índices nutricionais de *S. frugiperda* foram selecionadas 4 espécies de meliáceas: *Cedrela fissilis* (caule) e *Melia azedarach* (fruto) que no estudo de aspectos biológicos de *S. frugiperda* em dietas artificiais contendo extratos de 15 meliáceas (item 4.1.1.), provocaram redução da viabilidade larval e alongamento desta fase e *Swietenia macrophylla* (folha) e *Trichilia clausenii* (caule) que alongaram a fase larval e, no caso de *S. macrophylla*, também provocou menor peso pupal. Na seleção dos tratamentos, evitou-se aqueles em que a mortalidade larval foi muito elevada, já que dificultaria a obtenção dos dados necessários para o cálculo dos índices nutricionais.

Os dados obtidos (Tabela 16) indicam que na dieta contendo extrato de caules de *C. fissilis*, a duração da fase larval foi semelhante à ocorrida na testemunha, enquanto nos tratamentos à base de caules de *T. clausenii*, folhas de *S. macrophylla* e frutos de *M. azedarach*, a fase larval foi prolongada em 2,9; 3,1 e 11,7 dias, respectivamente, em relação à testemunha.

No que se refere ao consumo de alimento, o maior valor foi registrado em *T. clausenii* e o menor em *M. azedarach*, situando-se *C. fissilis*, *S. macrophylla* e a testemunha em posição intermediária (Tabela 16). Estes dados sugerem que, em condições de campo, os maiores danos do ataque do inseto, numa primeira geração, ocorreriam no tratamento com *T. clausenii* e os menores danos com *M. azedarach*.

Lagartas na dieta contendo *C. fissilis* e na testemunha foram as que apresentaram, ao final do período de desenvolvimento, o maior peso corpóreo e a maior quantidade de fezes produzidas. Em contraste, os menores valores para

estes parâmetros foram registrados na dieta contendo *M. azedarach* (Tabela 16).

Considerando-se estes parâmetros, verifica-se que na dieta com *M. azedarach* além do prolongamento da fase larval e do menor consumo de alimento, ocorreu menor peso do inseto e das fezes. Em *T. clausenii*, no entanto, o maior consumo de alimento foi relacionado com a maior produção de fezes mas não com o maior peso do inseto.

A taxa de consumo relativo (RCR), a qual indica a quantidade de alimento ingerido por miligrama de peso corpóreo do inseto por dia, relacionou-se diretamente com o total de alimento consumido, mostrando a mesma tendência para os 4 extratos aquosos vegetais avaliados (Tabelas 16 e 17). Confirma-se, com esses resultados, o maior consumo de alimento nos caules de *T. clausenii* e o menor nos frutos de *M. azedarach*. A maior RCR nos caules de *T. clausenii* possivelmente se deva ao fato de que esse tratamento bloqueia um ou mais nutrientes, pelo que a lagarta tende a ingerir maior quantidade de dieta para obter os nutrientes na quantidade adequada de acordo com GORDON (1968). Também é possível que no extrato aquoso dessa planta exista um fago-estimulante natural, ou que alguma substância secundária potencie os fago-estimulantes da dieta. Já no caso de frutos de *M. azedarach*, onde ocorreu menor consumo, é possível que exista um composto secundário que apresente efeito deterrente, ou também é possível que o extrato tenha uma substância que evite a ação dos fago-estimulantes da dieta ou ambas.

Com respeito à taxa de crescimento relativo (RGR), a qual representa o ganho de biomassa pelo inseto em relação a seu peso por dia, observa-se (Tabela 17) que o crescimento dos insetos no tratamento à base de caules de *C. fissilis* foi igual ao registrado na testemunha e que os caules de *T.*

clausenii e as folhas de *S. macrophylla* provocaram menor crescimento que a testemunha, sendo ainda menor nas lagartas criadas na dieta com o extrato de frutos de *M. azedarach*. Em função disso, pode-se inferir que alguma ou algumas das substâncias hidrossolúveis dos frutos de *M. azedarach*, confere-lhe a propriedade de inibir o crescimento larval de *S. frugiperda*, em maior intensidade que as folhas de *S. macrophylla* e os caules de *T. clausenii*. Já o extrato aquoso de caules de *C. fissilis* provavelmente não têm estas substâncias inibidoras de crescimento. Assim, o maior prolongamento do estágio larval (Tabela 16) se relaciona diretamente com a maior inibição do crescimento (Tabela 17). A inibição do crescimento por *M. azedarach* pode ser devida à menor eficiência de conversão do alimento. Esta relação entre ECI e inibição alimentar também foi assinalada por REESE (1977). A RGR reflete o tempo necessário para que o inseto possa alcançar seu peso final segundo PRICE *et al.* (1980) e TAYLOR (1980), os quais indicam que quando a RGR é menor, como no fruto de *M. azedarach*, a probabilidade de sobrevivência se reduz devido ao inseto estar mais tempo exposto aos inimigos naturais, resultando-se assim a assincronia no seu ciclo biológico com os hospedeiros e seu meio abiótico.

No que se refere à taxa metabólica relativa (RMR), que indica a quantidade de alimento gasto em metabolismo por miligrama de peso corpóreo por dia, verifica-se que o maior valor foi obtido na dieta contendo caules de *T. clausenii*, e os menores na dieta contendo frutos de *M. azedarach* e na testemunha (Tabela 17). No tratamento à base de caules de *C. fissilis*, as RCR e RGR são similares à testemunha. Isto significa que o inseto precisa gastar mais alimento em atividades metabólicas neste extrato que na testemunha, possivelmente pela ingestão de substâncias secundárias

hidrossolúveis que não inibem o crescimento e a alimentação e nem têm ação nutritiva, mas que interferem no metabolismo. No tratamento à base de caules de *T. clausenii* ocorreu maior RCR que naquele à base de folhas de *S. macrophylla*. Apesar disso, os valores de RGR foram similares, o que pode ser explicado pelo maior RMR no tratamento com *T. clausenii*. No caso dos frutos de *M. azedarach* tanto a RCR como a RMR foram baixas. Isto pode ser explicado porque, tendo havido menor consumo relativo de alimento houve menor acúmulo de toxinas no corpo do inseto, o que levou a menor gasto de energia para a degradação destas toxinas.

A digestibilidade aproximada (AD) foi maior que a testemunha em todos os tratamentos (Tabela 18) o que indica a atividade diferencial das enzimas digestivas do inseto para as diferentes meliáceas. Esse fato sugere que nestes tratamentos, houve necessidade de que o alimento permanecesse no tubo digestivo do inseto por um tempo maior para permitir a degradação dos compostos secundários das plantas. Este maior tempo de contacto do alimento com as enzimas digestivas, provavelmente, tenha permitido maior digestibilidade do alimento em comparação com aquela verificada na testemunha, comportamento observado também por MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993).

As menores eficiências de conversão de alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) foram constatadas nas dietas contendo extratos de caules de *T. clausenii* e folhas de *S. macrophylla*, o que significa que, nestas dietas, uma menor quantidade de alimento (energia) foi utilizado para a produção de biomassa do inseto. Isto possivelmente se deva ao fato de que, nestes extratos, uma maior quantidade foi utilizada para a degradação de toxinas presentes. A aceitação desta hipótese explicaria o fato de que, foi justamente nestes tratamentos que ocorreram os maiores valores de custo

metabólico (CM) (Tabela 18), o que está de acordo com MORDUE (LUNTZ) & BLACKWELL (1993).

Comparando-se os dados de AD e ECD (Tabela 18), constata-se uma correlação inversa entre os mesmos ($r=-0,98$), o que também já foi observado por VENDRAMIM *et al.* (1983) e BARNBY & KLOCKE (1987). Isto provavelmente se deva ao fato de que nos tratamentos em que a digestibilidade é alta, há proporcionalmente um maior gasto de alimento digerido em energia metabólica, o que resulta em menor ganho de biomassa por unidade de alimento digerido, que corresponde justamente ao ECD.

Tabela 16. Duração da fase larval, dieta consumida, peso de lagarta no máximo desenvolvimento e fezes produzidas por *Spodoptera frugiperda* alimentada em dieta artificial contendo extratos de 4 meliáceas. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Duração (dias)*	Consumo de dieta(mg)*	Peso do inseto (mg)*	Fezes (mg)*
<i>Cedrela fissilis</i> (caule)	14,8 c	605,6 b	97,2 a	332,3 ab
<i>Melia azedarach</i> (fruto)	26,3 a	286,8 c	44,6 d	160,2 c
<i>Swietenia macrophylla</i> (folha)	17,7 b	595,2 b	87,0 bc	300,7 b
<i>Trichilia clausenii</i> (caule)	17,5 b	720,3 a	85,1 c	316,3 ab
Testemunha	14,6 c	550,7 b	94,3 ab	339,8 a
C.V. (%)	10,5	11,5	12,0	13,1

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17. Taxas relativas (mg/mg/dia) de consumo (RCR), crescimento (RGR) e metabólica (RMR) das lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial contendo extratos de 4 meliáceas. Temp.: 25±2°C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	RCR*	RGR*	RMR*
<i>Cedrela fissilis</i> (caule)	0,85 b	0,14 a	0,25 b
<i>Melia azedarach</i> (fruto)	0,50 c	0,08 c	0,14 c
<i>Swietenia macrophylla</i> (folha)	0,82 b	0,12 b	0,29 b
<i>Trichilia clausenii</i> (caule)	0,96 a	0,12 b	0,42 a
Testemunha	0,79 b	0,13 a	0,17 c
C.V. (%)	11,6	8,9	20,7

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18. Digestibilidade aproximada (AD), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) e custo metabólico (CM) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas em dietas contendo extratos de 4 meliáceas. Temp.: 25±2°C; UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	AD*	ECI*	ECD*	CM*
<i>Cedrela fissilis</i> (caule)	45,4 b	16,2 a	36,2 bc	65,3 bc
<i>Melia azedarach</i> (fruto)	43,2 bc	15,9 ab	39,5 b	60,5 cd
<i>Swietenia macrophylla</i> (folha)	48,1 b	14,6 b	29,8 c	70,0 ab
<i>Trichilia clausenii</i> (caule)	56,4 a	12,3 c	22,3 d	77,7 a
Testemunha	38,4 c	17,2 a	47,1 a	52,9 d
C.V. (%)	12,7	10,7	23,2	13,5

*As médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2. Inibição alimentar e atratividade de *S. frugiperda* em folhas de milho contendo extratos.

4.2.1. Inibição alimentar em lagartas de quarto ínstar.

De acordo com a Tabela 19, os valores de Q (índice de consumo), que relacionam a porcentagem da área consumida dos discos tratados em relação ao consumo total (discos tratados e não tratados), variaram de 0,15 a 0,78. Levando-se em conta que, teoricamente, quando os valores de Q são inferiores a 0,5, os tratamentos são considerados inibidores de alimentação (deterrentes) e quando superiores a 0,5 são fagoestimulantes, constata-se que, no presente ensaio, 62% dos extratos, em princípio, inibiram a alimentação das lagartas de quarto ínstar de *S. frugiperda*.

Segundo NIELSEN (1978), no entanto, em termos práticos, o efeito inibidor só deve ser considerado quando o valor de Q é menor que 0,40. Nesse caso, o número de tratamentos com esta característica reduz-se drasticamente incluindo apenas os extratos de sementes de *Azadirachta indica* (Q = 0,15) (extrato com maior poder fagodeterrente), frutos de *Guarea guidonia* (Q = 0,34), caules de *Trichilia catigua* (Q = 0,37) e folhas de *Swietenia macrophylla* (Q = 0,38).

4.2.2. Atratividade de lagartas de primeiro ínstar.

O teste com lagartas de primeiro ínstar (efetuado apenas para as 4 espécies de meliáceas em que o índice de consumo (Q) foi inferior a 0,40, Tabela 19) indica que os 4 materiais avaliados afetaram significativamente a preferência alimentar das lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 20).

O maior efeito inibidor foi provocado pelo extrato de sementes de *A. indica*, tratamento em que apenas 7,27% das lagartas foram atraídas para os discos das folhas de milho contendo extrato, contra 90,43% das lagartas que se dirigiram para a respectiva testemunha. A seguir destacaram-se os extratos de folhas de *S. macrophylla* (14,96 e 85,04% de lagartas presentes no tratamento e na testemunha, respectivamente) e de frutos de *G. guidonia* (26,15 e 73,85% de lagartas presentes no tratamento e na testemunha, respectivamente). O tratamento menos eficiente, ainda que também tenha provocado efeito significativo, foi aquele em que utilizou o extrato de caules de *T. catigua*, no qual 38,02% das lagartas foram atraídas para os discos com extrato e 61,98% para a testemunha (Tabela 20).

À exceção da semente de *A. indica*, que, por ter provocado mortalidade total nos primeiros ínstaes larvais, não permitiu a avaliação da inibição alimentar no estudo de aspectos biológicos (item 4.1.1.), os resultados obtidos nos outros tratamentos estão de acordo com a inibição alimentar observada em toda a fase larval, o que pode ser constatado através do menor peso de pupa. Desta maneira, os dados obtidos com lagartas de primeiro e quarto ínstaes indicam que os efeitos deletérios destes extratos sobre a biologia de *S. frugiperda* se devem, ao menos em parte, à não preferência das lagartas pelos mesmos, dificultando o estabelecimento delas, bem como reduzindo o consumo foliar no início da fase de desenvolvimento.

Tabela 19. Índice de inibição alimentar (Q^1) de lagartas de quarto instar de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extratos de meliáceas. Temp.: $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR.: $60 \pm 10\%$, fotofase: 14 h.

Espécie de planta	Caule	Folha	Semente/fruto
<i>Azadirachta indica</i>	-	-	0,15
<i>Cabralea canjerana</i>	0,53	0,42	-
<i>Cedrela fissilis</i>	0,41	0,48	-
<i>Cedrela odorata</i>	0,40	0,78	0,48
<i>Guarea guidonia</i>	0,53	0,51	0,34
<i>Guarea kunthiana</i>	0,43	0,45	-
<i>Guarea macrophylla</i>	0,53	0,49	-
<i>Melia azedarach</i>	0,46	0,60	0,58
<i>Swietenia macrophylla</i>	0,54	0,38	-
<i>Toona ciliata</i>	0,54	0,46	-
<i>Trichilia casaretti</i>	0,58	0,42	-
<i>Trichilia catigua</i>	0,37	0,42	-
<i>Trichilia clausenii</i>	0,40	0,48	-
<i>Trichilia elegans</i>	0,46	0,50	-
<i>Trichilia pallida</i>	0,40	0,57	-

$$Q^1 = \frac{\% \text{ consumo no tratamento}}{\% \text{ consumo no tratamento} + \% \text{ consumo na testemunha}}$$

Tabela 20. Atratividade de lagartas de primeiro instar de *Spodoptera frugiperda* por extratos de 4 meliáceas. Temp.: 25±2C, UR.: 60±10%, fotofase: 14 h.

Nº do ensaio	Tratamento (Espécie vegetal)	Lagartas atraídas* (%)
1	<i>Azadirachta indica</i> (semente)	7,27 a
	Testemunha	90,43 b
2	<i>Guarea guidonia</i> (fruto)	26,15 a
	Testemunha	73,85 b
3	<i>Swietenia macrophylla</i> (folha)	14,96 a
	Testemunha	85,04 b
4	<i>Trichilia catigua</i> (caule)	38,02 a
	Testemunha	61,98 b

* Médias seguidas de mesma letra, dentro do mesmo ensaio, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

- Das 15 espécies de meliáceas avaliadas como extratos aquosos à 5% em relação à lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), 13 delas (*Azadirachta indica*, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *C. odorata*, *Guarea guidonia*, *G. macrophylla*, *Melia azedarach*, *Toona ciliata*, *Trichilia casaretti*, *T. catigua*, *T. clausenii*, *T. pallida* e *Swietenia macrophylla*) apresentam ao menos uma das estruturas vegetais com atividade tóxica.

- Os caules e as folhas de *Guarea kunthiana* e *Trichilia elegans* não apresentaram toxicidade.

- À concentração de 5%, nenhuma estrutura vegetal das 14 meliáceas avaliadas provoca atividade inseticida superior à das sementes do nim, *A. indica*.

- Os caules de *C. canjerana*, as sementes de *A. indica*, *C. fissilis* e *C. odorata*, os caules e folhas de *T. pallida*, e os caules, folhas e frutos de *M. azedarach* provocam alta mortalidade larval (superior a 84%).

- Os caules de *T. catigua*, as folhas de *C. canjerana*, *S. macrophylla*, *T. ciliata* e *T. casaretti*, e os frutos de *G. guidonia* e *M. azedarach* inibem a alimentação na fase larval.

- Os caules de *C. fissilis*, *C. odorata* e *T. clausenii*,

as folhas de *G. macrophylla*, *S. macrophylla* e *T. ciliata*, e os frutos de *G. guidonia* e *M. azedarach* inibem o crescimento larval.

- O efeito dos extratos aquosos de folhas de *M. azedarach* e *T. pallida*, à 5 e 10%, sobre *S. frugiperda* é similar, inibindo drasticamente o crescimento desse inseto; tal efeito é pouco pronunciado no extrato à 1%.

- O extrato de frutos de *M. azedarach* provoca o prolongamento da fase larval, mas menor consumo de alimento, e em consequência menor peso do inseto e menor quantidade de fezes.

- Em relação aos caules de *T. clausenii*, o maior consumo de alimento não provoca maior ganho de peso.

- As menores eficiências de conversão do alimento ocorrem quando as lagartas se alimentam de dietas contendo extratos de caules de *T. clausenii* e folhas de *S. macrophylla*.

- Os extratos de caules de *T. catigua*, folhas de *S. macrophylla*, frutos de *G. guidonia* e sementes de *A. indica* dificultam o estabelecimento das lagartas e reduzem o consumo foliar das mesmas em discos de folha de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S.M.; RAVINDRANATH G., M.; BHAVANAGARY, H.M.
Stabilization of pyrethrins for prolonged residual toxicity, part-II; development of new formulations. *Pyrethrum Post*, Nakuru, **13**(4): 119-23, 1976.
- AL-SHAROOK, Z.; BALAN, K.; JIANG, Y.; REMBOLD, H. Insect growth inhibitors from two tropical Meliaceae; effects of crude seed extracts on mosquito larvae. *Journal of Applied Entomology*, Hamburg, **111**(5): 425-30, 1991.
- ALDHOUS, P. Neem chemical: the pieces fall in place. *Science*, Washington, **258**(5084): 893, 1992.
- ANWAR, T.; JABBAR, A.; KHALIQUE, F.; THAIR, S.; SHAKEEL, M.A. Plants with insecticidal activities against four major insect pests in Pakistan. *Tropical Pest Management*, London, **38**(4): 431-7, 1992.
- ARNASAN, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P., ed. *Insecticides of plant origin*. Washington, American Chemical Society, 1989. (ACS Symposium Ser., 387).
- ASCHER, K.R.S. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, New York, **22**(3/4): 433-49, 1993.

- ASCHER, K.R.S.; ELIYAHU, M.; NEMNY, N.E.; MEISNER, J. Neem seed kernel extract as an inhibitor of growth and fecundity in *Spodoptera littoralis*. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 2., Rauischholzhausen, 1983. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants.** Eschborn, GTZ Press, 1984. p.331-344.
- BALANDRIN, M.F.; MARK-LEE, S.; KLOCKE, J.A. Biologically active volatile organosulfur compounds from seeds of the neem tree, *Azadirachta indica* (Meliaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, **36**(5): 1048-54, 1988.
- BARNBY, M.A. & KLOCKE, J.A. Effects of azadirachtin on the nutrition and development of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (Fabr.) Noctuidae. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, **33**(2):69-75, 1987.
- BERNAYS, E.A. Antifeedants in crop pest management. In: WHITEHEAD, D.L. & BOWERS, W.S., ed. **Natural products for innovative pest management.** Oxford, Pergamon Press, 1983. p.259-71. (Current Themes in Tropical Science, 2).
- BLANEY, W.M.; SIMMONDS, M.S.J.; LEY, S.V.; ANDERSON, J.C.; TOOGOOD, P.L. Antifeedant effects of azadirachtin and structurally related compounds on lepidopterous larvae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, **55**(2): 149-60, 1990.
- BOWERS, W.S. Discovery of insect antiallatotropins. In: GILBERT, L.I., ed. **The juvenile hormones.** New York, Plenum Press, 1976. p.394-408.

- BOWERS, W.S. The search for fourth-generation pesticides.
In: WHITEHEAD, D.L. & BOWERS, W.S., ed. **Natural products for innovative pest management.** Oxford, Pergamon Press, 1983. P.47-58. (Current Themes in Tropical Science, 2)
- BREUER, M. & DEVKOTA, B. Control of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) by extracts of *Melia azedarach* L. (Meliaceae). **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, **110**(2):128-35, 1990.
- BURTON, R.L. & PERKINS, W.D. WSB, a new laboratory diet for the corn earworm and the fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, **65**(2): 385-6, 1972.
- BUTTERWORTH, J.H. & MORGAN, E.D. Investigation of the locust feeding inhibition of the seeds of the neem tree, *Azadirachta indica*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, **17**: 969-77, 1971.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIONES Y ENSEÑANZA (CATIE). **Neem (*Azadirachta indica*) como plaguicida natural; bibliografía.** Turrialba, 1991. 38p. (CATIE. Documentación e Información, 7).
- DETHIER, V.G. Mechanisms of host plant recognition. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, **31**(1): 49-56, 1982.
- ECKERT, S. & WUBKER, S. **Control natural de plagas en el Paraguay.** Asunción, CECTEC, 1991. 79p.

- FERRAZ, M.C.V.D. Determinação das exigências térmicas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultura de milho. Piracicaba, 1982. 81p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GORDON, H.T. Quantitative aspects of insect nutrition. **American Zoologist**, Utica, **8**: 131-8, 1968.
- GOVINDACHARI, T.R. Chemical and biological investigations on *Azadirachta indica* (the neem tree). **Current Science**, Bangalore, **63**(3): 117-22, 1992.
- GRAINGE, M. & AHMED, S. **Handbook of plants with pest-control properties**. New York, John Wiley, 1988. 470p.
- HELLPAP, C. Effects of neem kernel extracts on the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 2., Rauischholzhausen, 1983. **Natural pesticides from the neem tree (Azadirachta indica A. Juss) and other tropical plants**. Eschborn, GTZ Press, 1984. p.353-63.
- HERNÁNDEZ X., E.; INZUNZA M., F.; SOLANO S., C.B. Intentos de control de plagas y enfermedades identificadas en la agricultura tradicional en México. **Revista Chapingo**, Chapingo, **40**: 55-6, 1983.
- INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 1., Rottach-egern, 1980. **Natural pesticides from the neem tree, Azadirachta indica A. Juss**; proceedings, edited by H. Schmutterer; K.R.S. Ascher; H. Rembold. Eschborn, GTZ Press, 1981. 297p.

INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 2., Rauischholzhausen, 1983. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants; proceedings**, edited by H. Schmutterer & K.R.S. Ascher. Eschborn, GTZ Press, 1984. 587p.

INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 3., Nairobi, 1986. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants; proceedings**, edited by H. Schmutterer & K.R.S. Ascher. Eschborn, GTZ Press, 1987. 703p.

ISMAN, M.B.; ARNASON, J.T.; TOWERS, G.H.N. New sources of natural insecticides from the plant family Meliaceae. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19., Beijing, 1992. **Proceedings**. Beijing, 1992. p.558.

ISMAN, M.B.; KOUL, O.; LUCZYNSKI, A.; KAMINSKI, J. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, 38(6): 1406-11, 1990.

JACOBSON, M. Meliaceae. In: **Insecticides from plants; a review of the literature, 1941-1953**. Washington, USDA/Agricultural Research Service, 1958. p.173-5. (USDA. Agriculture Handbook, 154).

JACOBSON, M. The unsaturated isobutylamides. In: JACOBSON, M. & CROSBY, D.G., ed. **Naturally occurring insecticides**. New York, Dekker, 1971. p.137-76.

- JACOBSON, M. Meliaceae. In: **Insecticides from plants; a review of the literature, 1954-1971.** Washington, USDA/Agricultural Research Service, 1975. p.57-60. (USDA. Agriculture Handbook, 461).
- JACOBSON, M. Neem research and cultivation in the Western hemisphere. In: **INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 3.,** Nairobi, 1986. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants.** Eschborn, GTZ Press, 1987. p.33-44.
- JACOBSON, M., ed. **The neem tree.** Boca Ratón, CRC Press, 1988. 178p. (Focus on Phytochemical Pesticides, 1).
- JACOBSON, M.; REED, D.K.; CRYSTAL, M.M.; MORENO, D.S.; SODERSTROM, E.L. Chemistry and biological activity of insect feeding deterrents from certain weed and crop plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata,** Amsterdam, 24(3): 448-57, 1978.
- JACOBSON, M.; STOKES, J.B.; WARTHEN Jr, J.D.; REDFERN, R.E.; REED, D.K.; WEBB, R.E.; TELEK, L. Neem research in the U.S. Department of Agriculture: an up-date. In: **INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 2.,** Rauischholzhausen, 1983. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants.** Eschborn, GTZ Press, 1984. p.31-42.
- JOTWANI, M.C. & SRIVASTAVA, K.P. Neem, insecticide of the future-II; Protection against field pest. **Pesticides,** Bombay, 15(2): 40-7, 1981.

- KLOCKE, J.A. Natural plant compounds useful in insect control. In: WALLER, G.R., ed. **Allelochemicals; role in agriculture and forestry**. Washington, American Chemical Society, 1987. p.396-415. (ACS Symposium Ser., 330).
- KLOCKE, J.A. & KUBO, I. Citrus limonoid by-products as insect control agents. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, 32(3): 299-301, 1982.
- KOUL, O. Neem allelochemicals and insect control. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, V., ed. **Allelopathy; basic and applied aspects**. London, Chapman & Hall, 1992. Cap. 23, p.389-412.
- KOUL, O.; ISMAN, M.B.; KETKAR, C.M. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, 68(1): 1-11, 1990.
- KRAUS, W.; BOKEL, M.; CRAMER, R.; GUTZEIT, H.; HERR, B.; KAUFMANN, I.; POHNL, H. Natural products as pesticides. In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS, 12., Rio de Janeiro, 1991. **Resumos**. Brasilia, MARA, 1991. n.p.
- KUBO, I. & KLOCKE, J.A. An insect growth inhibitor from *Trichilia roka* (Meliaceae). **Experientia**, Basel, 38(6): 639-40, 1982.
- LAGUNES T., A. & RODRÍGUEZ H., C. **Búsqueda de tecnología apropiada para el combate de plagas del maíz almacenado en condiciones rústicas; Informe final del Proyecto CONACyT/PVT/AI/NAL/85/3149**. Chapingo, CONACyT-CP, 150p. 1989.

LAGUNES T., A. & RODRÍGUEZ H., C. **Los extractos acuosos vegetales con actividad insecticida; el combate de la conchuela del frijol.** Tezcoco, USAID-CONACyT-SME-CP, 1992. 57p. (Temas Selectos de Manejo de Insecticidas Agrícolas, 3).

LAGUNES T., A.; ARENAS L., C.; RODRÍGUEZ H., C. **Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas.** Chapingo, Colegio de Postgraduados/Centro de Entomología y Acarología, 1984. 203p.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras; manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, Ed. Plantarum, 1992. 352p.

MAREDDIA, K.M.; SEGURA, O.L.; MIHM, J.A. Effects of neem, *Azadirachta indica* on six species of maize insect pests. **Tropical Pest Management**, London, 38(2): 190-5, 1992.

MCCLOSKEY, C.; ARNASON, J.T.; DONSKOV, N.; CHENIER, R.; KAMINSKI, J.; PHILOGENE, B.J.R. Third trophic level effects of azadirachtin. **Canadian Entomologist**, Ottawa, 125(1): 163-5, 1993.

McMILLIAN, W.W. & STARKS, K.J. Feeding responses of some noctuid larvae (Lepidoptera) to plant extracts. **Annals Entomological Society of America**, Baltimore, 59(3): 516-9, 1966.

- McMILLIAN, W.W.; BOWMAN, M.C.; BURTON, R.L.; STARKS, K.J.; WISEMAN, B.R. Extract of chinaberry leaf as a feeding deterrent and growth retardant for larvae of the corn earworm and fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, **62**(3): 708-10, 1969.
- MIKOLAJCZAK, K.L. & REED, D.K. Extractives of seeds of the Meliaceae: effects on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), *Acalyma vittatum* (F.), and *Artemia salina* Leach. **Journal of Chemical Ecology**, New York, **13**(1): 99-111, 1987.
- MIKOLAJCZAK, K.L.; ZILKOWSKI, B.W.; BARTELT, R.J. Effect of meliaceous seed extracts on growth and survival of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Journal of Chemical Ecology**, New York, **15**(1): 121-8, 1989.
- MORDUE (LUNTZ), A.J. & BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, **39**(11): 903-24, 1993.
- MORGAN, E.D. & WARTHEN Jr., D. Part b: Insect feeding deterrents (1980-1987). In: MORGAN, E.D. & MANDAVA, N.B., ed. **Insect attractants and repellents**. Boca Ratón, CRC Press, 1990. p.83-134. (Handbook of Natural Pesticide, 6).
- MUNAKATA, K. Insect feeding deterrents in plants. In: SHOREY, H.H. & McKELVEY Jr, J.J., ed. **Chemical control of insect behavior; theory and application**. New York, John Wiley, 1977. p.95.

- MWANGI, R.W. Locust antifeedant activity in fruits of *Melia volkensii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **32**(3): 277-80, 1982.
- MWANGI, R.W. & REMBOLD, H. Growth-inhibiting and larvicidal effects of *Melia volkensii* extracts on *Aedes aegypti* larvae. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **46**(2): 103-8, 1988.
- NAKATANI, M.; JAMES, J.C.; NAKANISHI, K. Isolation and structures of trichilins, antifeedant against the Southern Army Worm. *Journal of the American Chemical Society*, Washington, **103**: 1228-30, 1981.
- NAKATANI, M.; IWASHITA, T.; NAOKI, H.; HASE, T. Structure of limonoid antifeedant from *Trichilia roka*. *Phytochemistry*, Oxford, **24**: 195-6, 1985.
- NARAGNAN, C.R.; SING, R.P.; SAWAINAP, D.D. Phagodeterreny of various fractions of neem oil against *Schistocerca gregaria* Forsk. *Indian Journal of Entomology*, New Delhi, **42**(3): 469-72, 1980. Apud *Entomology Abstracts*, Bethesda, **13**(10):27-8, 1982. (Resumo)
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Board Science and Technology for International Development. *Neem; a tree for solving global problems*. Washington, National Academy Press, 1992. 141p.
- NAUMANN, K.; CURRIE, R.W.; ISMAN, M.B. Evaluation of the repellent effects of a neem insecticide on foraging honey bees and other pollinators. *Canadian Entomologist*, Ottawa, **126**(2): 225-30, 1994.

- NIELSEN, J.K. Host plant discrimination within Cruciferae: feeding responses of four leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) to glucosinolates, cucurbitacins and cardenolides. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, **24**: 41-54, 1978.
- PARRA, J.R.P. *Biologia dos insetos*. Piracicaba, ESALQ, 1979. 383p.
- PACIFIC SCIENCE CONGRESS, 17., 1991. *Neem (Azadirachta indica) for pest control and rural development in Asia and the Pacific*: special session; proceedings, edited by S. AHMED, 1993.
- PRICE, P.W.; BOUTON, C.E.; GROSS, P.; MCPHERSON, B.A.; THOMPSON, J.N.; WEISS, A.E. Interactions among three trophics levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, **11**: 41-65, 1980.
- RAFFA, K.F. Influence of host plant on deterrency by azadirachtin of feeding by fall armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, Baltimore, **80**(2): 384-7, 1987.
- RAJAB, M.S. & BENTLEY, M.D. A new limonoid insect antifeedant from the fruit of *Melia volkensii*. *Journal of Natural Products*, Cincinnati, **51**(1): 168-71, 1988.

- REBOLLEDO I., A.J. Evaluación de la acción de extractos acuosos vegetales a través de índices nutricionales en larvas de segundo ínstar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Chapingo, 1992. 45p. (Graduação - Universidad Autonoma Chapingo).
- REDFERN, R.E.; WARTHEN Jr, J.D.; UEBEL, E.C.; MILLS Jr, G.D. The antifeeding and growth-disrupting effects of azadirachtin on *Spodoptera frugiperda* and *Oncopeltus fasciatus*. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 1., Rottach-Egern, 1980. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants**. Eschborn, GTZ Press, 1981. p.129-36.
- REED, D.K.; WARTHEN, J.D.Jr.; UEBEL, E.C.; REED, G.L. Effects of two triterpenoids from neem on feeding by cucumber beetles (Coleoptera; Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, 75(6): 1109-13, 1982.
- REESE, J.C. The effects of plant biochemicals on insect growth and nutritional physiology. In: HEDIN, P.A., ed. **Host plant resistance to pests**. Washington, American Chemical Society, 1977. (ACS Symposium Ser., 62).
- REMBOLD, H. Isomeric azadirachtins and their mode of action. In: JACOBSON, M., ed. **Focus on phytochemical pesticides**. Boca Raton, CRC Press, 1988. V. 1: The neem tree. p.47-67.

RODRÍGUEZ H., C. & LAGUNES T., A. Polvos vegetales y minerales; una opción de combate de insectos plaga en el almacenamiento rústico. In: SIMPOSIO NACIONAL DE ENTOMOLOGIA DE PRODUCTOS ALMACENADOS, 2., Oaxaca, 1990. **Perspectivas de la Investigación en México.** Oaxaca, Sociedad Mexicana de Entomología, 1990. p.13-28.

RODRÍGUEZ H., C. & LAGUNES T., A. Plantas con propiedades insecticidas: resultados de pruebas experimentales en laboratorio, campo y granos almacenados. **Agroproductividad**, Montecillo, 1: 17-25, 1992.

ROMO O., J.M. & RODRÍGUEZ H., C. Combate de la conchuela del frijol *Epilachna varivestis* Muls. (Coccinellidae: Coleoptera) con extractos acuosos vegetales en Chapingo, Edo. de México. In: CONGRESO NACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 23. Morelia, 1988. **Resúmenes.** México, Sociedad Mexicana de Entomología, 1988. p.282.

SÁNCHEZ G., M.F. & VAZQUEZ G., M. Actividad insecticida de cinco especies de meliáceas sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). In: CONGRESO NACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 29., Monterrey, 1994. **Resúmenes.** México, Sociedad Mexicana de Entomología, 1994. p.178-9.

SATASOOK, C.; ISMAN, M.B.; ISHIBASHI, F.; MEDBURY, S.; WIRIYACHITRA, P.; TOWERS, G.H.N. Insecticidal bioactivity of crude extracts of *Aglaia* species (Meliaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, 22(2): 121-7, 1994.

- SAXENA, R.C. Antifeedants in tropical pest management. **Insect Science and its Application**, Oxford, 8(4/6): 731-6, 1987.
- SAXENA, R.C.; JUSTO, H.D.; EPINO, P.B. Evaluation and utilization of neem cake against the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, 77(2): 502-7, 1984.
- SAXENA, R.C.; LIQUIDO, N.J.; JUSTO Jr., H.D. Neem seed oil a potential antifeedant for the control of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 1., Rottach-Egern, 1980. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss)**. Eschborn, GTZ Press, 1981. p.171-88.
- SCHMUTTERER, H. Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, 34(7): 713-9, 1988.
- SCHMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, 35: 271-297, 1990.
- SCHOONHOVEN, L.M. Biological aspects of antifeedants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, 31(1): 57-69, 1982.
- SCRIBER, J.M. & SLANSKY Jr., F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, 26: 183-211, 1981.

- SHIN-FOON, C. The active principles and insecticidal properties of some chinese plants, with special reference to Meliaceae. In: INTERNATIONAL NEEM CONFERENCE, 2., Rauischholzhausen, 1983. **Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other tropical plants.** Eschborn, GTZ Press, 1984. p.255-61.
- SHIN-FOON, C. Studies on plants as a source of insect growth regulators for crop protection. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, 107(2): 185-92, 1989.
- SIDDALL, J.B. Chemical aspects of hormonal interactions. In: SONDHEIMER, E. & SIMEONE, J.B., ed. **Chemical ecology.** New York, Academic Press, 1970. p.281-306.
- SILVA, A.C. da. Efeitos inseticida, deterrente e supressor alimentar de alguns extratos vegetais sobre *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) e *Ascia monuste orseis* (Latreille, 1819) (Lepidoptera: Pieridae), em laboratório. Lavras, 1990. 129p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- SIMMONDS, M.S.J.; BLANEY, W.M.; LEY, S.V.; ANDERSON, J.C.; TOOGOOD, P.L. Azadirachtin: structural requeriments for reducing growth and increasing mortality in lepidopterous larvae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, 55(2): 169-81, 1990.
- SLAMA, K. Insect hormones and antihormones in plants. In: ROSENTHAL, G.A. & JANZEN, D.H., ed. **Herbivores; their interaction with secondary plant metabolites.** New York, Academic Press, 1979. p.683-700.

- SOON, L.G. & BOTTRELL, D.G. **Neem pesticides in rice; potential and limitations.** Manila, IRRI, 1994. 64p.
- STARK, J.D.; WONG, T.T.Y.; VARGAS, R.I.; THALMAN, R.K. Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, **85**(4): 1125-9, 1992.
- SU, H.C.F. N-isobutilamides. In: KERKUT, G.A. & GILBERT, L.I., ed. **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology.** Oxford, Pergamon Press, 1985. V. 12: Insect control, p.273-289.
- SUBRAHMANYAM, B. Azadirachtin, a naturally occurring insect growth regulator. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, Bangalore, **99**(3): 277-88, 1990.
- TANZUBIL, P.B. & McCAFFERY, A.R. Effects of azadirachtin and aqueous neem seed extracts on survival, growth and development of the african armyworm, *Spodoptera exempta*. **Crop Protection**, Guilford, **9**(5): 383-6, 1990.
- TAYLOR, F. Timing in the life histories of insects. **Theoretical Population Biology**, New York, **18**: 112-24, 1980.
- USDA NEEM WORKSHOP, 1990. **Neem's potential in pest management programs; proceedings**, edited by J.C. LOCKE & R.H. LAWSON. (USDA/ARS, 86).

- VENDRAMIM, J.D. & SCAMPINI, P.J. Efeito do extrato aquoso de *Melia azedarach* L. sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em dois genótipos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., Caxambu, 1995. **Resumos**. Caxambu, Sociedade Entomológica do Brasil, 1995. p.727.
- VENDRAMIM, J.D.; LARA, F.M.; PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de folhas de cultivares de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) por *Agrotis subterranea* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, 12(2):129-44, 1983.
- VILLAR M., C.; LAGUNES T., A.; RODRÍGUEZ H., C. Evaluación de soluciones vegetales contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en condiciones de campo en San Luis Potosí. In: CONGRESO NACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 23., Morelia, 1988. **Resúmenes**. México, Sociedad Mexicana de Entomología, 1988. p.225.
- WARTHEN Jr., J.D. *Azadirachta indica*: a source of insect feeding inhibitors and growth regulators. **Agricultural Reviews and Manual ARM-NE-4**, U.S. Department of Agriculture-Science and Education Administration: Beltsville, MD. 1979. 21p.
- WARTHEN Jr., J.D. Neem (*Azadirachta indica* A. Juss): organisms affected and reference list update. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, 91(3): 367-88, 1989.

- WILLIAMS, C.M. Hormonal interactions between plants and insects. In: SONDHEIMER, E. & SIMEONE, J.B., ed. **Chemical ecology**. New York, Academic Press, 1970. p.103-32.
- XIE, Y.S.; ISMAN, M.B.; GUNNING, P.; MACKINNON, S.; ARNASON, J.T.; TAYLOR, D.R.; SÁNCHEZ, P.; HASBUN, C.; TOWERS, G.H.N. Biological activity of extracts of *Trichilia* species and the limonoid hirtin against lepidopteran larvae. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, 22(2): 129-36, 1994.
- YOSHIDA, H.A. & TOSCANO, N.C. Comparative effects of selected natural insecticides on *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, 87(2): 305-10, 1994.
- ZHANG, L.; CHAUDHURI, S.K.; KUBO, I. Quantification of insect growth and its use in screening of naturally occurring insect control agent. **Journal of Chemical Ecology**, New York, 19(6): 1109-18, 1993.
- ZHANG, X.; WANG, X.; CHIU, S. Studies on the bioactivities and applications of a chinese botanical insecticide-toosendanin. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19., Beijing, 1992. **Proceedings**. Beijing, 1992. p.570.