

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

LAERTE ANTÔNIO MACHADO

**ESTUDOS BIOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS DE *Migdolus fryanus*
(WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE) E SUA INTERAÇÃO COM
NEMATÓIDES ENTOMOPATOGÊNICOS E OUTROS AGENTES DE
MORTALIDADE**

Tese apresentada ao Instituto de Biologia, da
Universidade Estadual de Campinas, SP, para a
obtenção do título de Doutor em Parasitologia.

Orientador: Dr. Mohamed Ezz El-Din Moustafa Habib

Campinas-SP,

2006

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	
V	EX
TOMBO BC/	68192
PROC.	16.123.06
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	14,00
DATA	26/04/06

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP

M18e

Machado, Laerte Antônio

Estudos biológicos e comportamentais de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: vesperidae) e sua interação com nematóides entomopatogênicos e outros agentes de mortalidades / Laerte Antônio Machado. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Mohamed Ezz El-Din Moustafa Habib.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Cana-de-açúcar. 2. Agentes no controle biológico de pragas. 3. Nematóides de inseto. I. Habib, Mohamed Ezz El-Din Moustafa. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

(scs/ib)

Título em inglês: Biological and manning studies of *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: vesperidae) and its interaction with entomopathogenic nematodes and other agents of mortalities.

Palavras-chave em inglês: Sugarcane; Pest control agents, Biological; Insect nematodes.

Área de concentração: Entomologia.

Titulação: Doutor em Parasitologia.

Banca examinadora: Mohamed Ezz El-Din Moustafa Habib, Ângelo Pires do Prado, Carlos Fernando Salgueirosa de Andrade, Evoneo Berti Filho, Antônio Batista Filho.

Data da defesa: 17/02/2006.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

LAERTE ANTÔNIO MACHADO

**ESTUDOS BIOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS DE *Migdolus fryanus*
(WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE) E SUA INTERAÇÃO COM
NEMATÓIDES ENTOMOPATOGÊNICOS E OUTROS AGENTES DE
MORTALIDADE**

Tese apresentada ao Instituto de Biologia, da
Universidade Estadual de Campinas, SP, para a
obtenção do título de Doutor em Parasitologia.

Orientador: Dr. Mohamed Ezz El-Din Moustafa Habib

Campinas-SP,

2006

Campinas, 17 de fevereiro de 2006

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mohamed Ezz El-Din Moustafa Habib _____
(Orientador)

Prof. Dr. Ângelo Pires do Prado _____

Prof. Dr. Carlos Fernando A. Salgueirosa _____

Prof. Dr. Evôneo Berti Filho _____

Prof. Dr. Antônio Batista Filho _____

Prof. Dr. Luís Garrigós Leite _____

Prof. Dr. Odair Benedito Ribeiro _____

Prof. Dr. Adalton Raga _____

Aos meus pais, Antonio Machado “*In Memoriam*” e Francisca de Oliveira Machado, às minhas irmãs Lia e Doraci, aos sobrinhos Mauro e Eliane e a todos da família Machado, pelo constante apoio, convivência e reconhecimento.

Aos amigos inseparáveis “Rosana e Fernando Fagundes”.
Vocês surgiram pelos ventos mansos, dilataram o meu silêncio, me fizeram forte e enalteceu o meu viver.

Dedico.

Àquele que faz parte de mim.
Laerte Antônio Machado Filho.
Que está sempre junto e que me dá a certeza da
continuidade...

Ofereço.

“Se um dia retornar a este imenso universo, serei a mesma pessoa que estou sendo hoje. Lutarei muito pelos meus ideais e procurarei sempre a harmonia, entre a humanidade e os demais seres vivos. O meu objetivo continuaria sendo o mesmo de hoje: gerar bem comum”.

L.A. Machado, 1998.

Passa-se o tempo, vão-se os anos, aperfeiçoam-se os homens e evoluem-se os demais seres vivos. A luta continua sendo a mesma: a sobrevivência e o equilíbrio entre as espécies do planeta. Além disso, a incansável busca pelos homens por uma vida fraterna e digna.

L.A. Machado, 2006.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Biológico do Estado de São Paulo, órgão ao qual pertenço e que me proporciona a oportunidade de desenvolver minhas atividades profissionais como Pesquisador Científico.

Ao Prof. Dr. Mohamed Habib, minha eterna gratidão, por ter me acolhido neste projeto de vida, por ter dado a orientação e pelo exemplo de dedicação frente às questões humanitárias.

Aos professores do Departamento de Parasitologia da Unicamp, em especial ao Prof. Ângelo, ao Prof. Nelson, à Prof^a. Eliana, à Prof^a. Ana Maria, à Prof^a. Silmara, à Prof^a. Marlene, à Prof^a. Urara e ao Prof. Magalhães, pelos ensinamentos e pela constante convivência amiga.

Aos Funcionários do Departamento, Andréia, Rubens, Nilson, João, Ivo e Marina, pela amizade e pelo apoio ao longo da realização das disciplinas.

Aos colegas e amigos de curso da Pós-graduação, pelo convívio e oportunidade de trocas de informações inerentes à pesquisa e assuntos diversos, em especial, Haydée Maria, Patrícia, Dora, David e Wagner.

Ao Pesquisador Científico, Dr. Luís Garrigós Leite, do Instituto Biológico, pela valiosa colaboração e sugestões para o desenvolvimento das pesquisas.

Aos demais Pesquisadores do Instituto Biológico, em especial, ao Dr. Antônio Batista Filho, Dr. Valmir A. Costa e Dr. José Eduardo Marcondes de Almeida, pela colaboração, sugestão e convivência amiga.

Aos estagiários Roberto, Fernando, Lucas e Luciana Lisi, pelo apoio e colaboração na parte das pesquisas laboratoriais.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo financiamento das pesquisas.

À Usina Cerradinho Açúcar e Álcool S/A, Destilaria Alcídia, EQUIPAV S/A Açúcar e Álcool, Usina Guarani e a empresa Bio Controle, pelo apoio logístico e colaboração para o desenvolvimento das pesquisas.

Ao Prof. Manoel Martins Dias da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR, pela colaboração nas observações e análises morfológicas dos exemplares.

Ao Eng. Agr. Luiz Antonio Paiva, aos Técnicos José Miguel, Dorival, Maeda, Valtinho e demais trabalhadores de campo, da Usina Cerradinho Açúcar e Álcool, pela amizade e o constante apoio para a realização das pesquisas de campo.

Ao Eng. Agr. Carlos Eduardo e ao Técnico Robertinho da Destilaria Alcídia, pelo apoio e amizade.

À colega de turma, Bióloga, Maria Antonieta S. P. Lima, pelo reencontro, e aos demais funcionários da Usina Equipav açúcar e Álcool, pela amizade e o constante apoio para a realização das pesquisas de campo.

Aos amigos, João Dias, Donizete Reis, Tuca Góis e João Leopoldino, pelo incentivo a minha carreira acadêmica e por estarmos sempre juntos.

A todos aqueles que colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

Índice de Figuras	xii
Índice de Tabelas	xiv
RESUMO GERAL	xvi
GENERAL ABSTRACT	xix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Objetivos Gerais:	3
1.2. Objetivos pontuais:	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Cana-de-açúcar	4
2.1.1. Introdução da cultura da cana-de-açúcar no Brasil	4
2.1.2. Aspectos taxonômicos	5
2.1.3. Aspectos fitossanitários	6
2.1.3.1. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar, <i>Diatraea saccharalis</i>	9
2.1.3.2. Controle biológico da cigarrinha das folhas, <i>Mahanarva posticata</i> e das raízes, <i>M. fimbriolata</i>	10
2.1.4. Perspectivas da cultura de cana-de-açúcar no Brasil.....	12
2.1.5. Impactos ambientais da cultura de cana-de-açúcar	12
2.1.6. Referências bibliográficas	16
2.2. <i>Migdolus fryanus</i>	21
2.2.1. Sistemática do gênero <i>Migdolus</i> e distribuição geográfica	21
2.2.2. Importância econômica.....	22
2.2.3. Aspectos biológicos e comportamentais.....	24
2.2.4. Controle	26
2.2.4.1. Prática cultural	28
2.2.4.2. Controle químico	29
2.2.4.3. Controle por comportamento.....	30
2.2.5. Referências bibliográficas	31
2.3. Nematóides entomopatogênicos	35
2.3.1. Biologia	36
2.3.2. Produção	37

2.3.3. Preservação e formulação.....	38
2.3.4. Uso de nematóides entomopatogênicos.....	40
2.3.4.1. Cana-de-açúcar e pastagens.....	43
2.3.4.2. Milho.....	45
2.3.4.3. Banana.....	46
2.3.4.4. Café.....	46
2.3.4.5. Batata.....	47
2.3.4.6. Parasitas de importância veterinária e de saúde pública.....	48
2.3.5. Referências bibliográficas.....	49
3. CAPITULO 1.....	57
ESTUDOS BIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DE <i>Migdolus fryanus</i> (WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE) PRAGA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	
3.1. RESUMO.....	57
3.2. ABSTRACT.....	58
3.3. INTRODUÇÃO.....	59
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
3.5.1. Biologia.....	62
3.5.2. Aspectos morfológicos.....	64
3.5.2.1. Adultos.....	64
3.5.2.2. Larvas.....	67
3.5.2.3. Ovos e larvas de primeiro estágio:.....	68
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
4. CAPÍTULO 2.....	72
ESTUDOS ECOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS DE <i>Migdolus fryanus</i> (WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE), EM CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR, NO ESTADO DE SÃO PAULO	
4.1. RESUMO.....	72
4.2. ABSTRACT.....	73
4.3. INTRODUÇÃO.....	74

4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	75
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.5.1. Revoadas.....	76
4.6.2. Flutuação populacional de larvas	79
4.7.3. Número de larvas por touceira de cana-de-açúcar.....	82
4.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
5. CAPÍTULO 3	86
PATOGENICIDADE DE NEMATÓIDES ENTOMOPATOGÊNICOS A OVOS E LARVAS DE <i>Migdolus fryanus</i> (COLEOPTERA: VESPERIDAE)	
5.1. RESUMO	86
5.2. ABSTRACT	87
5.3. INTRODUÇÃO:.....	88
5.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
5.4.1. Experimento 1	89
5.4.2. Experimento 2	90
5.4.3. Experimento 3	90
5.4.4. Análise estatística	91
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	96
6. CAPÍTULO 4	99
EFEITO DE DOIS AGENTES BIOLÓGICOS E UM QUÍMICO NA SUPRESSÃO DE POPULAÇÕES DE ENTOMOFAUNA DE SOLO EM CANAVIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO	
6.1. RESUMO	99
6.2. ABSTRACT	101
6.3. INTRODUÇÃO.....	102
6.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	103
6.4.1. Cana-planta.....	103
6.4.2. Cana-soca	104
6.4.3. Análise estatística	104
6.5. RESULTADOS	105

6.6. DISCUSSÃO.....	113
6.7. CONCLUSÃO.....	115
6.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
7. CONCLUSÕES GERAIS	119

Índice de Figuras

Capítulo 1:

- Figura 1 - Aspectos morfológicos de adultos de *Migdolus fryanus*. A: antena de macho, B: antena de fêmea, C: asa de macho e D: asa atrofiada de fêmea.i
- Figura 2 - Coloração de machos e fêmeas de *Migdolus fryanus*. A: machos de coloração preta, B: machos de coloração marrom e C: fêmeas de coloração castanha. 66
- Figura 3 - *Migdolus fryanus*. A: mandíbula com redução e B: mandíbula normal. 67
- Figura 4 - A: Larva de *Migdolus fryanus* e B: detalhe da projeção abdominal (ampolas ventrais) 68
- Figura 6 - Ovo e larva recém-eclodida de *Migdolus fryanus* 69

Capítulo 2:

- Figura 1 - Vista aérea de canavial com reboleiras (áreas amareladas) de ataque de *Migdolus fryanus*, (Foto aérea cedida pela Usina EQUIPAV Açúcar e Álcool – Promissão/SP). 76
- Figura 2 - A: Fêmea de *Migdolus fryanus* com a cabeça exposta, rente ao solo, para liberação do feromônio de atração do macho. B: Macho prendendo a fêmea com as mandíbulas, primeiro e segundo par de pernas para realização da cópula. 78
- Figura 3 - A: Orifício de saída da fêmea de *Migdolus fryanus*. B: Orifício de saída do macho. 79
- Figura 4 - Flutuação populacional de larvas de *Migdolus fryanus* em cultura de cana-de-açúcar, no município de Catanduva/SP (mar – fev 2002/2003).i
- Figura 5 - Flutuação populacional de larvas de *Migdolus fryanus* em cultura de cana-de-açúcar, no município de Catanduva/SP (mar – fev 2003/2004). 80

Capítulo 3:

- Figura 1 - Juvenis infectivos de *Heterorhabditis indica* na região da aerópila do ovo de *Migdolus fryanus*. 92
- Figura 2 - A: Larva sadia de *Migdolus fryanus*, B: Larva infectada por *H. indica* 95

Capítulo 4:

Figura 1 - Média de larvas e ninfas por tratamento em áreas tratadas com o inseticida Fipronil, o fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e o nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> na cultura da cana-de-açúcar (1º corte), Catanduva/SP, 2004.	107
Figura 2 - Produtividade de cana de açúcar (1º corte) sob o Efeito do inseticida Fipronil, do fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> sobre populações de insetos pragas de solo, Catanduva/SP, ano de 2004.	108
Figura 3 - Média de larvas e ninfas por tratamento em áreas tratadas com inseticida Fipronil, do fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (2º corte) Catanduva/SP, 2005.	110
Figura 4 - Produtividade de cana de açúcar sob o efeito do inseticida Fipronil, do fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> sobre populações de insetos pragas de solo, (2º corte), Catanduva/SP, ano de 2005.	112
Figura 5 - População média de insetos de solo durante 2 levantamentos aos 40 e 360 dias após o plantio da cana-de-açúcar, em Catanduva/SP.	113

Índice de Tabelas

Revisão Bibliográfica

Tabela 1 - Distribuição geográfica das espécies de <i>Migdolus</i> (Dias 1984).....	22
Tabela 2 - Nematóides esteinernematídeos e heterorabditídeos encontrados e isolados na América Latina e Caribe (Georgis & Hom, 1992; Stock, 1993a; Stock, 1993b; Mracek et al., 1994; Arteaga & Vasquez, 1991; Doucet & Doucet, 1995; Roman & Figueroa, 1995; Rodriguez et al., 1996; Saenz, 1999).....	42

Capítulo 1:

Tabela 1 - Dieta para a criação de <i>Diploschema rotundicolle</i> (Machado & Berti Filho, 1999) + 50 g de cana-de-açúcar triturada	61
Tabela 2 - Tamanho e longevidade de adultos de <i>Migdolus fryanus</i> coletados em 4 municípios do estado de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio).....	62
Tabela 3 - Alguns parâmetros biológicos das fases imaturas de <i>Migdolus fryanus</i> coletados em 4 municípios do estado de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio) (Temp. 26° C, U.R. 70 %, Fotoperíodo de 12 h).	63

Capítulo 2:

Tabela 1 - Número de larvas de <i>Migdolus fryanus</i> coletadas em cultura de cana-de-açúcar, durante 24 levantamentos para estudo da flutuação, no município de Catanduva/SP (2002/03, 2003/04).	81
Tabela 2 - Número médio de larvas de <i>Migdolus fryanus</i> por touceira de cana-de-açúcar em 3 municípios do estado de São Paulo. (Olímpia, Catanduva e Teodoro Sampaio)	83

Capítulo 3:

Tabela 1 - Mortalidade de ovos de <i>Migdolus fryanus</i> causada por Juvenis Infectivos (JIs) de <i>Heterorhabditis indica</i> em duas concentrações (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).	92
---	----

Tabela 2 - Mortalidade de larvas recém-eclodidas de <i>Migdolus fryanus</i> causada por <i>H. indica</i> e <i>Steinernema glaseri</i> (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).	93
Tabela 3 - Mortalidade de larvas (3 a 4 cm) de <i>Migdolus fryanus</i> causada por <i>H. indica</i> e <i>Steinernema glaseri</i> em duas concentrações (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).	94

Capítulo 4:

Tabela 1 - Número médio de larvas, ninfas e produtividade da cana por tratamento, comparando-se o efeito do inseticida Fipronil, do fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> , sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (1° corte), Catanduva/SP, 2004.	106
Tabela 2 - Número médio de larvas, ninfas e produtividade da cana sob a ação do inseticida Fipronil, do fungo <i>Metarhizium anisopliae</i> e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (2° corte), Catanduva/SP, 2005.	109
Tabela 3 - Número médio de larvas de <i>Cyclocephala paraguayensis</i> e <i>Migdolus fryanus</i> sob o efeito do inseticida Fipronil, e do nematóide <i>Heterorhabditis indica</i> sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (Cana soca), Teodoro Sampaio/SP, 2004.	111

RESUMO GERAL

No presente estudo registraram-se dados biológicos e morfológicos de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Vesperidae), praga da cultura da cana-de-açúcar. Machos e fêmeas, imediatamente após o acasalamento eram coletados em campo, trazidos ao laboratório (temp. 26 ± 2 °C umidade relativa U.R. 70 ± 10 % e fotofase de 12 h), onde se procederam as observações. Fêmeas foram individualizadas em baldes de plástico (20 L). Observou-se o número de ovos colocados, o tamanho, a viabilidade o desenvolvimento embrionário e o tamanho das larvas ao eclodirem. As medições foram obtidas com um micrômetro ocular de escala de 0,05 mm. Machos foram conduzidos em cilindros de vidros (12 cm alt. X 12 cm Ø), fechados com placas de Petri (15 cm de Ø) e definida a longevidade. Utilizando-se 50 larvas estudou-se uma dieta artificial modificada, sendo acrescida em sua receita 50 g de cana-de-açúcar “in natura” moída. Para os estudos morfológicos, os adultos foram coletados em cultivo de cana-de-açúcar, pastagens e cafezal abandonado, sendo os caracteres observados com microscópio estereoscópico. As macro-medições foram tomadas com um paquímetro, de escala de 1 mm. As fêmeas depositaram 19 a 38 ovos/fêmea ($\bar{X} = 29,4 \pm 5,5$), com viabilidade de 65 a 98 % ($\bar{X} = 84,9 \pm 11,6$) e desenvolvimento embrionário de 17 a 25 dias ($\bar{X} = 20,6 \pm 0,9$). Os ovos têm formato oval e mediram 3 a 5 mm ($\bar{X} = 4,5 \pm 1,8$). A longevidade das fêmeas variou de 28 a 38 dias ($\bar{X} = 32,5 \pm 3,5$) e de machos de 3 a 9 dias ($\bar{X} = 5,8 \pm 1,9$). As larvas ao eclodirem mediram entre 4 a 6 mm. Na dieta as larvas foram mantidas por 2 anos, passando por 6 e 7 ecdise, mas não completando o ciclo ovo-adulto. Embora os adultos tenham apresentado grandes variações morfológicas, em dimensões e coloração, apenas a espécie *M. fryanus* foi constatada, nos municípios estudados. Em outra pesquisa estudou-se o comportamento de revoada, na ocasião do acasalamento, em canaviais de 4 municípios de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio), entre os meses de outubro de 2001 e março de 2003, realizando-se 3 observações por município em cada ano. Em Catanduva/SP foi estudada a flutuação de larvas por intermédio de abertura de trincheiras no solo (50 cm X 50 cm X 40 cm de profundidade), entre os meses de março de 2002 e fevereiro de 2004. Além disso, no mês de setembro de 2003 foi comparado entre três municípios (Olímpia, Catanduva e Teodoro Sampaio) o índice de infestação de larvas por touceira de cana, em

reboleira atacadas. As revoadas ocorreram sempre após chuvas, algumas duraram até 7 dias e aconteceram entre os meses de outubro e março. Fêmeas se posicionaram de forma bem sincronizada entre 8:00 e 10:00 h da manhã e permaneceram no solo até o aparecimento dos machos. Os machos foram freqüentes o dia todo, aparecendo primeiro que as fêmeas. A cópula demorou entre 5 a 30 segundos. As larvas foram mais freqüentes entre março e setembro e estiveram em maior número no período de baixa pluviosidade (julho a setembro). O maior índice por touceira ocorreu em Teodoro Sampaio, ($\bar{X} = 3,96$ larvas) e Olímpia, ($\bar{X} = 3,88$ larvas) que diferiram significativamente de Catanduva, ($\bar{X} = 1,6$ larvas). Com relação as reboleiras estudadas ocorreu diferença significativa do número de larvas por touceira no município de Olímpia. A patogenicidade de nematóides entomopatogênicos, nativos, *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) (Rhabditida: Steinernematidae) e *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) (IBCB-n5) foi avaliada contra ovos e larvas de *M. fryanus*, em condições de laboratório. No experimento 1, ovos do inseto foram expostos a uma suspensão de Juvenis Infectivos (JIs) de *H. indica*, em 2 concentrações, 60 e 600 JIs/ovo. Foram considerados 3 tratamentos com 3 repetições, cada uma com 5 ovos. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Porém, constatou-se a penetração do nematóide e redução da viabilidade. No experimento 2 avaliou-se *S. glaseri* e *H. indica* (600 JIs/larva) contra larvas recém-eclodidas de *M. fryanus*. O experimento constou de 3 tratamentos com 4 repetições, cada uma com 5 larvas. *S. glaseri* causou 100 % de mortalidade e *H. indica* 80 %, diferindo significativamente da testemunha. No último ensaio estudou-se *S. glaseri* e *H. indica* em 2 concentrações (400 e 800 JIs/Inseto) contra larvas de 3 a 4 cm de tamanho. Consideraram-se 7 repetições por tratamento, cada uma contendo 3 larvas. Não ocorreu diferença significativa entre as concentrações dos nematóides. Já a patogenicidade de *H. indica*, nas 2 concentrações, destacou-se significativamente da testemunha e de *S. glaseri*, proporcionando mortalidade larval de 76,43 e 71,57 % respectivamente. Os resultados demonstraram que esses nematóides têm potencial para serem utilizados como agentes de controle biológico de *M. fryanus* em cultivos de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. Em uma pesquisa de campo, comparou-se a eficiência de 3 agentes de controle, em 2 situações (cana-planta e cana-soca) contra insetos de solo. O fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) (IBCB-348), e o

nematóide *H. indica*, foram os agentes biológicos escolhidos, junto com o inseticida químico fipronil, (Regent 800 WG). *H. indica*, foi usado em 2 concentrações, 5×10^8 e 5×10^9 (JIs)/ha, o inseticida Fipronil 800 WG, na dosagem de 500g/ha, e o fungo *M. anisopliae* 30 kg/ha, contendo 5×10^8 de esporos/g, mais a testemunha. Consideraram-se 5 repetições por tratamento, cada uma formada por parcelas de 7 sulcos de 5,00 m de comprimento e espaçamento de 1,40 m entre linhas. Os produtos foram aplicados, com um pulverizador costal com bico tipo leque. Foram efetuadas duas avaliações, aos 40 e 360 dias após o plantio da cana, mediante a abertura de 2 trincheiras (50 cm X 50 cm X 40 cm de profundidade) em cada parcela. Já a produção foi avaliada em agosto de 2004, 1º corte e setembro de 2005, 2º corte. Em outra pesquisa, em um canavial de 4º corte (cana-soca), estudou-se *H. indica* na concentração de 5×10^8 JIs/ha, Fipronil 800 WG, 300 g/ha e a testemunha. Consideraram-se cinco repetições por tratamento, cada qual formada por parcela de 6 sulcos com 10 m de comprimento e espaçamento de 1,40 m entre linhas. As aplicações foram efetuadas, usando-se trator com um pulverizador desprovido de bico e com vazão de 1200 litros de água/ha. Os produtos foram distribuídos a uma profundidade de 10 a 15 cm no solo, nos dois lados da linha de plantio. Foi efetuada uma avaliação, pelo mesmo sistema anterior, aos 20 dias após a aplicação. Em cana planta, obteve-se um incremento na produtividade 14,25 %, com *M. anisopliae* e *H. indica* na concentração de 5×10^9 . Para *H. indica* na concentração de 5×10^8 o aumento foi de 17,6 %. Já o produto químico resultou em apenas 5,9 % de aumento. Em cana soca, tanto o produto químico como *H. indica* diferiram significativamente da testemunha ($F = 9,11$; $P = 0,004$) e ($F = 5,40$; $P = 0,02$) respectivamente. *H. indica* promoveu uma supressão na população de *M. fryanus* de 45, 2 % e na de *Cyclocephala paraguayensis* Arrow, 1903 (Coleoptera: Scarabaeidae) de 54,8 %. O inseticida promoveu um controle de 41,5 % para *M. fryanus* e 42 % para *C. paraguayensis*.

PALAVRAS-CHAVE: Cana-de-açúcar, controle biológico, nematóides entomopatogênicos, *Migdolus fryanus*.

GENERAL ABSTRACT

During de present study biological and morphological data of *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Vesperidae) were obtained. Males and females after mating were collected in sugar cane field and brought to the laboratory for morphological and biological investigations. Females were individualized in plastic containers (20 L). The dimensions were calculated utilizing an ocular micrometer of 0,05 mm precision. Males were maintained in glass cylinders (12 cm height X 12 cm Ø), covered with Petri dishes (15 cm Ø) the longevity data for obtained. An artificial and modified diet was studied adding 50 g of triturated fresh sugar cane. For the morphological observations the insects were collected in sugar cane fields, pastures and abandoned coffee crops, and the material was examined by means of an optical microscope. The measurements were taken with a 1 mm precision paquimeter. The females deposited from 19 to 38 eggs, with an average of 29.4 ± 5.5 . The egg viability ranged from 65 and 98 % with an average of 84.9 ± 11.6 and the egg period from 17 to 25 days, with an average of 20.6 ± 0.9 . The egg length varied from 3 to 5 mm. The female longevity lasted from 28 to 38 days, with an average of 32.5 ± 3.5 and the male from 3 to 9 days, with an average of 5.8 ± 1.9 . The hatching larvae measured from 4 to 5 mm. The larvae were maintained for 2 years, undergoing 6 or 7 moults without reaching the pupal stage. The adults showed significant variation in color and dimensions, but only the species *M. fryanus* was detected. *M. fryanus* normally causes high damages in sugar cane fields. The reproductive behavior should be considered important as a strategic point to reach control methods. The flight behavior during mating was studied in 4 municipalities of São Paulo state, in sugar cane fields, (Olímpia, Catanduva, Promissão and Teodoro Sampaio), from October 2001 to March 2003. The fluctuation of larvae populations was studied in Catanduva/SP between March 2002 and February 2004. On September 2003, the larval infestation among sugar cane roots was compared in the municipalities of Olimpia, Catanduva and Teodoro Sampaio. The reproductive flight involves a high adult male density and occurred after raining, between October and March. Such flights lasted up to seven days. The female comes out from soil in the morning from 8:00 to 10:00 a.m., for mating. Normally and influenced by the female sex pheromone, the male could be seen in the spots before the female emergence. The mating lasted from 5 to

30 seconds. Immediately after mating, the female returned to the soil to start oviposition. Larvae were more frequent between June and September (dry season). The highest larval infestation was observed in Teodoro Sampaio; while the lowest one occurred in Catanduva. Native entomopathogenic nematodes, *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) (Rhabditida: Steinernematidae) e *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) (IBCB-n5) were evaluated against eggs and larvae of *M. fryanus* under laboratory conditions. In a first experiment, eggs of the insect were exposed to suspensions of Infective Juveniles (IJs) of *H. indica* in 2 concentrations, 60 and 600 IJs/egg. Three treatments, each one with 3 replications containing 5 eggs, were used. The nematode did not differed significantly from the control, but it penetrated the eggs and reduced the viability. In the second experiment, *S. glaseri* and *H. indica* (600 IJs/larva) were evaluated against the newly hatching larvae of *M. fryanus*. Four replications per treatment, each one with 5 larvae were used. Both nematodes caused significantly higher mortality. *S. glaseri* caused 100 % of mortality and *H. indica* 80 %. There was no significative difference between the nematodes. In the last experiment, we evaluated *S. glaseri* and *H. indica* in 2 concentrations (400 and 800 IJs/larva) against the last larval stage of *M. fryanus*. Seven replications, each one with 3 larvae per treatment were used. There was no significative difference between the concentrations for both nematodes. However, *H. indica* showed more efficiency for it caused significative difference in larvae mortality in two concentrations (76.43 and 71.57 % respectively). *H. indica*. and *S. glaseri* were pathogenic to egg and larvae of *M. fryanus*. These nematodes seem to have high potential for the control of *M. fryanus* in sugar cane crop, in Sao Paulo State of Brazil. In the field studies the efficiency of three control agents (two biological and one chemical) was investigated in two different situations, against some sugar cane soil insects. While the first situation involves a planted sugar cane field, less than a year old, the second one was set in a 4 years old sugar cane. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) (IBCB-348) and the nematode *H. indica* were the biological agents; while fipronil (Regent 800 WG) was the chemical insecticide. Two concentration of *H. indica* were utilized: 5×10^8 and 5×10^9 IJs/ha. The chemical product was applied in a concentration of 300 g/ha, while *M. anisopliae* in a concentration of 30 kg/ha. For the first situation, each treatment was divided in 5 replications with 7 rows

each. Each line was 5 m in length and the spacing between rows was 1.4 m. The products were applied by using a costal spraying machine, and the treatments were evaluated 40 and 360 days after application. Two square spots per replication were examined and the insects were counted. The dimensions for each spot were 50 cm X 50 cm X 40 cm depth. The productivity for each treatment was calculated through data obtained during August 2004 and September 2005. For the second situation, the applications were done by using a tractor system, with the same dosages mentioned above, diluted in 1.200 liters per ha. In the case of *H. indica*, only the concentration of 5×10^8 JIs/ha was utilized. Each replication was composed of 6 rows, 10 meter long. Spacing between rows was the same mentioned above. The control agents were applied in the soil at a depth which varied from 10 to 15 cm, on both sides of the same row. The efficiency of each treatment was evaluated 20 days after application. As to the young culture (the 1st situation), *M. anisopliae*, as well as the higher concentration of nematode treatment, resulted in 14.25 % of more productivity. The lower nematode concentration increased the productivity in 17.6 %. While the chemical insecticide increased only 5.9 % of it. For the older field (the 2st situation), the nematode as well as chemical insecticide suppressed the soil fauna more successfully than the control.

KEY-WORDS: Sugar cane, biological control, entomopathogenic nematodes, *Migdolus fryanus*

1. INTRODUÇÃO GERAL

O expressivo crescimento da produção de cana-de-açúcar, no Brasil, nas últimas décadas, tem determinado importantes mudanças no que se refere ao controle de pragas. Os números do setor canavieiro impressionam pela grande extensão da área cultivada. A cana-de-açúcar ocupa hoje por volta de 6 a 6,5 milhões de ha de terras, o equivalente a 1,5 % dos solos cultivados do Brasil, caracterizando um sistema de monocultivo que tem especial significado econômico e social para o país. Um levantamento da oferta de cana-de-açúcar no mundo, referente ao período 1990-2000 (FAO e IBGE), consolida o Brasil e a Índia como líderes da produção. O país produz por volta de 370 milhões de tonelada de cana por ano, o que equivale a 27 % da produção mundial. Nos últimos 5 anos o mercado cresceu, seguidamente, 10 % ao ano, exigindo, dessa forma, planejamentos estratégicos e mudanças de tecnologia para garantir uma alta produtividade, competitividade e harmonia com as questões ambientais. Em média, 55 % da cana brasileira é convertida em álcool e 45 % em açúcar. As receitas em divisas estão variando entre US\$ 1,5 a 1,8 bilhões por ano, representando cerca de 3,5 % do total das exportações brasileira. O estado de São Paulo é o maior produtor com uma área de, aproximadamente, 3 milhões de ha, envolvendo mais de 350 municípios que são considerados canavieiros. Essa atividade empregou diretamente 235 mil trabalhadores na safra 99/2000 e por volta de 80 mil na agroindústria do açúcar, álcool e aguardente, totalizando 315 mil pessoas ocupadas nessa atividade.

O cultivo da cana-de-açúcar é bastante complexo, podendo ser obtido de um único plantio 5 a 7 colheitas, sendo que após cada ciclo deve se fazer altos investimentos para que a renovação do canavial proporcione boa produtividade da colheita seguinte. Dentre esses investimentos, encontra-se o custo com inseticidas para o controle de insetos praga, os quais provocam sérios prejuízos à cultura. Como insetos praga na cultura da cana-de-açúcar destacam-se as chamadas pragas de solo: a cigarrinha das raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stål., 1855) (Hemiptera: Cercopidae), o Vesperídeo das raízes, *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Vesperidae), a broca do rizoma, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), larvas de escarabeídeos, curculionídeos, e lepidópteros, cupins, e percevejo castanho.

Para o controle desses insetos, atualmente, utilizam-se inseticidas químicos que, além de elevar o custo da cultura, apresentam persistência prolongada no ambiente, podendo eliminar partes significativas de populações de organismos benéficos, além de serem levados pelas águas das chuvas, pelo processo de lixiviação, para mananciais podendo contaminar peixes e outras espécies de seres vivos. Na atualidade, tanto a comunidade científica quanto à sociedade civil têm se preocupado com as questões ambientais e a preservação da vida no planeta. Assim, surge a perspectiva do cultivo orgânico da cultura da cana-de-açúcar. Isso tem levado os produtores a adequar a atividade agrícola a uma ação que seja ambientalmente correta e economicamente viável, crescendo a procura por métodos alternativos ao controle químico, abrindo, desta forma, grande oportunidade para a implementação de pesquisas com agentes de controle biológico.

Para o controle de insetos que ocorrem no solo, os nematóides entomopatogênicos são bastante promissores por apresentarem: i) capacidade de localização e busca do hospedeiro; ii) comprovada eficiência no controle de algumas espécies de insetos, em especial as chamadas pragas de solo ou que passam parte do ciclo biológico nele; iii) não são prejudiciais ao homem ou animais domésticos e de interesse zootécnico; iv) possibilidade de produção massal “*in vitro*” e formulação, a custos economicamente viáveis; v) isenção de registro como produtos biológicos, quando formulados junto à “Environmental Protection Agency - EPA”, nos Estados Unidos, ou organismos congêneres em vários outros países; vi) em se tratando de cana-de-açúcar, ambiente da cultura bastante favorável para atuação e preservação de nematóides entomopatogênicos, especialmente em áreas de colheitas mecanizadas, onde se forma uma espessa camada de palha cobrindo o solo.

Embora estes organismos estejam disponíveis em escala comercial, para o uso em culturas de alto valor de mercado, em países, tais como Estados Unidos, Canadá, Japão e Austrália, no Brasil este campo de estudo ainda não tem sido explorado e a diversidade de espécie de nematóides entomopatogênicos é praticamente desconhecida. Acrescente-se a isto o fato de existirem poucos especialistas trabalhando com estes importantes organismos de solo.

1.1. Objetivos Gerais:

Esse estudo tem como finalidade geral contribuir para que a agricultura paulista canavieira torne-se ecologicamente menos impactante e economicamente mais viável, através de práticas de supressão populacional de fitófagos praga, baseadas em princípios de controle biológico e de conhecimentos mais profundos sobre a entomofauna do solo desta cultura.

1.2. Objetivos pontuais:

- ◆ Obter dados biológicos, morfológicos e comportamentais sobre *Migdolus fryanus*.
- ◆ Avaliar o potencial patogênico dos nematóides nativos *Steinernema glaseri* e *Heterorhabditis indica* sobre ovos e larvas de *M. fryanus* em condições de laboratório.
- ◆ Investigar a eficiência de agentes bióticos e abióticos na supressão populacional de entomofauna de solo em cultura de cana-de-açúcar, tendo como alvo principal *M. fryanus*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cana-de-açúcar

2.1.1. Introdução da cultura da cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar é cultivada comercialmente em mais de 70 países e territórios sendo os maiores produtores o Brasil, Índia, Cuba, México, China, Filipinas, Austrália, África do sul, Estados Unidos da América, República Dominicana e Formosa (Ros, 2004).

Desde os tempos do seu descobrimento que o Brasil cultivava a cana-de-açúcar, sendo os primeiros canaviais implantados com mudas trazidas de outros continentes pelos colonizadores. Embora exista alguma opinião divergente com relação à origem geográfica, segundo um consenso geral entre os historiadores, a cana-de-açúcar é oriunda do Sudoeste Asiático, Java, Nova Guiné e também da Índia (Fahl et al., 1998).

De acordo com Castro & Kluge (2001) com a chegada da expedição colonizadora de Martin Afonso de Souza em 1532, por ordem do rei de Portugal, Dom João III, o Brasil foi dividido em Capitânicas Hereditárias e então se fundou a vila São Vicente, em São Paulo, onde foi construído um engenho denominado de São Jorge e que é reconhecido por alguns estudiosos como o primeiro do Brasil, ainda que um outro, de nome São João, também figure como construído na mesma época e na mesma região (1533). Em 1534 consolidou-se a divisão do Brasil em Capitânicas Hereditárias e daí por diante, a cana se expandiu de modo crescente, enquanto todas as Capitânicas consolidavam suas implantações através da formação de canaviais e de engenhos. Durante o Império, o país dependeu basicamente do cultivo da cana e da exportação do açúcar. A história é unânime que foi na Capitania de Pernambuco, pertencente a Duarte Coelho, onde se implantou e floresceu o primeiro centro açucareiro do Brasil motivado por três aspectos importantes: a habilidade e eficiência do donatário, a terra e clima favoráveis à cultura e a situação geográfica de localização mais próxima da Europa em relação à região de São Vicente, que foi outro centro que se destacou como iniciador de produção de açúcar no Brasil.

2.1.2. Aspectos taxonômicos

A cana-de-açúcar é um vegetal semiperene que pode ser cultivada em áreas subtropicais, entre 15° e 30° de latitude e pertence a seguinte classificação botânica (Castro & Kluge, 2001):

Divisão: Magnoliophyta

Subdivisão: Angiosperma

Classe: Liliopsida

Subclasse: Commelinidae

Família: Poaceae (= Graminae)

Tribo: Andropogonae

Subtribo: Saccharinae

Gênero: *Saccharum*

A primeira espécie introduzida no Brasil foi *Saccharum officinarum* L., que foi trazida da ilha da Madeira, em 1502. Essa espécie era uma cana reconhecida como nobre ou cana tropical, caracterizada pelo seu alto teor de açúcar, porte elevado, colmo grosso e pouco teor de fibras. Devido a essas características *S. officinarum* foi cultivada nos três primeiros séculos da colonização, provavelmente uma única variedade, que no século XIX recebeu o nome de cana “Creoula” ou “Mirim” ou ainda “Cana da terra”, para distinguir dos novos cultivares importados que começaram a chegar no país (Lima, 1984).

Segundo Miocque & Machado Jr. (1977), o ciclo da crioula estendeu-se desde 1532 a 1810 e por ser pouco rústica e susceptível a várias doenças, seu cultivo estava limitado a terras virgens com alta fertilidade. A substituição por híbrido interespecífico do gênero *Saccharum* se deu em função do sucessivo uso. Dessa forma, cultivares dessa espécie começaram a sofrer problemas com doenças, pragas e falta de adaptações ecológicas (Fahl et al., 1998).

Nunes Jr. (1987) relata que a variedade Creoula começou a ser substituída pela cana Caiana a partir do ano de 1810, nos principais estados produtores (Bahia, Pernambuco e Rio de Janeiro). Por ser uma variedade mais produtiva e rica em sacarose, proporcionou

ganhos significativos para a indústria açucareira no Brasil, tendo sido considerada como o principal fator que levou este segmento à expansão. Ainda, segundo esse autor, o ciclo da caiana durou até próximo do ano de 1880 quando essa variedade foi submetida a um severo ataque de Gomose nas principais regiões canavieiras do país.

2.1.3. Aspectos fitossanitários

De acordo com Landell et al. (2003a), o início das pesquisas com a cana-de-açúcar esta associada ao surgimento da Gomose no séc. XIX, o Mosaico em 1922, o Carvão em 1947 e a expansão para áreas de cerrado em 1975, com o advento do Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL, criado pelo governo federal (Decreto 76593 de 14/11/1975). A partir da criação do PROALCOOL um novo ciclo de pesquisa se iniciou dando suporte a expansão da cultura no país. Em poucos anos, as áreas plantadas com a cana-de-açúcar triplicaram, invadindo áreas consideradas menos aptas principalmente nas regiões de cerrados. Para enfrentar os novos desafios advindos dessa expansão iniciaram-se os programas de melhoramento genético visando à obtenção de novas variedades, que surgiram no Brasil no começo do século passado.

Atualmente, segundo Landell et al. (2003b), existem três programas em andamento no Brasil, sendo eles:

O programa de melhoramento do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC;

O programa de melhoramento da Cooperativa dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo - COPERSUCAR;

O programa de melhoramento das Universidades Federais que compõem a rede Interuniversitária para o desenvolvimento do Setor Sucroalcoleiro - RIDESA.

A duração de uma variedade é limitada e, por esta razão, os trabalhos de criação de novas variedades têm sido contínuo e permanentes a fim de se obter novos genótipos capazes de fazer frente às adversidades do ambiente. Seja por degenerescência ou por necessidade de aumento de produção a busca de novas variedades, conduz a uma verdadeira evolução no cultivo da cana-de-açúcar, tornando-se um dos principais pilares da

pesquisa no setor canavieiro para alcançar tal objetivo. O estado de São Paulo é um dos melhores exemplos de ganho de produtividade.

A degenerescência de uma variedade pode ser atribuída a vários fatores, e King et al. (1965) apontaram que as principais causas são: a queda de fertilidade do solo e o efeito cumulativo de danos provocados por doenças e pragas. Como se observa, são todos fatores inerentes ao ambiente de cultivo, pois a variedade por si só é incapaz de sofrer alterações.

No que se refere às doenças provocadas por fungos, bactérias vírus e micoplasma, Sanguino (1998), relatou que no Brasil foram diagnosticadas 40, entre as 177 relacionadas em cultivo de cana-de-açúcar no mundo.

Historicamente, no mundo são consideradas 4 doenças mais importantes para a cultura da cana-de-açúcar, sendo elas: Carvão, Raquitismo das soqueiras, Escaldaduras das folhas e o Mosaico, todas basicamente controladas através do melhoramento genético de variedades (Santos, 2003). Por outro lado, às pragas (insetos, nematóides e ervas daninhas) são os principais fatores limitantes da produção da cana-de-açúcar e para estes, faz-se necessário lançar mão do uso de produtos tóxicos ao homem e outros organismos vivos não alvo, resultando, desta forma, em problemas ambientais e elevando o custo da produção. Entre as pragas mais importantes da cultura de cana-de-açúcar, *M. fryanus* ocupa um lugar bastante destacado, motivo pelo qual esta espécie será tratada separadamente mais adiante.

De acordo com Luchini (1999) os agroquímicos são classificados como micropoluentes para os ecossistemas e o impacto provocado por eles, em solos, suprimentos aquíferos e alimentícios, tem sido objeto de constantes estudos e discussões.

O uso dos inseticidas organoclorados em um passado recente, em especial, o DDT, o BHC, o Aldrin e o Heptacloro, que possuem alto poder residual, conferiam proteção às lavouras, evitando o ataque dos insetos praga mas, por outro lado, passavam progressivamente do solo para os cereais comestíveis, para as ervas e eventualmente para os animais domésticos. Diante dessa realidade, na década de 80, foi necessária a proibição desses produtos, visando reduzir a poluição ambiental e a contaminação dos alimentos, além da diminuição dos problemas com a resistência das pragas, desenvolvida como resposta às prolongadas exposições a esses inseticidas. Em decorrência dessa proibição, visando uma agricultura mais coerente com os princípios ecológicos e de saúde pública surgiu a necessidade de se realizar novas pesquisas em buscas de outros produtos que

causam menor impacto ambiental, tais como: reguladores de crescimento dos insetos, feromônios, repelentes ou atraentes e bioinseticidas, que atuam com especificidade, sem afetar o meio ambiente e os organismos que nele vivem (Nakano et al., 2001).

A utilização de agentes de controle na cultura da cana-de-açúcar, principalmente, contra pragas de solo, deveria compor uma estratégia de manejo integrado, onde fariam parte de um conjunto de práticas aplicáveis tais como: o controle biológico, a rotação de cultura e o constante monitoramento de pragas (Manejo Integrado de Pragas - MIP). Infelizmente, na maioria dos casos, agrotóxicos são utilizados como o único método de controle, o que tem acarretado uma série de impactos negativos ao ambiente.

A partir do momento em que a agricultura passou da fase de subsistência para uma atividade mais comercial, provavelmente o homem tenha tomado consciência dos prejuízos provocados pelas pragas. Uma agricultura intensiva (monocultura), como ocorre com o cultivo da cana-de-açúcar, provoca mudanças no meio ambiente, alterando as características do meio físico, reduzindo a biodiversidade, e refletindo de formas diferentes sobre a biota local, sendo prejudicial a algumas espécies e não a outras.

De qualquer forma, considerando as inter-relações entre as espécies que habitam o agroecossistema, este impacto na biodiversidade leva sempre a desequilíbrios ecológicos, o que favorece ao desenvolvimento de pragas e doenças. De acordo com Colborn et al. (1997) os resíduos de substâncias químicas sintéticas, principalmente agrotóxicas, na alimentação, têm afetado a saúde de todos os consumidores, diminuindo a fertilidade em homens e aumentando as doenças de câncer e anomalias dos órgãos reprodutivos da espécie humana e animais.

Por outro lado, há também de ser ressaltado o grande avanço que se teve, no setor canavieiro, com pesquisas inerentes ao controle biológico. Cita-se como exemplo o controle da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e das cigarrinhas das folhas *Mahanarva posticata* (Stäl., 1854) (Hemiptera: Cercopidae) e das raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stäl., 1855) (Hemiptera: Cercopidae).

2.1.3.1. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*

Este programa foi iniciado no Brasil pelo Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, em 1949. A extensão aos produtores foi realizada pelo extinto Programa Nacional de Melhoramento de Cana-de-açúcar - Planalsucar e a Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo - Copersucar (Gallo et al., 2002).

Para o controle deste lepidóptero são utilizados parasitóides de larvas tais como: moscas, *Lydella* (= *Metagonistylum*) *minense* (Townsend, 1927) e *Paratheresia claripalpis* (Wulp, 1896) (Diptera: Tachinidae) e a microvespa *Cotesia* (= *Apanteles*) *flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae).

Segundo Arrigoni (1992), estes inimigos naturais reduziram significativamente os prejuízos causados pela broca aos canaviais de um grande número de usinas, no estado de São Paulo, quando a infestação passou de 10 % em 1980 para uma média de 3,17 % em 1991. O braconídeo foi introduzido do Paquistão e se adaptou muito bem no Brasil. É um parasitóide gregário, onde as fêmeas ovipositam diretamente no corpo das larvas do lepidóptero, sendo que em cada larva, desenvolvem-se cerca de 50 adultos da vespinha. Os dípteros são nativos da América do Sul e são especializados em parasitar larvas de *D. saccharalis*. As fêmeas dos parasitóides depositam suas larvas na entrada do orifício aberto pela lagarta. Após isso, as larvinhas procuram pelo hospedeiro e ao encontrá-lo, penetram-no através da cutícula para no seu interior (hemocel) se desenvolverem. Neste caso, cada larva do lepidóptero produz uma ou duas moscas adultas.

Devido à prática das queimadas nos canaviais, as liberações desses parasitóides necessitam ser constante. Com a adoção da colheita mecanizada (cana crua), novos estudos serão necessários para acompanhar o estabelecimento desses inimigos naturais. Grandes quantidades destes insetos são produzidas em laboratórios de usinas e empresas particulares. Cita-se como exemplo a Copersucar, que em 17 laboratórios, na década de 80, produzia 5,7 milhões de dípteros e 943 milhões de *C. flavipes*, insetos suficientes para liberação em cerca de 160.000 ha de cana-de-açúcar. (Arrigoni, 1992).

Para a produção massal dos parasitóides torna-se necessário à criação do hospedeiro em laboratório, que é feita em dieta artificial. No campo, são liberados 150 casais dos dípteros ou 6.000 adultos de *C. flavipes* por ha/ano. Isso, quando for atingido o

nível de controle da praga. Para a liberação de *C. flavipes*, os adultos são colocados em copos de plásticos, sendo distribuído por volta de 1500 insetos por ponto de liberação.

Atualmente, também têm sido realizadas pesquisas com parasitóides de ovos, e os estudos têm se concentrado em espécies do himenóptero, do gênero *Trichogramma* para o controle desta praga nos canaviais.

2.1.3.2. Controle biológico da cigarrinha das folhas, *Mahanarva posticata* e das raízes, *M. fimbriolata*

As espécies de cigarrinhas da cana-de-açúcar estão reunidas em 5 gêneros: *Aeneolamia*, *Deois*, *Mahanarva*, *Prosapia* e *Zulia*. São pragas de grande importância econômica para toda a América Latina e Caribe. As espécies de *Aeneolamia* apresentam ampla distribuição geográfica por todo o continente, desde o México até a Argentina. As de *Mahanarva* destacam-se como de maior importância econômica para os canaviais do Brasil e Equador; as demais espécies são de menor importância com ocorrências esporádicas, apenas em alguns países a exemplo do gênero *Prosapia*, na Costa Rica e no México. Para *M. posticata*, principal espécie que ataca as folhas do canavial no Brasil, principalmente, nos canaviais do Nordeste, é grande a realização de trabalhos desenvolvidos na área de controle biológico, envolvendo o complexo de parasitóides, predadores nativos e fungos entomopatogênicos, destacando-se o programa com o fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) utilizado em aplicações dirigidas ou aéreas, no nordeste brasileiro (Mendonça & Mendonça, 2005).

Diversos trabalhos relatam o sistema de produção, aplicação e avaliação desse entomopatógeno, entre eles citam-se: Guagliumi et al. (1969); Guagliumi (1969, 1971, 1972, 1973); Mendonça (1972, 1983, 1986, 1992); Aquino et al. (1975, 1977); Marques et al. (1980, 1981); PLANALSUCAR (1977, 1982); Marques (1992, 1993); Lima & Marques (1985); Alves (1998); Alves & Pereira (1998); Leite et al. (2003), entre outros.

M. fimbriolata até pouco tempo possuía pouca expressão como praga da cultura da cana-de-açúcar, principalmente no estado de São Paulo. Mas com a proibição da desfolha para a industrialização, por intermédio das queimadas, mediante o Decreto-Lei Estadual

42.056/1997 que estabeleceu a implantação da colheita mecanizada, (cana crua), tornou-se de grande importância econômica na região Sudeste do Brasil (Machado & Habib, 2001).

De acordo com Almeida (2003) os ataques de *M. frimbiolata* são cada vez mais frequentes nos canaviais de São Paulo e têm causado prejuízos que podem atingir 60 % ou mais da produtividade agrícola e das qualidades industriais da matéria-prima, através da contaminação com bactérias e perdas de Pol.

Como inimigos naturais desse inseto, são citados por Mendonça & Mendonça (2005) os seguintes organismos:

a) Parasitóides de ovos: *Acmopolynema hervali* Gomes; *Anagrus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae);

b) Predadores de ninfas: *Salpingogaster nigra* Schin (Díptera: Syrphidae);

c) Predadores polípagos de ninfas e/ou adultos: Formigas *Pheidole genalis* Borgmeier; *Solenopsis saevissima* (Smith); *S. invicta* (Buren); *Wasmania* sp. (Hymenoptera: Myrmicinae); *Paratrechina fulva* (Mayer); *Camponotus rufipes*; *Camponotus* sp. (Hymenoptera: Formicinae); *Odontomachus* sp. (Hymenoptera: Ponerinae); *Labidus* sp. (Hymenoptera: Ecitoninae); *Dorymyrmex* sp. (Hymenoptera: Dolichoderinae), e aves insetívoras *Pitangus sulphuratus* (Bem-te-vi);

d) Fungos entomopatogênicos: *Batkoa apiculata* (Zygomycotina, Zygomycetes, Entomophthorales) e *M. anisopliae*;

e) Nematóides parasitos de ninfas e adultos: *Hexameris* sp. (Rhabditida: Mermithidae) *Caenorhabditis* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae).

Dentre esses inimigos naturais do inseto, destaca-se o fungo *M. anisopliae* que segundo Almeida (2003), atualmente, trata-se uma área de 350.000 ha com aplicações tratorizadas e aéreas, variando as concentrações de 2 a 10 kg/ha, dependendo da flutuação do inseto e da variedade de cana plantada. Ainda segundo o autor, o Instituto Biológico do estado de São Paulo tem desenvolvido programas de treinamento e assessorias técnicas para a construção de biofábricas de *M. anisopliae*, no âmbito privado, além de apoiar essas empresas quanto ao registro do entomopatógeno e a manutenção da qualidade do bioinseticida, para que o programa de controle biológico possa se manter e atender novas áreas.

2.1.4. Perspectivas da cultura de cana-de-açúcar no Brasil

De acordo com União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo - ÚNICA (2005) e União das Destilarias do Oeste Paulista - UDOP (2005), os canaviais do Brasil receberam, nos últimos quatro anos, significativos investimentos, oriundo da capitalização do setor sucroalcooleiro, com a recuperação dos preços do açúcar no mercado internacional, sobretudo, entre as safras 2000/01 e 2002/03. O movimento de fusões e aquisições das usinas foi intenso no período, com mais de 30 operações desde 2000, o que tem permitido a entrada do capital estrangeiro no setor.

As perspectivas favoráveis se somam aos ótimos resultados obtidos com a colheita de 350,3 milhões de toneladas de cana, que gerou uma produção de 24,2 milhões de toneladas de açúcar e de 14,4 bilhões de litros de álcool, na safra 2003/04.

O crescente interesse dos consumidores por carros flexíveis e a redução da taxa de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) do álcool hidratado em São Paulo, de 25 % para 12 %, dão novo fôlego aos negócios dos produtores de cana-de-açúcar, distribuidores e revendedores de combustível.

Na safra de 2004/2005 a produção no Brasil foi de 15,3 bilhões de litros de álcool e 26,6 milhões de toneladas de açúcar. Somente o estado de São Paulo que conta, atualmente, com 147 usinas e destilarias, foi responsável pela produção de 9,1 bilhões de litros de álcool e 16,5 milhões de toneladas de açúcar. A previsão é que até o ano de 2010 o estado vai ganhar mais 31 usinas com investimentos previstos de US\$ 4,5 bilhões, devendo criar 25 mil empregos diretos e 87 mil indiretos. Com a implantação dessas novas unidades prevê-se, para o estado de São Paulo, um aumento na produção de 27 % para o álcool e de 21 % para o açúcar.

2.1.5. Impactos ambientais da cultura de cana-de-açúcar

Sete milhões de toneladas de carbono equivalente deixaram de ser jogadas na atmosfera, graças ao uso do etanol, seja na forma de álcool hidratado, ou os 25 % de anidrido adicionados à gasolina. Esse número faz parte de um balanço energético desenvolvido pelo

Centro de Tecnologia da Copersucar (CTC). O balanço refere-se à safra brasileira de cana-de-açúcar nos anos de 2002-2003, e é resultado de um complexo estudo, que leva em conta a análise de todo o ciclo de vida do álcool, da produção agrícola, das emissões veiculares, para quantificar os benefícios ambientais do combustível renovável, sempre em comparação ao uso do petróleo.

O maior diferencial para o ambiente do álcool em relação ao petróleo, está na origem renovável. Pois o mesmo é extraído da biomassa da cana-de-açúcar, e tem reconhecido potencial para seqüestrar carbono da atmosfera, o que lhe confere grande importância na diminuição global do efeito estufa.

Por outro lado, há de ser ressaltado o efeito das queimadas da cana-de-açúcar, que são corriqueiras na maior partes das regiões produtoras, e que tem por objetivo a limpeza do terreno para facilitar a mão-de-obra para o corte, por ocasião da colheita. Um bom trabalhador consegue cortar em média doze toneladas por dia, contra seis toneladas quando a cana não é queimada. Essa prática agrícola tem sido, no entanto, bastante polêmica, pois seu uso gera uma série de problemas para o meio ambiente e para as populações que residem em áreas urbanas próximas de plantações de canaviais, sendo eles:

- 1 - Destruição da matéria orgânica do solo deixando exposto a erosões, o que tem provocado assoreamento de mananciais;
- 2 - Eliminação de aves, animais e insetos, muitos destes organismos, importantes como inimigos naturais de pragas;
- 3 - Eliminação de alguns microrganismos do solo;
- 4 - Por final, pode causar a volatilização de elementos nutritivos essenciais à planta.

Outro ponto importante é a produção da fuligem, uma substância escura produzida no momento da combustão, que provoca a liberação do monóxido de carbono que é altamente tóxico. A fuligem é um composto de óleo empireumático, carbono, sais minerais e ácido acético, que fica no local e nas suas proximidades, provocando muita sujeira nos centros urbanos próximos ao cultivo e em alguns casos, irritações no aparelho respiratório do homem e de certos animais.

Uma pesquisa do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ - USP, Piracicaba/SP mostra que a colheita

mecanizada da cana-de-açúcar, sem a queimada da palhada, reduz o impacto ambiental e ajuda na eliminação de ervas daninhas do canavial.

Segundo Velini & Negrisoni (2000) o aumento da amplitude térmica provocada no solo pelo acúmulo da palha influencia significativamente no processo de germinação das sementes das plantas daninhas, provocando uma redução na viabilidade. Esse é um dado muito importante, pois dentre os insumos utilizados numa lavoura de cana-de-açúcar, os herbicidas correspondem a uma grande parcela do custo da produção total. Um tratamento com herbicida aplicado na cultura da cana-de-açúcar colhida pelo sistema de queima da palhada custa, em média, de 25 a 60 US\$ por ha.

Outro aspecto relevante é que a colheita mecanizada deixa como sub-produto 10 a 15 toneladas de palha picada por ha, a qual pode ser utilizada como fonte de alimentos para animais ou como combustível na co-geração de energia para as próprias usinas e destilarias.

Se por um lado à mecanização da colheita proporciona varias vantagens do ponto de vista ambiental, por outro, essa inovação pode gerar graves impactos sociais. Cada colheitadeira substitui, em média, o trabalho de 80 a 100 homens Copersucar /dias, além de poder trabalhar durante 24 h, o que tem provocado uma diminuição na demanda da força de trabalho nas áreas rurais, gerando, desta forma, inúmeros desempregos.

A colheita mecanizada já é uma realidade no estado de São Paulo, a pelo menos cinco anos. Apesar do decreto lei estadual que está em tramitação na Assembléia Legislativa de São Paulo, ter prorrogado o prazo para a paralisação total da queima até o ano de 2030, as usinas e destilarias vêm diminuindo as áreas queimadas, paulatinamente, a cada ano.

Com relação à expansão da cultura, a cana-de-açúcar tem avançado nas áreas de pastagens, de cultivos de citros e de cerrados, principalmente no Triangulo Mineiro e no Noroeste Paulista. Atualmente, a cultura já ocupa 50 % das áreas de terras cultivadas do estado de São Paulo. Esse aspecto, além da quebra da biodiversidade do ecossistema, também tem implicado em um outro problema social que é o êxodo rural dos pequenos sítiantes, que acabam por venderem suas propriedades aos usineiros.

Essa mudança de grande significância para a cultura da cana-de-açúcar, nos municípios de São Paulo que estamos presenciando, terá que contar com a participação dos vários segmentos da sociedade, envolvidos num processo decisório, o que

obrigatoriamente, implica em planejar, a partir da realidade atual, um cenário de paisagem futura. A questão ambiental trouxe à tona o conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Portanto, conciliar desenvolvimento e meio ambiente, gerando perspectivas mais seguras e estáveis para as comunidades, é o desafio para os estudos atuais e futuros de pesquisa e desenvolvimento nessa linha do conhecimento.

2.1.6. Referências bibliográficas

ALMEIDA, J.E.M. Resultados do controle biológico da cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar com *Metarhizium anisopliae*. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003, Catanduva, SP. **Anais...**, 2003, p. 32-41.

ALVES, S.B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ. 1163p. 1998.

ALVES S.B. & PEREIRA, R.M. Produção de fungos entomopatogênicos In: **Controle microbiano de insetos** (ed) Alves, S.B., Piracicaba, FEALQ, 1998, p. 845-869.

AQUINO, M.L.N.; CAVALCANTI, V.A. L.B.; SENA, R.C. QUEIROZ, G.F. Nova tecnologia de multiplicação do fungo *Metarhizium anisopliae*. Recife, **Bol. Tec. CODECAP**. n.4, , 25p. 1975.

AQUINO, M.L.N.; VITAL, A F. CAVALCANTI, V.A L.B. Cultura de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin em sacolas de polipropileno. Recife, **Bol. Tec. CODECAP**. n.5,. 11p. 1977.

ARRIGONI, E.B. Cana-de-açúcar: moscas e pequenas vespas fazem o controle. **Manual de Controle Biológico**. Rio de Janeiro, Sociedade Nacional de Agricultura, p.21-22, 1992.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (ed). **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Editora Stoller do Brasil. 138p. 2001.

COLBORN. T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J.P. **O futuro roubado**. Ed. L & PM, Porto Alegre. 354p. 1997.

FAHL, J.I.; CAMARGO, N.B.P.; PIZZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DEMARIA, I.C. & FURLANI, A.M.C. (eds.). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas , **Boletim 200**, ed. 6, IAC, 396p. 1998.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA,J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B. & VENDRAMIM,

J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola/Domingos Gallo (in memoriam)**. Fealq. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 10) Piracicaba/SP, 920p. 2002.

GUAGLIUMI, P; MARQUES, E.J.; MENDONÇA, A. F.; MENEZES, C. Primeiros resultados na luta biológica contra a cigarrinha da folha *Mahanarva posticata* Stal. (Hom.: Cercopidae) no Nordeste do Brasil. Recife, **Bol. Açucareiro**, v.8, p. 1-5, 1969.

GUAGLIUMI, P. **Inimigos naturais da cigarrinha da folha *Mahanarva posticata* Stal**, Comissão executiva de Defesa Fitossanitária da Lavoura Canavieira de Pernambuco – CODECAP, Recife, v.1, 37p. 1969.

GUAGLIUMI, P. **Entomofauna della canna da zucchero nel Nord-Est Del Brasile**. Firenze, Instituto Agronômico per l' Oltremare, 53p. 1971.

GUAGLIUMI, P. Pragas da cana-de-açúcar – Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro. IAA, **Coleção canavieira**, n.10, 662p. 1972-73.

KING, N.J.; MUNGOMERY, R.W.; HUGUES, C.G. **Manual of cane growing**. New York, Elsevier, 1965.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A. **Programa de melhoramento genético: estratégias para o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar**. In: (Workshop), 2, Programa Cana IAC. (Coords.) LANDELL M.G.A.; VASCONCELOS, A.C.M.; DINARDO-MIRANDA, L.L. Instituto Agronômico de Campinas. p. 7-10. 2003a.

LANDELL, M.G.A.; FIGUEIREDO, P.; VASCONCELOS, A.C.M.. O estado da arte da pesquisa em cana-de-açúcar na região Centro-sul do Brasil. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003b, Catanduva, SP. **Anais...**, p.1-9. 2003b.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. **Produção de fungos entomopatogênicos**. Ribeirão Preto, A.S. Pinto, 92p. 2003.

LEITE, L.G.; MACHADO, L. A.; GINARTE, C.M.A. Nematóides contra insetos. **Cultivar Grandes Culturas**, n.64, p.12-15, 2004.

LIMA, G.A. **Cultura da cana-de-açúcar**. 159p. 1984.

LIMA, R.O.R.; MARQUES, E.J. **Controle biológico das pragas da cana-de-açúcar no Nordeste**. Piracicaba, IAA-PLANALSUCAR, 8p. 1985.

LUCHINI, L.C. Contaminação ambiental por agroquímicos. In: CICLO SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS. 4, 1999, Campinas, SP, **Anais...**, p.24-27, 1999.

MACHADO, L.A & HABIB, M. *Migdolus fryanus* em cana-de-açúcar: manejo e desafios. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 5, 2003, Sertãozinho, SP. **Anais...**, p. 48-59, 2001.

MARQUES, E.J. Controle microbiano de cigarrinhas (Hemiptera: Cercopidae) com *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.: eficiência e limitações. SICONBIOL, 3, Águas de Lindóia, SP **Anais...**, p.73-78, 1992.

MARQUES, E.J.; VILAS BOAS, A M. PEREIRA, C.E.F. Orientações técnicas para a produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) em laboratórios setoriais. Piracicaba. **Bol. Tec. PLANALSUCAR**. v.3, n.2, p. 5-23. 1981.

MARQUES, E.J. **Efeitos de formulações na preservação de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. sob diferentes condições de temperatura**. 1993. 146 f. (Tese de Doutorado).Piracicaba, ESALQ-USP, 1993.

MARQUES, E.J.; VILAS BOAS, A M.; NAKANO O. **Losses from *Mahanarva posticata* in sugar cane**. **Congress International Society of Sugarcane Technologist**, 17, Manila. p.1774-1783. 1980.

MENDONÇA, A. F. Insetos observados nos canaviais do estado de Alagoas, Brasil, durante o ano de 1971. **Anais...**, Soc. Entom. do Brasil. Itabuna. v.1, n.1, p.25-41. 1972.

MENDONÇA, A F. **Control integrado de las plagas de la caña de azúcar em Brasil.** In: Mesa redonda Latino-Americana sobre control integrado de las plagas de la caña de azúcar., La Habana, 1, 36p., 1983.

MENDONÇA, A F. Controle integrado de pragas da cana-de-açúcar na América Latina e Caribe. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 10, **Anais...**, Rio de Janeiro, 24p. 1986.

MENDONÇA, A F. Mass production, application and formulation of *Metarhizium anisopliae* for control of sugarcane froghopper *Mahanarva posticata*, in Brasil. In: LOMER, C.J. PRIOR, C. (eds.) **Biological control of locusts and grasshoppers.** Wallinford, CAB International. p.239-242, 1992.

MENDONÇA, A.F. & MENDONÇA, I.C.B.R. Cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). In: MENDONÇA A.F. (ed.) **Cigarrinhas da cana-de-açúcar, Controle biológico.** p. 95-140, 2005.

MIOCQUE, J. & MACHADO JR., G.P. Review of sugar cane varieties and breeding in Brazil. **Sugar Journal.** v.40, n 7, p. 9-13, 1977.

NAKANO, O.; ROMANO, F.C.B.; PESSINI, M.M.O. Broca do rizoma (*Migdolus* spp.) In: NAKANO, O., ROMANO, F.C.B., PESSINI, M.M.O. (Eds.). **Pragas de Solo.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, p.25-35, 2001.

NUNES JR., M.S.D. Variedades de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (ed.) Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas, Fundação Cargill, v.1, p.187-259, 1987.

PLANALSUCAR. **Guia das principais pragas da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba, 28p. 1977.

PLANALSUCAR. **Guia das principais pragas da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba, 28p. 1982.

ROS, P.B. 2004. **Avaliação da resistência de variedades de cana-de-açúcar ao raquitismo da soqueira com base na taxa de colonização dos colmos por *Leifsonia xyli***

subsp. xyli. 2004. 58f. Dissertação (mestrado), Piracicaba/SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2004.

SANGUINO, A. Situação atual da pesquisa em doenças da cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**. v.24, n.1, p.90-91, 1998.

SANTOS, A.S. 2003. Doenças causadas por fungos e bactérias em cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003, Catanduva, SP. **Anais...**, p.10-17, 2003.

VELINI, E.D. & NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. Congresso Brasileiro da Ciências das Plantas Daninhas, 22. Foz de Iguaçu, 2000. **Palestra...**, p.148-164, 2000.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO - UNICA 2005, [disponível em (<http://www.unica.com.br>). Acesso em set. de 2005].

UNIÃO DAS DESTILARIAS DO OESTE PAULISTA - UDOP. 2005, [disponível em <http://www.udop.com.br> .Acessado em 18 de set. de 2005].

2.2. *Migdolus fryanus*

2.2.1. Sistemática do gênero *Migdolus* e distribuição geográfica

A subfamília Anoplodermatinae de Guérin-Méneville (1840), entre os quais está o gênero *Migdolus*, foi considerada como subfamília de Cerambycidae por Duffy (1953) e Crowson (1967). Svácha et al. (1997) transferiram esta subfamília para a família Vesperidae. A seguir encontra-se uma classificação do gênero *Migdolus*, que compreende 10 espécies, conforme revisão de Dias (1984) incluindo a sinonímia do gênero *Migdolus* e da espécie *M. fryanus*.

Ordem:	Coleoptera
Subordem:	Polyphaga
Superfamília:	Chrysomeloidea
Família:	Vesperidae (Svácha et al., 1997)
Subfamília:	Anoplodermatinae (Guérin-Méneville, 1840)
Tribo:	Anoplodermatini (Guérin-Méneville, 1840)
Gênero:	<i>Migdolus</i> (Westwood, 1863)
	<i>Paulistanus</i> Gounelle, 1899
Espécies:	<i>brachypterus</i> Lane, 1972
	<i>clypeatus</i> Dias, 1984
	<i>cuyabanus</i> Lane, 1937
	<i>exul</i> (Lameere, 1915)
	<i>fryanus</i> Westwood, 1863
	<i>bouvieri</i> Gounelle, 1899
	<i>fonsecai</i> Lane, 1972
	<i>goyanus</i> Dias, 1984
	<i>morretesi</i> Fonseca, 1958
	<i>punctatus</i> Lane, 1937
	<i>spitzi</i> Lane, 1937
	<i>thulanus</i> (Lamaeere, 1902).

Com relação à distribuição geográfica, as espécies desse gênero são geralmente raras, exceção a *M. fryanus*, que atualmente é uma das principais pragas da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, sendo também constatada nos Estados do Paraná e Santa Catarina, na Argentina (Província de Corrientes) e no Paraguai (Nunes, 1996). Na tabela 1 é apresentada a relação das 10 espécies conforme suas distribuições, segundo Dias (1984).

Tabela 1 - Distribuição geográfica das espécies de *Migdolus* (Dias 1984).

Espécie	Estado	País
<i>M. punctatus</i>	SP	Brasil
<i>M. fryanus</i>	SP, PR, SC	Brasil, Paraguai e Argentina
<i>M. brachypterus</i>	PR	Brasil
<i>M. morretesi</i>	SP	Brasil
<i>M. cuyabanus</i>	MT	Brasil
<i>M. goyanus</i>	GO	Brasil
<i>M. spitzzi</i>	MS	Brasil
<i>M. clipeatus</i>	MT	Brasil
<i>M. exul</i>	RO	Brasil
<i>M. thulanus</i> *	Rota Goiás-Cuiabá	Brasil

* Sem indicação precisa de localidade.

2.2.2. Importância econômica

Espécies do gênero *Migdolus* têm ocasionado prejuízos severos em diferentes regiões do Estado de São Paulo e podem atacar diversas plantas, cultivadas ou nativas, sendo *M. fryanus* a espécie dominante nas culturas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo (Dias, 1984).

De acordo com Lane (1937), a primeira constatação deste inseto como praga da cultura da cana-de-açúcar foi no ano de 1927, no município de Ibaté/SP. Fonseca (1958) ao

relatar a espécie *M. morretesi* como uma broca eventual da cana-de-açúcar e do eucalipto, citou a ocorrência de *Migdolus* causando prejuízos também aos cultivos de videira e amoreira. Para a amoreira o prejuízo foi de 5.000 estacas, no ano de 1953. Nesse mesmo relato o autor informa que no ano de 1943, a Cia. Refinadora Paulista registrou, em alguns talhões de plantações de eucaliptos, no município de Tamoio/SP, um ataque de larvas que destruíram 20.000 plantas de dois anos de idade.

Pigatti et al. (1962) fizeram constatações de ataques do inseto à cultura do algodoeiro, já Gravena & Busoli (1985) registraram a ocorrência em cultura de feijão irrigado, no município de Jaboticabal/SP. Bento et.al. (1995) citaram as culturas de café, mandioca e pastagens como hospedeiras desta praga.

Wilcken et al. (2005) fizeram o primeiro registro de *M. fryanus* em mudas de plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (sénéé) Barr. & Golf. no estado de São Paulo, completando a relação de culturas econômicas que este besouro pode atacar. Segundo esses autores, no ano de 2000, em uma área de 33,46 ha da cultura, 10 ha foram atacadas pelo inseto, sendo registradas perdas acima de 25 % das mudas plantadas.

As plantas nativas, cipó vermelho *Dolicarpus rolandri*, (DILENIACEAE), cipó de São João *Pyrostegia venusta* (BIGNONIACEAE) e os cipós brancos, *Bignonia* sp. e *Adenocalymma paulistarum* (BIGNONIACEAE), foram citadas por Fonseca (1958), como hospedeiras da espécie *M. morretesi*.

Os danos são provocados pelas larvas do inseto, que são subterrâneas e cujo hábito alimentar destroi o sistema radicular das plantas. Dentre as culturas citadas, existem registros numéricos com relação a prejuízos e áreas infestadas, apenas para a cultura canavieira. De acordo com levantamentos efetuados em 1992 pela Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo - COPERSUCAR, existia no estado, naquela época, uma área atingida pelo inseto de, aproximadamente, 50.000ha, com prejuízos da ordem de U\$ 45 milhões de dólares, o que apontava uma queda de 25 % da produção, nas áreas afetadas. Em 1995, incluindo todas as regiões produtoras do estado, estimou-se que as áreas atingidas por *Migdolus* spp. ultrapassavam 100.000 ha de cana-de-açúcar (Bento et. al. 1995). Segundo esses mesmos autores, na região do Pontal do Paranapanema/SP os ataques de *Migdolus* spp., na cultura da amoreira, tem quase que inviabilizado a criação do bicho-da-seda.

Devido às poucas informações de ordem ecológica sobre essa praga, ainda não se estabeleceu o nível econômico de danos, nem ações eficientes para o seu controle. Kasten Jr. *et al.* (1988) relataram que em uma área onde se cultivava eucalipto e posteriormente foi instalada uma cultura de cana-de-açúcar, na Usina Amália, no município de Santa Rosa do Viterbo/SP, os ataques de *Migdolus* foram tão severos que houve necessidade de reforma do canavial após um a dois cortes da cultura.

Com relação à consistência do solo, Amaral & Maranhão (1976) mencionaram a ocorrência de *Migdolus* sp. em solos compactos e sempre bem drenados. Terán *et al.* (1983), Teran *et al.* (1984) e Kasten Jr. *et al.* (1985) relataram que *M. fryanus* era mais freqüente em regiões de solo arenoso.

As perdas provocadas por esse inseto podem variar de 25 a 30 toneladas de cana por hectare até, na maioria dos casos, a completa destruição da lavoura, resultando na reforma antecipada, mesmo de canaviais de primeiro corte (Bento *et al.*, 1995).

2.2.3. Aspectos biológicos e comportamentais

Uma das maiores dificuldades encontradas pelos pesquisadores para estudar a biologia desse inseto, em condições naturais, é o fato de que as larvas ao se locomoverem pelo solo podem atingir até 3 a 4 metros de profundidade. Além disso, o ciclo biológico é muito longo, podendo ultrapassar mais de 12 meses de duração.

Gounelle (1899) e Bruch (1921) foram os primeiros a registrarem alguns dados sobre as atividades biológicas dos adultos de duas espécies de Anoplodermatini. O primeiro autor fez referência a *M. fryanus*, no Vale do Rio Pardo/SP, no ano de 1898, informando que a fêmea tem vida subterrânea e que ambos os sexos eram encontrados ao longo de pequenos caminhos, depois das chuvas. Ainda, esse autor relata que o macho era bastante ativo, voava bem, ao passo que a fêmea era áptera e vagarosa. Já o segundo autor, cita observações realizadas em 1918, por Diurione, curador do Museu de La Plata, o qual informava que a fêmea de *M. orbigny* Blanchard, fora encontrada no solo a pouca profundidade e que três machos procuravam penetrar na terra. Dias mais tarde, pelo período da manhã, teve a oportunidade de coletar mais um casal da espécie. Desta vez, a fêmea se

encontrava com a metade do corpo para fora do solo e o macho ao redor dela, muito agitado.

Em seu desenvolvimento biológico *M. fryanus*, como inseto holometabólico, apresenta quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos têm formato cilíndrico e cor branco leitosa, medindo aproximadamente, 4,5 mm de comprimento, sendo extremamente frágeis, são depositados individualizados, no solo e segundo Arrigoni (1988), em profundidades que varia entre 1,6 a 4m. Provavelmente, entre os meses de janeiro a março.

Fonseca (1958) descreveu larvas de *M. morretesi*, como de formato cerambiciforme, de coloração branco leitosa, com pernas atrofiadas e a região anterior do corpo mais avantajada. Nos segmentos abdominais ocorrem expansões dorsais em forma de calombos, mais ou menos oblongas, transversais e as da região ventro-lateral voltadas para a parte posterior do corpo, em arco com o formato de meia lua. Segundo o autor, essas projeções dos segmentos abdominais funcionam como pseudópodos para auxiliar no deslocamento da larva pelo interior das galerias, no solo. Na fase final do desenvolvimento a larva pode atingir aproximadamente 50 mm de comprimento.

Arrigoni (1988), ao estudar a flutuação populacional da praga, observou grande variação na população de larvas, nas diferentes camadas do solo (0 a 5 m de profundidade) em função das épocas de amostragem. A maioria, 55,6 % da população foi encontrada no primeiro metro de profundidade.

A metamorfose se procede no solo onde a larva constrói uma câmara pupal. A pupa apresenta coloração branco amarelada e deve viver neste estágio por um curto período de tempo. Sansigolo et al. (1981) encontraram duas pupas de *M. fryanus* em profundidade de 2,7 e 3,2 m, no Município de São Manoel/SP, concordando com Arrigoni (1988) que encontrou a maioria das pupas (61,9 %) à profundidade de 3 a 4 m.

Após a metamorfose a fase adulta permanece em dormência por longo período, fator observado por Arrigoni (1988), que coletou adulto no campo, e em condições de laboratório, em 25 ± 2 °C, manteve o por até 4 meses. Segundo esse mesmo autor os adultos dormentes apresentavam a região abdominal expandida, ultrapassando o ápice dos élitros.

Os besouros adultos apresentam acentuado dimorfismo sexual. Os machos possuem antenas maiores e coloração preta (maioria), e são mais abundantes no ambiente

externo. As fêmeas, por sua vez, são menos frequentes no ambiente externo, apresentam tamanho menor, antenas menores, coloração castanho-avermelhada ou castanho-escura, asas posteriores rudimentares muito estreitas, sendo impróprias para vôo (Dias, 1984).

Os adultos não se alimentam e o macho, após o começo das revoadas vive em média de 4 a 7 dias. Já as fêmeas podem viver de 7 a 38 dias e após a cópula oviposita de 14 a 45 ovos, os quais têm um período de incubação variável de 17 a 23 dias (Arrigoni, 1987).

Na fase adulta são escavadores (macho e fêmea) e estão presentes no ambiente a partir do mês de outubro, assim que se iniciam as primeiras chuvas. O aparecimento dos machos é controlado pelas fêmeas que liberam um feromônio de atração provocando um fenômeno denominado de “revoadas de *Migdolus*”, que ocorrem ocasionalmente, após as chuvas, variando de uma região para outra e podendo acontecer até no mês de março (Bento et al., 1992).

Segundo Bento et al. (1993), as fêmeas normalmente aparecem pelo período da manhã, no horário compreendido entre 8:00 às 12 h, podendo ser percebidas pelos machos, ainda dentro do solo. Diversos machos podem ser atraídos por uma única fêmea, quando a mesma deixa a galeria expondo-se a eles, para a realização da cópula.

2.2.4. Controle

Pigatti et.al. (1962) relataram que a redução populacional da praga através de arações dos talhões atacados, seguidas da destruição das soqueiras pelo fogo, não promoveu êxito de controle. Por ocasião da implantação de nova cultura de cana-de-açúcar, no mesmo local, verificou-se novamente o ataque da praga causando prejuízos totais. Esses mesmos autores avaliaram em condições de laboratório 14 inseticidas, incluindo-se clorados (7), fosforados (4) clorofosforados (2) e um carbamato, que foram aplicados em forma de polvilhamento, a vácuo parcial, diretamente sobre as larvas. Pelos resultados, constataram que apenas o inseticida EPN causou mortalidade total das larvas, após 48 h da aplicação mostrando, desta forma, resistência das mesmas quanto aos demais produtos utilizados.

Com relação a ensaios de campo, estudos preliminares realizados por Pigatti et al. (1966) utilizando, novamente vários inseticidas observaram que o Endosulfan e o Azimphos-metil promoveram uma proteção à cana-de-açúcar por um período de 8 meses. Complementarmente, Pigatti & Pigatti (1968) evidenciaram que canaviais tratados com Endosulfan se mantiveram isentos de ataques de *Migdolus* até 17 meses após o plantio. Roccia (1977), utilizando vários inseticidas, não obteve resultados satisfatórios de controle, uma vez que em todas parcelas tratadas constatavam-se sinais visíveis de ataques e a presença de larvas. Entretanto, Novaretti et. al. (1983), estudando os inseticidas: Furadan 5 G, 80 kg/ha; Marshal 5 G, 80 kg/ha; Aldrin 5 OS, 15 kg/ha; Thiodan, 35 CE, 11,5 l/ha e Heptacloro 40 CE, 1,87 l/ha, obtiveram melhores resultados de controle com o inseticida Thiodan, seguido do Heptacloro ,os quais proporcionaram aumento de produção da ordem de 19 e 17 Ton. de cana/ha respectivamente.

Segundo Terán et al. (1988) os inseticidas Endosulfan e Heptacloro, quando utilizados associados à matéria orgânica, reduziram os prejuízos causados por *Migdolus* à cultura de cana-de-açúcar. Kasten Jr. et al. (1989) compararam o inseticida Heptacloro 40 CE com os granulados Clorpirifós 10 CR e Paration 14 CR contra pragas de solo, por um período de 2 cortes. Pelos resultados nota-se que para *Migdolus* apenas o inseticida Heptacloro se destacou, promovendo o controle da praga.

Dada a importância econômica de *M. fryanus* para a cultura da cana-de-açúcar, diversos inseticidas para o uso em solo têm sido testados, mas poucos têm sido utilizados comercialmente. Observa-se que a maioria dos produtos aqui relatados, atualmente, são de uso proibido devido os efeitos cumulativos no homem e no meio ambiente.

Com relação ao controle biológico, Arrigoni et al. (1986) estudaram 4 raças exóticas do nematóide entomopatogênico *Steinernema* (= *Neoaplectana*) *carpocapsae*. Os resultados mostraram que as 4 raças avaliadas não reduziram a população das larvas de *Migdolus* spp. No entanto, os autores constataram a presença de populações nativas de nematóides do gênero *Rhabditis* que, segundo os autores, atuaram de maneira mais significativa no controle do inseto.

A identificação e a síntese do feromônio sexual de *M. fryanus* foi um grande avanço nos estudos com essa praga. Pizano (1991), ao estudar o potencial de controle de *M. fryanus* através de armadilhas de feromônio sexual, capturou um número médio de 30

insetos por armadilha e observou que o horário das revoadas ocorreu entre as 9 e 13 h, com maior frequência às 13 h. De acordo com Leal et al. (1994), o principal componente químico do feromônio sexual de *M. fryanus* é uma amida, o N-(2`S)-methylbutanoyl 2 methylbutylamine. Segundo esse autor, 1,0 mg deste feromônio, em condições de campo, é capaz de capturar 2,7 vezes mais macho que duas fêmeas virgens juntas. A formulação é em peletes ou pastilhas que são insolúveis em água, além de resistir à radiação solar, podem permanecer por vários dias em condições de campo, sob chuva.

Por outro lado, a possibilidade do produtor realizar coleta massal por intermédio dessas armadilhas é dificultado devido o seu alto custo de mercado, por se tratar de um produto fabricado fora do Brasil.

Pela biologia e pelo comportamento nota-se que *M. fryanus* é um inseto de difícil controle, além disso é quase impossível uma previsibilidade exata dos talhões onde o inseto irá aparecer em cada ano. Com isso, faz-se necessário o emprego de medidas de controle basicamente por toda área de plantio da cultura da cana-de-açúcar, elevando o custo da produção. De acordo com Machado et al. (2003), atualmente os produtores de cana, de uma maneira geral, adotam um sistema de manejo para *M. fryanus* que envolve três tipos de controle: cultural, químico e comportamental, e levam em consideração o fato de ser cana planta ou cana soca.

2.2.4.1. Prática cultural

Esse método traz o inconveniente ao produtor da necessidade de reformar o canavial e consiste inicialmente da destruição das plantas atacadas. Visa, além da morte de larvas pela ação do implemento, a exposição das mesmas a organismos predadores. Para isso, há de se considerar dois pontos importantes: a época da execução do trabalho e os implementos a serem utilizados.

Estudos da flutuação de larvas de *M. fryanus* têm mostrado que a época do ano que se encontra a maior número de larvas nos primeiros 20 a 40 cm do solo, coincide com os meses mais frios e secos do ano (março a setembro). Com relação ao implemento a ser utilizado, já existe no mercado um destruidor de soqueira, modelo COPERSUCAR, que,

segundo o fabricante, pode reduzir a população das larvas em mais de 80 % quando comparado com grades aradoras.

De acordo com Arrigoni et al. (1986) a grade aradora, em 3 passagens na mesma área, foi o implemento que reduziu mais significativamente a população de larvas de *Migdolus*, pela destruição das soqueiras, causando 94,5 % de mortalidade das mesmas. Posteriormente a eliminação das soqueiras, já na época das chuvas (outubro a dezembro), com auxílio de um arado aiveca, realiza-se uma aração mais profunda (40 cm) desta vez associada com o controle químico, quando se aplica inseticida no fundo do sulco, formando uma faixa protetora contínua, através de bicos colocados atrás das bacias do arado de aiveca.

2.2.4.2. Controle químico

Atualmente encontra-se no mercado, com registro para o controle de *M. fryanus*, os inseticidas Disulfan CE, Regent WG 800 e Confidor 700 GRDA, os quais devem ser aplicados da seguinte forma:

Em áreas de implantação da cultura e com baixas incidências da praga recomenda-se uma única aplicação com auxílio de pulverizadores tratorizados, adaptados com bico tipo leque, com vazão de 300 litros de calda por hectare, no fundo e nas paredes do sulco do plantio, no momento da cobertura dos toletes de cana, com a dosagem recomendada pelo fabricante. Áreas de altas infestações, utilizar o parcelamento de doses, conforme recomendações dos fabricantes dos produtos, aplicando a primeira parcela na ocasião da renovação do canavial quando se faz a prática cultural, complementando posteriormente, com a segunda parcela no momento da realização da cobertura da cana no sulco. Nas áreas de cana soca (pós-colheita), o produto escolhido deve ser aplicado com implemento específico que incorpora a cauda nos dois lados da linha da cana, a uma profundidade variável de 10 a 20 cm. Para esse método recomenda-se uma pulverização com um consumo de água variável de 400 a 1200 litros por hectare (Machado et al., 2003).

2.2.4.3. Controle por comportamento

Bento *et. al.* (1995) recomendaram o controle por comportamento que consiste, inicialmente, de monitoramento realizado através de levantamentos sistemáticos da população da praga por meio de armadilhas, distribuídas na plantação ao longo dos corredores (1 a 10 armadilhas a cada 10/ha). Segundo os autores a cada 1 a 2 dias deve-se vistoriar as armadilhas, sendo aconselhável à troca dos peletes ou pastilhas a cada 15 a 20 dias. Detectada a presença de 2 machos adultos por armadilha, inicia-se a coleta massal, que consiste em distribuir um número maior de armadilhas pelos talhões infestados (1 a 4 armadilhas/ha). Diversos tipos de recipientes têm sido adaptados como armadilhas, sendo hoje muito comuns garrafas plásticas tipo “Pet” utilizadas na embalagem de refrigerante e água mineral. Um dispositivo côncavo (tipo prato) é rosqueado na boca da garrafa contendo o peletes ou pastilha, sendo enterrada rente ou ligeiramente abaixo da superfície do solo. Diariamente, durante o período das revoadas, deve-se fazer a remoção dos besouros capturados.

2.2.5. Referências bibliográficas

AMARAL, J.F. & MARANHÃO, Z.C. Ocorrências de *Migdolus* sp. praga da cana-de-açúcar em diferentes tipos de solo. In: Congressos Brasileiros de Entomologia, 3 Maceió AL, **Resumos...**, 1976.

ARRIGONI, E.B. & TERÁN, F.O. Áreas afetadas por *Migdolus* spp. (Coleoptera, Cerambycidae) em canaviais de unidades cooperadas. **Bol. Tec. Copersucar**. n.35, p. 11-13, 1986.

ARRIGONI, E.B. Aspectos biológicos de *Migdolus fryanus* Westood, 1863 (Coleoptera, Cerambycidae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, XI. Campinas, SP, **Resumos...**, p.107, 1987.

ARRIGONI, E.B. Flutuação populacional de *Migdolus fryanus* Westwood, 1863 (Coleoptera: Cerambycidae). **Bol. Tec. Copersucar**. n.44, p.22-26, 1988,

BENTO, J.M.S.; ALBINO F.E.; DELLA LUCIA T.M.C. & VILELA, E.F. Field trapping of *Migdolus fryanus* Westood (Coleoptera: Cerambycidae) using natural sex pheromone. **J. Chem. Ecol.**, v.18, n.2, p.245-251, 1992.

BENTO, J.M.S.; DELLA LUCIA, T.M.C.; FRIGHETTOR, T.S. Male response to natural sex pheromone of *Migdolus fryanus* Westwood (Coleoptera: Cerambycidae) females as affected by daily climatic factors. . **J. Chem. Ecol.**, v.19, n.10, p.2347-2351, 1993.

BENTO, J.M.S.; VILELA, F. E.; DELLA LUCIA, T.M.C.; LEAL, W.S.; NOVARETTI, W.R.T. ***Migdolus: Biologia, Comportamento, e Controle*** 1 ed. Salvador,BA., 58p. 1995.

BRUCH, C. Algunos interesantes Cerambicidos. **Rev. Mus. La Plata** n.25, p.345-356, 1921

CROWSON, R.A. **The natural classification of the families of Coleoptera**, E. W. Classey, England. p.187, 1967.

DIAS, M.M. Revisão da subfamília Anoplodermatinae. Parte I Tribo Anoplodermatini. Gênero *Migdolus* Westood, 1863. (Coleoptera, Cerambycidae). **Rev. Bras. Ent.** v.28, n.4, p.507-535, 1984.

DUFFY, E.A. **A monograph of immature stages of British and imported timber beetles (Cerambycidae)**. British Museum (Natural History). London. VIII, p. 355, 1953.

FONSECA, J.P. *Migdolus morretesi* Lane (Coleoptera, Anoplodermidae), uma broca eventual da cana-de-açúcar e do eucalipto. **Arq. Inst. biol.** n.25, p.29-40, 1958.

GOUNELLE, E. Note sur le genre *Migdolus* et description de la femelle du *Migdolus fryanus* West. (Col.). **Bull. Soc. ent. France**, p.276-277, 1899.

GUÉRIN-MÉNÈVILLE, F.E. Description de deux genres nouveaux de la famille des longicornes. **Rev. Zool.**, Paris, p.276-277, 1840.

GRAVENA, S. & BUSOLI, A.C. Ocorrência de *Migdolus* sp. (Coleoptera: Cerambycidae) atacando feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado em Jaboticabal, São Paulo. **An. Soc. Entom. Brasil.** v.14, n.1, p.165, 1985.

KASTEN JR, P.; DONZELLI, J.L.; STRINI JR, A. E.; SACOMANO, J.B.; VILHENA, E.O. Ocorrência de *Migdolus* spp. e insetos associados em solo de textura arenosa (Areias quartzosas). **Bol. Tec. Copersucar**, n.32, p.29-32, 1985.

KASTEN JR, P.; TERÁN, F.O.; VITO, F.D.; MANECHINI, C. Influência da época de plantio da cana-de-açúcar no controle de *Migdolus* sp. **Bol. Tec. Copersucar**, n.41, p.23-30, 1988.

KASTEN JR, P.; ARRUDA, F.C.O.; VITO, F.D. de & OLIVEIRA, J.J. de. Controle de *Migdolus* spp. com inseticidas CR na usina São Manoel. **Bol. Tec. Copersucar**, n.46, p.33-36, 1989.

LANE, F. Esboço monográfico dos anoplodermídeos. **Rev. Mus. Paulista**, São Paulo, n.23, p.155-223, 1937.

LEAL, W.S.; BENTO, J.M.S.; VILELA, E.F. & DELLA LUCIA, T.M.C. Female sex feromone of the longhorn beetle *Migdolus fryanus* Westwood: N-(2`S)-methylbutanoyl 2-methylbutylamine. **Experientia**, n.50, p.853-856. 1994,

MACHADO, L. A.; HABIB, M.; LEITE, L.G.; GOULART, R.M.; TAVARES, F.M.; CALEGARI, L.C.; LAINETI, D.O. Controle de *Migdolus fryanus* na cultura da cana-de-açúcar com nematóides.. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003, Catanduva, SP. **Anais...**, p.70-78, 2003.

NUNES, D.B. **O estado da arte sobre *Migdolus* spp. (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)**. In: (Workshop) O estado do conhecimento sobre *Migdolus*. p.5-10, 1996.

NOVARETTI, W. R. T.; NELLI, E.J.; CARDERÁN, J. O. Controle químico do *Migdolus* na cultura da cana-de-açúcar - cana de ano e meio. **Bol. Tec. Copersucar**, n.24, p.33-39, 1983.

PIGATTI, P.; VIOLANTE NETO, A.; & PIGATTI, A. Ensaio em laboratórios visando a seleção de inseticidas para o combate ao *Migdolus morretesi* Lane, praga da cana-de-açúcar. **Biológico**. n.27, p.201-204, 1962.

PIGATTI, P.; SUPPLY FILHO, N. & PIGATTI, A. Ensaio para o controle de *Migdolus morretesi* Lane, praga da cana-de-açúcar. **Biológico**. n.23, p.217-219, 1966.

PIGATTI, P. & PIGATTI A. Ensaio de campo para o controle do *Migdolus morretesi* Lane, em cana-de-açúcar. Reunião Anual da Soc.Brás. Entomol., 1, **Resumos...**, p.53-54, 1968.

PIZANO, M.A. Potencial de controle de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Col.: Cerambycidae) através de armadilha de feromônio sexual. In: Congresso Brasileiro de Entomol Entomologia. 8, Recife. **Resumos...**, p.331, 1991.

ROCCIA, A.O. **Estudos sobre a bio-ecologia e controle de *Migdolus* spp. (Col.: Cerambycidae)**. In: Relatório Anual do setor de entomologia. Copersucar, p.340-347, 1977.

SANSIGOLO, M.A.; ALBUQUERQUE, F.C. FONTANARI, N. & ALONSO, O. Descoberta da pupa de *Migdolus fryanus* Westwood (Col. : Cerambycidae). “Com. Científica” **Brasil Açucareiro**, v.98, n.5, p.10-11, 1981.

SVÁCHA, P.; WANG, J. & CHEN, S. Larval morphology and biology of *Philus antennatus* and *Heterophilus punctulatus*, and systematic position of the Philinae (Coleoptera: Cerambycidae and Vesperidae). **Ann. Soc. Entom.**, France (N.S.), v.33, n.3, p.323-369, 1997.

TERAN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T.; KASTEN JR, P. ***Migdolus* sp. e insetos associados**. In: Reunião Técnica Agrônômica “pragas da cultura da cana-de-açúcar”. (Copersucar), Piracicaba, p.25-31, 1983.

TERAN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T.; KASTEN JR, P.; ARRIGONI, E.B.; MATOS, C.A.O. ***Migdolus* spp. e insetos associados**. In: II Seminário de Tecnologia Agrônômica Centro de Tecnologia Copersucar – Piracicaba, p.313-326, 1984.

TERÁN, F.O.; KASTEN Jr., p.; DE VITO, F.D.; ARRUDA, F.C.O. Experimentos de controle de *Migdolus* e pragas associadas, na Usina São Manoel. **Bol. Tec. Copersucar**, n.42, p.38-43, 1988.

WILCKEN, C.F.; ORLATO, C.; OTTATI A.L.T. Ocorrência de *Migdolus fryanus* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) em plantios de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.171-173, 2005.

2.3. Nematóides entomopatogênicos

Há estudos que demonstram que as interações entre nematóides e insetos já ocorrem desde, provavelmente, 300 milhões de anos, período do Carbonífero (Ferraz, 1998). A primeira publicação foi feita por Aldrovandus (1623), quando o autor relatou o encontro de vermes alongados, emergindo dos corpos de gafanhotos mortos.

Segundo Van Driesche & Bellows Jr (1996), embora sejam conhecidas mais de 30 famílias de nematóides associados com insetos, apenas nove contêm espécies com potencial para serem usadas como agentes de controle biológico sendo elas: Tetradonematidae, Mermithidae, Steinernematidae, Heterorhabditidae, Phaenopsitylenchidae, Iotonchiidae, Allantonematidae, Parasytylenchidae e Sphaerulariidae.

Dentre estas, mais atenção tem sido dada a duas famílias: Steinernematidae, que contém 2 gêneros, *Steinernema* Travassos, 1927 com 33 espécies, e *Neosteinerinema* Nguyen & Smart, 1994, com apenas uma espécie e Heterorhabditidae que contém um gênero, *Heterorhabditis* com 9 espécies (Koppenhofer & Fuzy, 2003).

Os estudos têm avançado bastante nos últimos 30 anos, especialmente no tocante a descoberta de novas espécies/isolados e a produção massal. Atualmente, estão disponíveis no mercado pelo menos 5 espécies de nematóides para o controle biológico de pragas, *H. bacteriophora* Poinar, 1975; *H. megidis* Poinar, Jackson & Klein, 1987; *S. carpocapsae* (Weiser, 1955); *S. feltiae* (Filipjev, 1934) e *S. riobravus* Cabanillas, Poinar & Raulston, 1994 (Alves et al., 1998).

Na América Latina, as pesquisas com esses nematóides têm se restringido apenas a descrição de algumas espécies novas, ao relato de ocorrências de espécies já conhecidas e a alguns resultados de experimentos no controle de pragas. Esses inimigos naturais têm sido produzidos em pequena escala visando estudos de laboratório e parcelas experimentais em campo (Leite et al. 2004).

No Brasil nematóides das famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae têm sido pouco estudados como agentes de controle de pragas. (Leite et al. 2003). No entanto existe nos estados do sul do Brasil, um caso da espécie *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding, 1968) (Nematoda: Neotylenchidae) a qual foi introduzida para o controle da vespa da madeira, *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae) constituindo-se

em um programa efetivo para o controle da praga, em plantações de *Pinus* (Iede et al., 1998).

2.3.1. Biologia

Nematóides do gênero *Steinernema* são associados com bactérias do gênero *Xenorhabdus*. Já os de *Heterorhabditis* são associados com as do gênero *Photorhabdus* (Georgis & Manweiler, 1994; Burnell & Stock, 2000). Tais nematóides na verdade atuam apenas como veículos para essas bactérias, que são altamente patogênicas quando introduzidas na cavidade do corpo dos insetos hospedeiros, onde provocam rápida septicemia, levando-os a morte, posteriormente, com a vasta e rápida multiplicação da bactéria no cadáver do inseto, passam os nematóides a alimentar-se delas. Constitui-se em uma relação mutualística, bastante especializada entre os nematóides e suas respectivas bactérias, sendo ambos beneficiados. A bactéria não consegue subsistir em ambiente aberto, ficando protegida no interior da cavidade do intestino do nematóide até ser transferida ao interior do corpo do inseto, onde se multiplica; portanto, o nematóide lhe é essencial à sobrevivência. Em contra partida o nematóide utiliza-se da bactéria como fonte de alimento básico, desenvolvendo-se e multiplicando-se com sucesso (Ferraz, 1998).

Em ambos os casos, o ciclo no hospedeiro se inicia pelos juvenis infectivos (JIs) de terceiro estágio, os quais não se alimentam e carregam suas bactérias mutualísticas específicas nos seus intestinos (Poinar, 1979).

Para os dois nematóides, os juvenis infectivos entram em seus insetos hospedeiros através das aberturas naturais (boca, ânus e espiráculos) e penetram no hemocele. No entanto, os juvenis infectivos de *Heterorhabditis* podem penetrar também diretamente pelo tegumento (Kaya & Gaugler, 1993). Uma vez dentro do hemocele do hospedeiro os juvenis liberam células da bactéria que se propagam e por meio de suas toxinas matam o hospedeiro em 48 h (Burman, 1982).

Os nematóides se alimentam da bactéria e tecido do hospedeiro e se reproduzem em 2 a 3 gerações e emergem dos cadáveres como juvenis infectivos para ir a procura de novos hospedeiros. O ciclo de vida para a maioria dos esteinernematídeos e

heterorabditídeos da infecção à emergência dos juvenis infectivos, varia de 7 a 10 e 12 a 15 dias, respectivamente, em condições de temperatura ambiente (Ehlers, 2001).

Fora do cadáver do inseto, os juvenis infectivos dos nematóides utilizam estratégias diferentes para a localização do hospedeiro, esteinernematídeos usam uma estratégia de emboscada, ou seja fica no aguardo da passagem de algum inseto (Campbel & Gaugler, 1993). Já heterorabditídeos se locomovem pelo solo, na procura do hospedeiro (Lewis et al., 1992).

2.3.2. Produção

Segundo Georgis & Hom (1992), o desenvolvimento de um produto à base de nematóides está diretamente ligado à possibilidade de produzir esses agentes a um custo aceitável e em quantidade suficiente para permitir a comercialização.

Na última década, o progresso bastante significativo para a produção “*in vitro*” de espécies de *Heterorhabditis* e espécies de *Steinernema* tem permitido companhias produzirem nematóides mais eficientes, a custos reduzidos (Georgis, 1990). Normalmente o processo de produção inicia-se com o isolamento do nematóide do solo e a multiplicação em larvas de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Piralidae) conforme método descrito por Bedding & Akhurst (1975).

Esses nematóides podem ser multiplicados “*in vivo*” e “*in vitro*”, sendo a primeira forma mais empregada para produção pequena visando, geralmente, à manutenção de coleções do parasito em laboratório e a realização de bioensaios. A segunda é para produção em maior escala, objetivando desde experimentos de campo à produção comercial.

A produção “*in vivo*” normalmente é feita utilizando larvas de *G. mellonella* como hospedeira, sendo a forma mais empregada na América Latina. Em Cuba, Arteaga et al. (1984) estabeleceram uma produção de *H. bacteriophora* utilizando larvas de *G. mellonella* para a realização de estudos visando o controle de *Pachnaeus litus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae), praga da cultura de Citros. No entanto, a impossibilidade de aumentar o volume de produção de *G. mellonella* impediu a continuação do experimento.

No Brasil, Folegatti et al. (1988) propuseram um novo método para criação “*in vivo*” de *S. carpocapsae*, usando lagartas de *D. saccharalis*, broca da cana-de-açúcar. O custo de produção foi considerado comparável ao custo sobre *G. mellonella*. Leite et al. (1990) constataram ser possível a multiplicação desses nematóides em larvas mortas de *G. mellonella*.

A produção “*in vitro*” iniciou-se com o cultivo axênico, envolvendo apenas o nematóide como organismo, ganhando notoriedade, entretanto, com o cultivo monoxênico, envolvendo o nematóide em associação com a bactéria simbiote (Ehlers, 2001). Esse é um campo de estudo ainda inexplorado na América Latina, sendo as informações sobre o assunto, obtidas, geralmente, de países que dominam a técnica (Aguillera & Smart, 1993).

Segundo Lunau et al. (1993), as técnicas de produção axênica têm se apresentado mais complexo do que aquelas de produção monoxênica, além de requerer passagens frequentes dos nematóides pelo hospedeiro e resultarem em menores produções. Por isso o cultivo axênico de nematóides tem sido mais empregado para estudos de genética, nutrição e desenvolvimento de nematóides.

De acordo com Ehlers (1996 e 2001) para um propósito de controle biológico, nematóides entomopatogênicos devem ser produzidos em escala industrial em bioreatores onde meios líquidos são incubados com a respectiva bactéria simbiote, e posteriormente introduzidos os juvenis infectivos.

2.3.3. Preservação e formulação

Nematóides parasitos de insetos são preservados pelos métodos tradicionais: *Romanomermis culicivorax* Ross & Smith, 1976 (Nematoda: Mermithidae) é preservado principalmente na forma de ovo, mantido sob uma camada de areia umedecida com água, porém sem excesso, de 1,5 cm de espessura. O nematóide pode sobreviver por até 8 meses nessas condições em temperatura ambiente (Mijares, 1996).

O nematóide *D. siricidicola* pode ser preservado no meio de cultura contendo o seu fungo simbiote, mediante a realização de repicagens frequentes. A integridade genética pode ser preservada pelo processo de criopreservação, suspendendo o nematóide

em glicerol a 5 % e evaporando lentamente a água da suspensão, em câmara asséptica, de forma a aumentar a concentração do glicerol de 5 % para 50 % antes de acondicionar o organismo à -80 °C ou em nitrogênio líquido. O nematóide pode ser preservado indefinidamente com sobrevivência acima de 75 % após 18 meses (Bedding, 1992).

Espécies de *Steinernema* e *Heterorhabditis* são preservados em água destilada, dentro de frascos que permitam obter a maior área superficial e menor espessuras possíveis da suspensão, tendo em vista, otimizar a oxigenação dos organismos. Os nematóides podem sobreviver por até 6 meses nessas condições em temperatura de geladeira. Esses nematóides e as bactérias simbiotes podem ser armazenados também pelo processo de criopreservação. Para isso, os nematóides devem ser mantidos inicialmente suspensos em uma solução de glicerol a 25 % por pelo menos 24 h. Em seguida, os nematóides devem ser transferidos para uma solução de álcool metílico (70 %), na qual devem ser mantidos por 10 minutos antes de serem estocados na temperatura de -80 °C ou em nitrogênio líquido (Kaya & Stock, 1997).

Outro campo pouco estudado é a formulação de nematóides, sendo as informações disponíveis obtidas de países que exploram esses agentes para o controle biológico de pragas, e são referentes basicamente aos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*. O processo de formulação de nematóides visa alterar o organismo do estado de juvenil infectivo para o estado de quiescência, mantendo nessa forma a partir da qual o nematóide possa reverter imediatamente quando colocado no tanque de pulverização (Ehlers, 1996).

Compostos como argila e biopolímeros possuem a função de imobilizar os nematóides, enquanto que todos os adjuvantes e aditivos preservam condições favoráveis para os organismos. Nas formulações devem-se manter constantes trocas gasosas e umidade estável. A tecnologia desenvolvida para um nematóide não é necessariamente aplicável para outro. O biopolímero alginato, usado a 1 % para a imobilização de *S. carpocapsae*, é ineficiente para espécies de *Heterorhabditis*. Juvenis infectivos dessa última espécie escapam do gel mesmo quando armazenados em baixas temperaturas. Atualmente, *S. carpocapsae* é formulado em estado semidessecado, em grânulos de fácil dispersão em água. O nematóide pode sobreviver por alguns meses em ambiente com temperatura não excedendo a 30 °C. Em outra formulação, uma pasta contendo juvenis infectivos de *S.*

feltiae é selada dentro de sacos plásticos que permitem a troca gasosa com o ambiente externo. (Ehlers, 2001).

Sob refrigeração, os nematóides podem permanecer viáveis por mais de 1 ano. Espécies de *Heterorhabditis* são semidessecadas em argila de atapulgita, bentomita ou vermiculita. Fora da geladeira, a mortalidade dos nematóides aumenta após uma semana de armazenamento. Conseqüentemente, a refrigeração é necessária. No entanto, se as condições de umidade e suprimento do oxigênio estiverem próximas do ótimo, os nematóides podem sobreviver por alguns meses em condições ambientes (Ehlers, 2001).

2.3.4. Uso de nematóides entomopatogênicos

Nematóides entomopatogênicos passaram a serem estudados para o controle de insetos a partir de 1930, no entanto, somente na década de 80 é que se iniciou a sua utilização comercial para o controle de insetos, devido ao aperfeiçoamento do método de produção massal desses agentes “in vitro”, em sistema monoxênico aproveitando-se da bactéria simbiote como fonte de alimento. A isenção de registro dos produtos formulados junto à “Environmental Protection Agency – EPA”, nos Estados Unidos ou a organismos congêneres em vários outros países, tem sido um ponto positivo para o crescimento da produção comercial de produtos a base de tais nematóides/bactérias, visando o controle de insetos pragas em gramados, plantas ornamentais, na horticultura, na agricultura em geral, na silvicultura e até na saúde animal na América do Norte, Europa e Ásia durante os últimos 15 anos, sendo que em meados dos anos 90 mais de vinte produtos encontravam-se disponíveis no mercado (Ehlers, 2001).

Atualmente, muitas empresas privadas produzem nematóides entomopatogênicos no mundo. Cerca de 90 empresas sediadas nos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Suíça, República Tcheca, Itália, Reino Unido, Suécia, Dinamarca, Alemanha, Holanda, Cuba, Israel e Japão produzem nematóides em nível comercial para o controle de diversas pragas agrícolas e alguns parasitas de importância veterinária e de saúde pública (Georgis, 1992; Georgis & Manweiler, 1994; Glazer & Lewis, 2000; Stok, 2001).

Na América Latina vários nematóides entomopatogênicos têm sido encontrados atacando insetos e isolados a partir de hospedeiro ou solo conforme se observa na Tabela 2. Ressalta-se o trabalho realizado por Travassos no Brasil, transferindo a espécie *Aplectana kraussei* para um novo gênero por ele denominado de *Steinernema*. *Heterorhabditis hambletoni* foi originalmente encontrado atacando a broca do algodoeiro *Eutinobothrus brasiliensis* (Hambleton, 1937) (Coleoptera: Curculionidae) e descrito por Pereira (1937) como pertencente ao gênero *Rhabditis*. Esse foi o primeiro registro, no Brasil, do gênero *Rhabditis*. A espécie *S. scapterisci* Nguyen & Smart, 1990 foi primeiramente, encontrada no Brasil e Uruguai atacando a paquinha *Neocurtilla hexadactyla* (Perty, 1832) (Orthoptera: Gryllotalpidae) (Fowler & Garcia, 1988), e em seguida na Argentina parasitando o mesmo hospedeiro (Stock, 1992).

Esse nematóide mostrara-se um parasita bem adaptado ao inseto, sendo patenteado para exploração comercial no controle dessa praga. Atualmente, *S. scapterisci* é utilizado em larga escala nos Estados Unidos da América - EUA para o controle de paquinhas (*N. hexadactilla*) em campos de golfe e pastagem.

Na região dos Pampas na Argentina, foi feito um levantamento de nematóides entomopatogênicos coletando-se 310 amostras de solo de 14 localidades, além de 264 insetos encontrados ao longo dos percursos, para serem checados quanto à presença desses patógenos. Os nematóides foram encontrados em 41 amostras, sendo 65,9 % steinernematídeos (*S. feltiae*, *S. carpocapsae* e *S. scapterisci*) e 34,1 % heterorhabditídeos (*H. bacteriophora* e *H. argentinensis* Stock, 1993). Solos pesados apresentaram nematóides em 19 ocasiões, enquanto que em solos arenosos, 22 ocasiões. Nenhum nematóide foi encontrado em solo argiloso. Nematóides da família Steinernematidae e Heterorhabditidae foram encontrados em 27 dos 264 insetos coletados no levantamento. Esses nematóides foram isolados de larvas de curculionídeos em alfafa, larvas de escarabeídeos e ninfas da paquinha *N. hexadactyla* (Stock, 1995).

Doucet et al. (1996) encontraram uma nova população de *H. bacteriophora* na região de Rio Negro que apresentou algumas diferenças comparadas à população de Córdoba, incluindo o fato dos insetos parasitados pela primeira população não apresentarem luminescência e não mudarem de cor.

Tabela 2 - Nematóides esteinernematídeos e heterorabditídeos encontrados e isolados na América Latina e Caribe (Georgis & Hom, 1992; Stock, 1993a; Stock, 1993b; Mracek et al., 1994; Arteaga & Vasquez, 1991; Doucet & Doucet, 1995; Roman & Figueroa, 1995; Rodriguez et al., 1996; Saenz, 1999).

Espécie	Origem	Região geográfica
<i>S. carpocapsae</i>	<i>Cydia pomonella</i>	Allende, México
	<i>Graphognallus leucoloma</i>	Argentina
<i>S. glaseri</i>	<i>Migdolus fryanus</i>	Santa Rosa, Brasil
<i>S. rara (rarum)</i>	<i>Heliothis</i> sp.	Rio Cuatro, Argentina
<i>S. scapterisci</i>	<i>Scapteriscus vicinus</i>	Uruguai
	Solo	Argentina
<i>S. rilleri</i>	Solo	Rio Cuatro, Argentina
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Solo	Rio Cuatro, Argentina
	Solo	Rio Cuatro, Argentina
	Solo	Pernambuco, Brasil
	<i>Cylas formicarius</i>	Artenisa, Cuba
	solo	Colômbia
<i>Heterorhabditis</i> spp.	<i>Pachneus litus</i>	Havana, Cuba
<i>S. feltiae</i>	<i>Diloboderus abderus</i>	Argentina
	solo	Colombia
<i>S. puertoricensis</i>	solo	Porto Rico
<i>H. argentinesis</i>	<i>Graphognatus</i>	Argentina
<i>S. riobravis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	México
<i>S. cubana (cubanum)</i>	Solo	Cuba
<i>H. indica</i>	-	Cuba
<i>H. heliothidis</i>	-	Cuba
<i>H. indicus</i>	-	Venezuela

Os nematóides *S. puertoricensis* Roman & Figueroa, 1994 e *S. cubanum* Mracek, Hernandez & Boemare, 1994 isolados em Porto Rico e Cuba, respectivamente, apresentam grande proximidade filogenética com a espécie *S. glaseri*. Fêmeas adultas de primeira geração de *S. puertoricensis* possuem o corpo mais comprido (8,6 mm) e largo (375 µm). Os machos apresentam o poro excretor situado antes ou depois do anel nervoso. As espículas são arcuadas, não apresentando gancho na parte ventral do ápice. Os juvenis infectivos alcançam mais de 1 mm de comprimento (Roman & Figueroa, 1994).

Para *S. cubanum*, além dos caracteres morfológicos e genotípicos semelhantes à *S. glaseri*, ressalta-se também a associação simbiótica desses dois nematóides com uma mesma espécie de bactéria, *Xenorhabdus poinarii* (Akhurst, 1983) (Enterobacteriaceae) (Saux et al., 1999).

Estudos com nematóides entomopatogênicos para o controle de pragas na América Latina ainda têm sido pouco expressivos, apesar da primeira revisão sobre o assunto, publicada há mais de 15 anos, listar 97 espécies de insetos alvos potenciais a esses agentes, pertencentes a 11 ordens (Wassink & Poinar, 1984). Os poucos estudos sobre o assunto referem-se ao controle de pragas associadas a algumas culturas, como pastagem, cana-de-açúcar, milho, banana, café e outras (Grewal et al., 2001).

2.3.4.1. Cana-de-açúcar e pastagens

Cigarrinhas representam um dos grupos de insetos mais importantes para a cultura de cana-de-açúcar e pastagens em vários países da América Latina, como no Brasil, Argentina, Venezuela, México, América Central e Trinidad & Tobago (Georgis & Hom, 1992). As ninfas atacam as raízes e são de difícil controle por meio de inseticidas. Nematóides entomopatogênicos apresentam-se como candidatos a serem avaliados no controle desta praga por diversos motivos, dentre os quais o comportamento de busca do hospedeiro.

Os nematóides mais frequentemente encontrados atacando cigarrinhas em geral pertencem à família Mermithidae, conforme já foi observado atacando *M. posticata* na cultura da cana-de-açúcar no Brasil (Magro et al., 1980). O primeiro estudo referente ao

uso de nematóides para o controle de cigarrinha, no Brasil, foi realizado por El-Kadi (1977). Este autor avaliou o rhabditídeo *Caenorhabditis elegans* (Maupas, 1899) (Nematoda: Rhabditidae) para o controle de ninfas de *M. fimbriolata* na cultura da cana-de-açúcar e obteve até 81 % de controle, no entanto o estudo não foi continuado.

Segundo Allard & Chase (1987), citados por Georgis & Hom (1992), os nematóides esteinernematídeos e heterorhabditídeos possuem potencial para serem usados como parte de uma estratégia de manejo de pragas para o controle da cigarrinha da cana-de-açúcar *Aenelomia* sp. Um isolado mexicano de *S. carpocapsae* apresentou-se altamente patogênico para ninfas e adultos desse inseto. O nematóide sobreviveu em areia por mais de 4 semanas e moveu-se a uma distância de 10 cm em solo argiloso e compactado para localizar o hospedeiro.

Estudos recentes, no Brasil, mostraram que ninfas da cigarrinha *M. fimbriolata* são suscetíveis a nematóides dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis*. Isso encoraja futuros estudos visando avaliar a eficiência de *S. glaseri* e *Heterorhabditis* sp. no controle da cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar em condições de campo. Esses nematóides pertencem ao grupo dos cruzadores, caracterizados por irem atrás dos hospedeiros ao invés de esperá-los em emboscada (Leite et al., 2005).

As ninfas do inseto encontram-se na superfície do solo, embaixo da palha da cana com espessura em torno de 15 cm, portanto em um ambiente úmido, bastante favorável para a atuação dos nematóides. Deve-se considerar ainda, que esses insetos geralmente localizam-se próximos um do outro, o que pode favorecer a ocorrência de uma epizootia. Os nematóides que apresentaram resultados promissores neste estudo são nativos do Estado de São Paulo e provavelmente estão adaptadas as regiões (Leite et al., 2003).

Em Porto Rico, estudos de laboratório mostraram que os nematóides *S. feltiae*, *S. glaseri* e *S. bibionis* (Bovien, 1937) foram patogênicos contra larvas de 12 a 16 semanas de idade da broca da raiz da cana-de-açúcar, *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *S. glaseri* causou maior mortalidade nas concentrações de 400 a 4000 nematóides/300 g de solo (Figueroa & Roman, 1990).

2.3.4.2. Milho

O nematóide *S. riobravis* foi encontrado parasitando pupas da lagarta da espiga do milho, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), e da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), em campos de milho no México e Texas. Durante 1986 a 1990, esse nematóide causou 49,4 e 46,1 % de mortalidade desses noctuídeos, respectivamente (Raulston et al., 1994).

S. riobravis foi avaliado para o controle de *H. zea* nas fases de pré-pupa e pupa, mediante aplicações em solo cultivado com milho, no interior de casa de vegetação. Melhores resultados de parasitismo foram obtidos pela aplicação do nematóide na superfície e sub-superfície do solo (81 % de parasitismo) do que somente na superfície (45 %). Os maiores níveis de parasitismo foram obtidos quando se utilizou 2 bilhões de nematóides/ha, mediante sua aplicação quando 10 % das larvas haviam saído das espigas para empupar no solo (95 % de parasitismo) ou quando 50 % das lagartas haviam alcançado o maior tamanho (100 %). O nematóide persistiu em solo arenoso por 75 dias, com sobrevivência de 22 %. Assim, o nematóide apresenta potencial de uso pela sua aplicação em campos de milho com as primeiras infestações do inseto, visando à redução da população dos adultos nos cultivos seguintes (Cabanillas & Rauston, 1995).

Seis espécies de nematóides dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* foram avaliados contra a lagarta do cartucho do milho, *S. frugiperda*, em diferentes fases do desenvolvimento. As fases de larva e pré-pupa mostraram-se bem mais suscetíveis do que a fase de pupa, pois os nematóides apresentaram CL50 de 1,5 a 20,6 e 3,4 a 37,2 nematóides/inseto para a primeira e segunda fase, respectivamente, sendo necessário 100 nematóides/inseto para causar 43 % de mortalidade na fase de pupa. Os nematóides *S. carpocapsae*, *H. riobravis* e *H. megidis* foram os mais patogênicos, apresentando potencial de uso para o controle desse inseto (Ochoa et al., 1996).

2.3.4.3. Banana

A cultura da banana é uma das mais importantes em diversos países da América Latina e Caribe. A broca da bananeira, *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae) provoca galerias no rizoma da planta, deixando portas de entrada para fitopatógenos e tornando a planta suscetível a queda pela ação do vento.

Experimentos em casa de vegetação utilizando *S. carpocapsae*, *S. feltiae* e *S. glaseri* nas dosagens de 400, 4.000 e 40.000 JIs/planta, respectivamente, proporcionaram uma redução no número de galerias provocadas pelo inseto, com mortalidade de larvas de até 50 % (Figuerola, 1990). Já Treverrow e Bedding (1990) obtiveram mortalidades de larvas de até 70 % com *S. carpocapsae*.

Schmitt (1993) constatou que adultos desse inseto são mais resistentes que a fase larval. No entanto, realizando testes de campo com *S. carpocapsae* para o controle de adultos em iscas atrativas ao inseto, feitas com pseudocaule da planta, obteve redução da população da praga de até 70 % após a pulverização do nematóide sobre a isca, empregando-se a dose de 5×10^6 nematóides/m².

Rosales & Suarez (1998) avaliaram mais de 10 isolados de nematóides do gênero *Steinernema* e *Heterorhabditis* contra adultos desse inseto em laboratório, obtendo níveis de controle de até 80 %.

2.3.4.4. Café

A broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga introduzida na América Latina, que penetra no fruto do café causando danos diretos pela destruição do grão e indiretos pela queda do fruto. No México, testes realizados em laboratório com uma espécie de *Heterorhabditis* nativa mostraram que o nematóide penetra no fruto infestado e causa significativa mortalidade de larvas e adultos do inseto (Allard & Moore, 1989).

Em outro estudo também no México, oito espécies de nematóides dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* foram avaliadas quanto a patogenicidade a esse inseto. A

aplicação dos nematóides em areia, na concentração de 12,5 a 400 JIs/inseto, proporcionou mortalidade dos insetos variáveis de 10 a 90 %. Quatro isolados apresentaram patogenicidade relativamente alta, sendo 3 do gênero *Heterorhabditis* e um isolado comercial de *S. carpocapsae*. O isolado mais virulento, LIM-1 pertenceu ao gênero *Heterorhabditis*, apresentando uma LC 50 de 60 JIs/inseto (Castillo & Marban-Mendoza, 1996). Já o nematóide *H. bacteriophora*, isolado HC1, foi avaliado contra o complexo de cochonilhas pragas do café em campo cultivado com a variedade canéfora e arábica na região de Santiago de Cuba. Foi utilizado 1 litro de nematóides contendo 80.000 JIs/planta de café. A avaliação foi realizada 4 meses após, mostrando controle de 88 % dos insetos nas plantas de café canéfora e 84 % nas plantas de café Arábica (Rodriguez et al., 1998).

2.3.4.5. Batata

Na Venezuela, o nematóide *S. carpocapsae* e um isolado nativo de *Heterorhabditis* sp. obtido do solo, foram avaliados contra larvas de *Tecia solanivora* Povolny, 1973 (Lepidoptera: Gelechiidae) em condições de laboratório. Nos testes em bandejas com areia, *Heterorhabditis* sp. proporcionou 70, 86 e 100 % de mortalidade dos insetos nas concentrações de 10, 50 e 125 JIs/larva. Para *S. feltiae*, 53 infectivos juvenis foram suficiente para causar 100 % de mortalidade. Nos testes em placas com papel de filtro, a concentração de *Heterorhabditis* sp. necessária para causar 90 % de mortalidade foi bem mais elevada, 280 JIs/larva (Fan-Xuejuan et al., 2000).

Na Colômbia, um isolado nativo de *Steinernema* sp. e o nematóide *S. carpocapsae* do produto comercial Exhibit foram avaliados quanto a patogenicidade para o besouro andino praga da batata, *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae). A DL50 foi determinada em 526,43 e 26,30 nematóides/ml para o nematóide nativo e *S. carpocapsae*, respectivamente, indicando que o segundo nematóide é 20 vezes mais patogênico para *P. vorax* que o primeiro (Garzon et al., 1996).

2.3.4.6. Parasitas de importância veterinária e de saúde pública

Nematóides também têm sido avaliados para o controle de carrapatos na América Latina. Dezesete espécies de nematóides foram avaliadas quanto a patogenicidade contra 3 espécies de carrapatos, *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) (Acari: Ixodidae) *Boophilus microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) e *Boophilus annulatus* (Say, 1921) (Acari: Ixodidae). A última, apresentou-se suscetível a todas as espécies de nematóides testadas, principalmente no seu estágio de oviposição (Mauleon et al., 1993).

Na Argentina, os nematóides nativos *S. rara*, *S. feltiae* e *H. bacteriophora* foram avaliados contra o piolho de cabeça, *Pediculus humanus capitis* De Geer, 1767 (Anoplura: Pediculidae). Todas as espécies e isolados, exceto *S. feltiae*, mataram adultos e ninfas do inseto. Nenhuma espécie matou ovos. *H. bacteriophora* matou ninfas e adultos, porém foi mais agressivo para adultos. A penetração no inseto ocorreu aparentemente pelos espiráculos, implicando que o tamanho do corpo do nematóide é um fator limitante. Esse foi o primeiro registro de parasitismo em piolho por nematóides entomopatogênicos (Doucet et al., 1998).

2.3.5. Referências bibliográficas

AGUILLERA, M.M. & SMART, G.C. Jr. Development, reproduction, and pathogenicity of *Steinernema scapterisci* in monoxenic culture with different species of bacteria. **J. Inv. Pathol.**, n. 62, p.289-294, 1993.

ALDROVANDUS, U. **De animalibus insectis libri septum**. Fol. Franeofurti. (1623)

ALLARD, G.B. & MOORE, D. *Heterorhabditis* sp. nematodes as control agent for coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Scolytidae). **J. Inv. Pathol.**, n. 54, p.45-48, 1989.

ARTEAGA, E.; MONTES, M.; BROCHE, R.; CHANG, B. Utilización de *Heterorhabditis heliothidis* (Heterorhabditidae) contra *Pachnaeus litus* (Coleoptera: Curculionidae) em Cuba. **Ciencia Técnica Agrícola Cítricos y otros frutales**, n.7, p.79-85, 1984.

ALVES, S.B.; MOINO JR., A.; ALMEIDA, J.E.M. Desenvolvimento, potencial de uso e comercialização de produtos microbianos. In: **Controle Microbiano de Insetos**, Piracicaba, ALVES S.B. (ed.): FEALQ, p.1143-1163, 1998.

ARTEAGA, E.; VASQUEZ, O. **General characteristics of Cuban strain of *Heterorhabditis heliothidis* (Rhabditida: Heterorhabditidae)**. RENCONTRES CARAIBES EN LUTTE BIOLOGIQUE. Colloques. Guadeloupe: INRA, p.107-111, 1991.

BEDDING, R.A. & AKHURST, R.J. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. **Nematologica**, v.21, p.109-110, 1975.

BEEDING, R.A. Biological control of the woodwasp *Sirex noctilio* in Australia. In: Conferência Regional da Vespa da Madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul. **Anais...**, EMBAPA-CNPQ/FAO-ONU/USDA-Forest Service, Florianópolis, SC, p.127-140, 1992,

BURNELL, ANN M.; STOCK, S.P. *Heterorhabditis*, *Steinernema* and their bacterial symbionts- lethal pathogens of insects. **Nematology**, n.2, p.31-42, 2000.

BURMAN, M. *Neoaplectana carpocapsae*. Toxin production by axenic insect parasitic nematodes. **Nematologica**. v.28, p.62-70, 1982.

CABANILLAS, H.E.; RAULSTON, J.R. Impact of *Steinernema riobravis* (Rhabditida: Steinernematidae) on the control of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. **J. Econ. Entom.** v.88, n.1, p.58-64, 1995.

CAMPBELL, J. F. AND GAUGLER, R. Nictation behavior and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae). **Behaviour** n.126, p.156-169, 1993.

CASTILLO, A.; MARBAN-MENDONZA, M. Laboratory evaluation of steinernematid and heterorhabditid nematodes for biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferr. **Nematropica**, v.26, n.2, p.101-109, 1996.

DOUCET, M.M.A.; DE DOUCET, M.M.A. Characterization of a population of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) aislada en Cordoba, Argentina. **Nematol. Mediterrânea**, v.23, n.2, p.181-189, 1995.

DOUCET, M.M.A, MIRANDA, M.B.; BERTOLOTTI, M.A.; DE-DOUCET, M.M.A. Infectivity of entomogenous nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) to *Pediculus humanus capitis* De Geer (Anoplura: Pediculidae). **Fund. Appl. Nemat.**, v.21, n.1, p.13-16, 1998.

DOUCET, M.M.A.; BERTOLOTTI, M.A.; DE DOUCET, M.M.A. A new population of *Heterhabditis bacteriophora* Poinar 1975 (Heterorhabditidae) from Rio Negro, Argentina: Characterization and effects on host. **Nematol. Mediterranea**, v. 24, n. 2, p. 169-174, 1996.

EHLERS, R.U. Current and future use of nematodes in biocontrol: practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues. **Biocontrol Science and Technology**, n.6, p.303-316, 1996.

EHLERS, R.U. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, n.56, p.623-633, 2001.

EL-KADI, M.K. Produção comercial de nematóides parasitos de cigarrinhas. **Soc. Bras. Nematol.**, Piracicaba, n. 2, p. 71-74, 1977.

FAN-XUEJUAN, J; MAGGIORANI, A.; GUDINO, S. Use of entomopathogenic nematodes as an alternative for controlling polilla (*Tecia solanivora*), an important pest of the potato (*Solanum tuberosum*) in Merida, Venezuela. **Rev. Forestal Venezolana**, v.34, n.1, p.115-118, 2000.

FERRAZ, L.C.C.B., Nematóides entomopatogênicos. In: **Controle microbiano de insetos** (ALVES, S.B., coord.), pp. 541-569. Piracicaba, FAPESP & FEALQ, 1163 p., 1998.

FIGUEROA, W. Biocontrol of the banana root borer weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), with steinernematid nematodes. **J. Agric. Univ.**, Puerto Rico, v.74, n.1, p.15-19, 1990.

FIGUEROA, W.; & ROMAN, J. Parasitism of entomophilic nematodes on the sugarcane rootstalk borer, *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), larvae. **J. Agric. Univ.**, Puerto Rico, v.74, n.2, p.197-202, 1990.

FOLEGATTI, M.E.G.; ALVES, S.B.; KAWAI, P.R.C.; BOTELHO, P.S.M. Nova metodologia para a produção in vivo de *Neoplectana carpocapsae* Weiser. **Nematol. Bras.**, n.12, p.76-83, 1988.

FOWLER, H.G.; GARCIA, C.R. Nematodes (Rhabditida: *Steinernema feltiae*) as natural control agents of mole crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae): field and laboratory studies. **Rev. Bras. Biol.**, v.48, n.4, p.789-795, 1988.

GARZON, C.M.Y.; AZA, T.B.O.; JIMENEZ, G.J.; LUQUE, Z.J.E. Potential of the nematode *Steinernema* sp. for the biological control of the Andean weevil. **Rev. Colomb. Entom.**, v.22, n.1, p.25-30, 1996.

GEORGIS, R. & MANWEILER, S. A. Entomopathogenic nematodes: a developing biological control technology. **Agric. Zool. Review**, n.6, p.63-94, 1994.

GEORGIS, R. Formulation and application technology. In: **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**, GAUGLER, R.; KAYA, H.K. (eds.). CRC Press: Boca Raton, Florida, p. 173-191, 1990.

GEORGIS, R.; HOM, A. Introduction of entomopathogenic nematode products into Latin America and the Caribbean. **Nematropica**, v.22, n.1, p.81-98, 1992.

GLAZER, I. & LEWIS, E.E., Bioassays for Entomopathogenic Nematodes. In: **Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes** (NAVON, A. & ASCHER, K.R.S., Eds.), Wallingford, UK, CAB. International, p.229-247, 2000

GREWAL, P.S.; DE NARDO, E.A.B.; AGUILLERA, M.M. Entomopathogenic nematodes: potential for exploration and use in South America. **Neotrop. Entom.**, v.30, n.2, p.191-205, 2001.

IEDE, E.T.; PENTEADO, S. R. C.; SCHAITA, E.G. *Sirex noctilio* problem in Brazil: detection, evaluation and control. In: **Training in the control of *Sirex noctilio* by the use of natural enemies**. Colombo, Brazil, Proceedings, USDA Forest Service, p.45-52, 1998.

KAYA, H. K. AND GAUGLER, R. Entomopathogenic nematodes. **Annu. Rev. Entomol.**, n.38, p.181-206, 1993.

KAYA, H. K. AND STOCK, S. P. Techniques in insect nematology. In **Manual of Techniques in Insect Pathology**. L. A. LACEY, (ed.), Academic Press, London, 1997, p.281-324, 1997.

KOPPENHÖFER, A. M. & FUZY, E. M. Ecological characterization of *Steinernema scarabaei*, a scarab-adapted entomopathogenic nematode from New Jersey. **J. Inv. Pathol.**, v.83, p.139-148, 2003.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; PRADA, W.L.A. Produção de *Neoplectana glaseri* Steiner em lagartas vivas e mortas de *Galleria mellonella* L. **Rev. Agric.**, n.65, p.225-231, 1990.

LEITE, L. G.; MACHADO, L. A.; AGUILLERA, M.M.; RODRIGUES, R.C.D. & NEGRISOLI JR., A.S. Patogenicidade de *Steinernema* spp. E *Heterorhabditis* sp. (Nematoda: Rhabditida) a ninfas da cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, (*Mahanarva fimbriolata*). **Rev. Agric.**, Piracicaba, v.78, p.139-148, 2003.

LEITE, L.G.; MACHADO, L.A.; GINARTE, C. M. A. Nematóides contra os insetos. **Rev. Cultivar Grandes Culturas** Ano 6, n.64, p.12-15, 2004.

LEITE, L.G.; MACHADO, L.A.; GOULART, R.M.; TAVARES, F.M.; BATISTA FILHO, A. Screening of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and the efficiency of *Heterorhabditis* sp. Against the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Fabr.) (Hemiptera: Cercopidae). **Neotropical Entomology**. v.34, n.5, p.785-790, 2005.

LEWIS, E. E.; GAUGLER, R.; HARRISON, R. Entomopathogenic nematode host finding: response to contact cues by cruise and ambush foragers. **Parasitology** v.105, p.309-315, 1992.

LUNAU, S.; STOESSEL, A.; SCHMIDT-PEISKER, A.J.; EHLERS, R.U. Establishment of monoxenic inocula for scaling up in vitro cultures of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* spp. **Nematologica**, v.39, p.385-399, 1993.

MAGRO, J.A.E.B.V.; MACEDO, N.; LORDELLO, L.G.E. Primeiras informações sobre nematóide parasito da broca da cana-de-açúcar. Publ. **Soc. Bras. Nematol.**, n.4, p.203-204, 1980.

MAULEON, H.; BARRE, N.; PANOMA, S. Pathogenicity of 17 isolates of entomophagous nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the ticks *Amblyomma variegatum* (Fabricius), *Boophilus microplus* (canestrini) and *Boophilus annulatus* (Say). **Exp. Appl. Acarol.**, v.17, n.11, p.831-838, 1993.

MIJARES, S. A. Mass breeding of *Romanomermis culicivorax* (Nematoda: Mermithidae) in the tropical conditions of Cuba. **Rev. Cubana Med. Trop.**, v. 48, n.1, p.26-33. 1996.

MRACEK, Z.; HERNANDEZ, E.A.; BOEMARE, N.E. *Steinernema cubana* sp. n. (Nematoda: Steinernematidae) and the preliminary characterization of its associated bacterium. **J. Inv. Pathol.**, v.64, n.2, p.123-129, 1994.

OCHOA, J.M.; HAMM, J.J.; GUTIERREZ, R.L.; JABER, L.F.B.; VARGAS, M.A.; RAMIREZ, M.G. Virulence of six entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and

Heterorhabditidae) on immature stages of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Vedalia**, v.3, n.1, p.5-29, 1996.

PEREIRA, C. *Rhabditis hambletoni* n.sp. nema aparentemente semiparasito da “broca do algodoeiro” (*Gasterocercodes brasiliensis*). **Arch. Inst. Biol.** v.8, p.215-230, 1937.

POINAR Jr., G.O. **Nematodes for biological control of insects**. CRC Press: Boca Raton, Florida, USA, 277 p., 1979.

RAULSTON, J.R.; PAIR, S.D.; LOERA-GALLARDO, J.; CABANILLAS, H.E. Parasitism of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) by a new species of *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae). **Vedalia**, v.1, n.1, p.25, 1994.

RODRIGUEZ, I.; MARTINEZ, M.A.; SANCHEZ, L.; RODRIGUEZ, M.G. Field comparison of the effectiveness of *Heterorhabditis bacteriophora* strain HC1 for the control of mealybugs (Homoptera: Pseudococcidae) del cafeero. **Rev. Protec. Vegetal**, v.13, n.3, p.195-198, 1998.

RODRÍGUEZ, M.Z.; RODRÍGUEZ, I.; SANCHEZ, L.; IGLESIA, A. Identification and morphological characterization of three strains of entomopathogenic nematodes of Cuba. **Rev. Protec. Vegetal**, v.11, n.3, p.159-163, 1996.

ROMAN, J.; FIGUEROA, W. Morphometric evaluation of 20 *Heterorhabditis* isolates from Puerto Rico. **J. Agric. Univ.**, Puerto Rico, v.79(1/2), p.51, 1995.

ROMAN, J.; FIGUEROA, W. *Steinernema puertoricensis* n. sp. (Rhabditida: Steinernematidae), a new entomopathogenic nematode from Puerto Rico. **J. Agric. Univ.**, Puerto Rico, v.78(3/4), p.167-175, 1994.

ROSALES, A.L.C., SUAREZ, H.Z. Entomopathogenic nematodes as possible control agents of the banana root borer weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). **Boll. Entom. Venezolana**, v.13, n.2, p.123-140, 1998.

SAENZ, A. Process evaluation for isolation and storage of a native entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). **Rev. Colomb. Entom.**, v.25(¾), p.209-215, 1999.

SAUX, M.F.L.; ARTEAGA-HERNANDEZ, E.; MRACEK, Z.; BOEMARE, N.E. The bacterial symbiont *Xenorhabdus poinarii* (Enterobacteriaceae) is harbored by two phylogenetic related host nematodes: the entomopathogenic species *Steinernema cubanum* and *Steinernema glaseri* (Nematoda: Steinernematidae). **FEMS. Microb. Ecol.**, v.29, n.2, p.149-157, 1999.

SCHMITT, A.T. **Biological control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) with entomopathogenic nematodes.** PhD Thesis, University of Reading, 210 p., 1993.

STOCK, S.P. A new species of the genus *Heterorhabditis* Poinar, 1976 (Nematoda: Heterorhabditidae) parasitizing *Graphognathus* sp. larvae (Coleoptera: Curculionidae) from Argentina. **Res. Reviews Parasitol.**, n.53, n. ¾, p.103-107, 1993a.

STOCK, S.P. Description of an Argentinian strain of *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) (Nematoda: Steinernematidae). **Nematol. Mediterranea**, v.21, n.2, p.279-283, 1993b.

STOCK, S.P. Natural populations of entomopathogenic nematodes in the Pampean region of Argentina. **Nematropica**, v.25, n.2, p.143-148, 1995.

STOCK, S.P. Presence of *Steinernema scapterisce* Nguyen et Smart parasitizing the mole cricket *Scapteriscus borellii* in Argentina. **Nematol. Mediterranea**, v.20, n.2, p.163-165, 1992.

STOCK, S.P. Systematics and Biology of Nematodes Parasites and Associates of Insects. **Course on Systematics and biology of entomopathogenic nematodes**, Brazil, September, 43p., 2001.

TREVERROW, N.; BEDDING, R. **Control of the banana weevil borer, *Cosmopolitus sordidus* (Germar) with entomopathogenic nematodes.** In: Proceedings and Abstracts of

the Vth International Colloquium of Invertebrate Pathology and Microbial Control. Adelaide, Australia, August,20-24, p.233, 1990.

VAN DRIESCHE, R.G. & BELLOWS, JR. T.S. **Biological Control**. New York, Chapman & Hall, (eds.), 539p., 1996.

WASSINK, H.; POINAR Jr., G.O. Nematological reviews – reseñas nematológicas: use of entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (Rhabditida: Steinernematidae): In Latin America. **Nematropica**, v.14, n.1, p.97-109, 1984.

3. CAPITULO 1

ESTUDOS BIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DE *Migdolus fryanus* (WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE) PRAGA DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

3.1. RESUMO

Neste estudo registraram-se dados biológicos e morfológicos de *M. fryanus*, praga da cultura da cana-de-açúcar. Machos e fêmeas, imediatamente após o acasalamento eram coletados em campo, trazidos ao laboratório, onde se procederam as observações. Fêmeas foram individualizadas em baldes de plástico (20 L). Observou-se o número de ovos colocados, o tamanho, a viabilidade, o desenvolvimento embrionário e o tamanho das larvas ao eclodirem. As medições foram obtidas com um micrômetro ocular com escala de 0,05 mm. Machos foram mantidos em cilindros de vidros (12 cm alt. X 12 cm Ø), fechadas com placas de Petri (15 cm de Ø) e definida a longevidade. Utilizando-se 50 larvas estudou-se uma dieta artificial modificada, sendo acrescida em sua receita 50 g de cana-de-açúcar “in natura” moída. Para os estudos morfológicos, os adultos foram coletados em cana-de-açúcar, pastagens e cafezal abandonado, sendo os caracteres observados com microscópio óptico. As macro-medições foram tomadas com um paquímetro, de precisão de 1mm. As fêmeas depositaram 19 a 38 ovos/fêmea ($\bar{X} = 29,4 \pm 5,5$), com viabilidade de 65 a 98 % ($\bar{X} = 84,9 \pm 11,6$) e desenvolvimento embrionário de 17 a 25 dias ($\bar{X} = 20,6 \pm 0,9$). Os ovos têm formato oval e mediram 3 a 5 mm ($\bar{X} = 4,5 \pm 1,8$). A longevidade das fêmeas variou de 28 a 38 dias ($\bar{X} = 32,5 \pm 3,5$) e de machos de 3 a 9 dias ($\bar{X} = 5,8 \pm 1,9$). As larvas, ao eclodirem, mediram entre 4 a 5 mm. Na dieta, as larvas foram mantidas por 2 anos, passando por 6 ou 7 ecdises, mas não completando o ciclo ovo-adulto. Embora os adultos apresentam grandes variações morfológicas, tanto em dimensões quanto em coloração, apenas a espécie *M. fryanus* foi constatada nos municípios estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Biologia, morfologia, *Migdolus fryanus*, dieta artificial

3.2 ABSTRACT

During de present study biological and morphological data of *M. fryanus* were obtained. Males and females after mating were collected in sugar cane field and brought to the laboratory for morphological and biological investigations. Females were individualized in plastic containers (20 L). The dimensions were calculated utilizing an ocular micrometer of precision 0.05 mm. Males were maintained in glass cylinders (12 cm height X 12 cm Ø), closed with Petri dishes (15 cm Ø) and to get only the longevity data. An artificial and modified diet was studied adding, 50 g of triturated fresh sugar cane. For the morphological observations the insects were collected in sugar cane field, pastures and abandoned coffee crops, and the material was examined by means of an optical microscope. The measurements were taken with an 1mm precision paquimeter. The females deposited between 19 to 38 eggs, with an average of 29.4 ± 5.5 . The eggs viability varied from 65 to 98 % with de average of (84.98 ± 11.6) and incubation period of 17 the 25 days, with de average of (20.6 ± 0.9) . The egg length varied from 3 to 5 mm. The females longevity lasted from 28 to 38 days, with de average of (32.5 ± 3.5) and the males from 3 to 9 days, with de average of (5.8 ± 1.9) . The hatching larvae measured between 4 to 5 mm. The larvae were maintained for 2 years, passing for 6 or 7 moults without reaching the pupal stage. The adults showed significant variation in color and dimensions, but only the species *M. fryanus* was detected.

KEY - WORDS: Biology, morphology, *Migdolus fryanus*, artificial diet

3.3. INTRODUÇÃO

O besouro da raiz da cana-de-açúcar, *Migdolus fryanus* (Westwood 1863) (Coleoptera: Vesperidae), é uma das principais pragas da cultura, ocorrendo, principalmente, nas localidades com canaviais cultivados em solo arenoso, no Centro-sul da América do Sul (Terán et al., 1983, Kasten Jr. et al. 1985). Segundo Nunes Jr. (1996), a espécie foi constatada nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo, Santa Catarina, na Argentina (Província de Corrientes) e no Paraguai.

A primeira constatação desse inseto, na cultura da cana-de-açúcar foi feita em 1927 (Lane, 1937). Dentre o complexo de pragas de solo que ocorrem nos canaviais, é a que apresenta menor número de informações sobre os aspectos biológicos e até mesmo se é a única espécie do gênero que se relaciona com a cultura. (Nakano & Joko, 1969; Roccia, 1977; Terán et al., 1983, 1984; Bento et al., 1992).

Gounelle (1899) e Bruch (1921) foram os primeiros entomologistas a registrarem alguns dados sobre as atividades biológicas dos adultos de duas espécies de Anoplodermatini. O primeiro autor fez referência a *Migdolus fryanus*, no Vale do Rio Pardo/SP, no ano de 1898, informando que a fêmea tem vida subterrânea e que ambos os sexos eram encontrados ao longo de pequenos caminhos, depois das chuvas. Ainda, esse autor relata que o macho era bastante ativo, voava bem, ao passo que a fêmea era vagarosa e de asas posteriores bastante reduzidas. Já o segundo autor, cita observações realizadas em 1918, por Diurione, curador do Museu de La Plata, o qual informava que a fêmea de *Migdolus orbignyi* Blanchard fora encontrada no solo a pouca profundidade e que três machos procuravam penetrar na terra. Dias mais tarde, pelo período da manhã, o observador teve a oportunidade de coletar mais um casal da espécie. Desta vez, a fêmea se encontrava com a metade do corpo para fora da terra e o macho ao redor dela, muito agitado.

Os adultos de *M. fryanus* normalmente têm vida efêmera; vivem pouco tempo após a cópula e a postura, as quais podem ocorrer alguns dias depois da emergência. Em contraposição, a fase larval é longa, quase sempre de um ano, podendo prolongar-se a dois ou três (Bento et al., 1995, Nakano et al. 2001). As larvas de *M. fryanus* têm hábito

subterrâneo, podendo atingir até 4 a 5 m de profundidade (Arrigoni, 1988). Esse comportamento tem dificultado estudos biológicos do inseto .

Dessa forma, o que se conhece sobre esse coleóptero refere-se apenas aos primeiros 60 cm de profundidade no solo (Terán et al., 1984; Arrigoni et al., 1986). Concomitantemente, em função da dificuldade de realizar estudos nas camadas mais profundas, presume-se que as informações até agora obtidas sobre o inseto sejam apenas de uma parte da população, aspecto que pode estar dificultando o emprego de métodos de controle eficientes.

Com relação à taxonomia do grupo que foi revista por Dias (1984) relatando 10 espécies no gênero, na atualidade, pouco se conhece sobre quais espécies estão relacionadas à cultura da cana-de-açúcar. O objetivo desse estudo foi ampliar os conhecimentos sobre a biologia, e a morfologia de *M. fryanus*, assim como conhecer quais espécies estão associadas à cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo da biologia um grupo de 28 machos e 16 fêmeas, recém emergidos, foram coletados logo após o acasalamento nos municípios de Olímpia, SP (latitude 20° 44' 14" Sul, longitude 48° 54' 53" Oeste e altitude 506 m), Catanduva, SP (latitude 21° 08' 16" sul, longitude 48° 58' 22" Oeste e altitude 503 m), Promissão, SP (latitude 21° 32' 12" Sul, longitude 49° 51' 21" Oeste e altitude 426 m) e Teodoro Sampaio, SP (latitude 22° 31' 57" Sul, longitude 52° 10' 03" Oeste e altitude 321 m), e trazidos ao laboratório, onde se realizou a pesquisa. As fêmeas foram individualizadas em baldes de plástico (20 L) para obtenção das posturas e mantidas sob temperatura de 26° C, umidade relativa de 70 % e fotoperíodo de 12 h. Observou-se o número de ovos colocados por fêmea, o tamanho dos ovos, a viabilidade, o período de incubação e o tamanho das larvas recém eclodidas. As dimensões dos ovos e das larvas recém eclodidas foram obtidas com auxílio de um micrômetro ocular com escala de 0,05 mm. Para os machos observou-se apenas a longevidade, sendo os mesmos mantidos em cilindros de vidro (12 cm alt. X 12 cm de Ø), fechados nas extremidades por placas de Petri (15 cm de Ø), nas mesmas condições

climáticas em que ficaram as fêmeas. Com parte das larvas recém-eclodidas (50 larvas) estudou-se uma dieta artificial (Tabela 1) utilizada por Machado & Berti Filho (1999), para criação do cerambicídeo *Diploschema rotundicolle* (Serville, 1834) (Coleoptera: Cerambycidae), uma coleobroca que ocorre na cultura de citros. A dieta foi modificada, sendo acrescida em sua receita, 50 g de cana-de-açúcar “in natura” moída. Como recipiente para a criação utilizou-se tubo de vidro de 8 cm de comprimento por 2,5 cm de diâmetro, sendo mantidos em sala com temperatura. 26 ± 2 °C, umidade relativa U.R. 70 ± 10 % e fotofase de 12 h.

Tabela 1 - Dieta para a criação de *Diploschema rotundicolle* (Machado & Berti Filho, 1999) + 50 g de cana-de-açúcar triturada .

Ingredientes	Quantidades
Agar	30 g
Fubá de milho	150 g
Cana-de-açúcar	50 g
Levedura de cerveja	40 g
Germe de trigo	35 g
Ácido ascórbico	5 g
Ácido benzóico	1 g
Metilparabenzoato (Nipagin)	1 g
Formaldeído (40 %)	1,5 ml
Água	800 ml

Para as observações morfológicas, os insetos foram coletados nos municípios de Olímpia, Catanduva, Promissão, Teodoro Sampaio, Bady Bassitt/SP (latitude 20° 55' 05" Sul, longitude 49° 26' 46" Oeste, e altitude 510 m), Potirendaba/SP (latitude 21°02'54' Sul e longitude 49°22'38' Oeste e altitude 469 m) e Palestina/SP (latitude 20°23'24" Sul, longitude 49°25'59" Oeste e altitude de 550 m), em pastagens e cultura de café abandonada, com auxílio de armadilhas de feromônio.

Os exemplares foram fixados, por meio de alfinete entomológico, e depositados na coleção de insetos “Oscar Monte” do Laboratório de Controle Biológico do Instituto Biológico de São Paulo. Os caracteres foram observados com microscópio estereoscópico, e as medições foram tomadas usando-se um paquímetro, com escala de 1 mm.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1. Biologia

Com relação ao tamanho, a longevidade dos adultos e os dados biológicos das larvas, os resultados obtidos podem ser observados nas tabela 2 e 3. A longevidade das fêmeas foi de 28 a 38 dias ($\bar{X} = 32,5$). Já os machos tiveram uma longevidade mais curta, vivendo um período variável de 3 a 8 dias ($\bar{X} = 5,8$). O número de ovos depositados por fêmeas variou de 19 a 38 ($\bar{X} = 29,4$) e tiveram uma viabilidade entre 65 a 98 % ($\bar{X} = 84,9$ %). O período de incubação variou de 17 a 25 dias ($\bar{X} = 20,9$).

Tabela 2 -Tamanho e longevidade de adultos de *Migdolus fryanus* coletados em 4 municípios do estado de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio) (temp. 26 ± 2 °C, umidade relativa U.R. 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).

Observações	Fêmea	$\bar{X} \pm EP$	Macho	$\bar{X} \pm EP$
Tamanho (cm)	1,70 – 2,25	(1,96 \pm 0,15)	1,50 – 2,60	(2,10 \pm 0,30)
Longevidade (dias)	28 – 38	(32,5 \pm 3,5)	3 – 9	(5,8 \pm 1,9)

EP = Erro padrão

Tabela 3 - Alguns parâmetros biológicos das fases imaturas de *Migdolus fryanus* coletados em 4 municípios do estado de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio) (temp. 26 ± 2 °C, umidade relativa U.R. 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).

Observações	Intervalo	$\bar{X} \pm EP$
Nº de ovos	19 – 38	(29,4 \pm 5,5)
Viabilidade de ovos (%)	65 – 98	(84,9 \pm 11,6)
Período de Incubação (dias)	17 – 25	(20,6 \pm 1,0)
Tamanho do ovo (mm)	3 – 5	(4,5 \pm 3,7)
Larva ao eclodir (mm)	4 – 6	(5,0 \pm 3,7)

EP = Erro padrão

Em um estudo semelhante com 25 fêmeas, Arrigoni, (1987) observou longevidade de $20,8 \pm 2,43$, capacidade média de oviposição de $40,4 \pm 9,5$ ovos por fêmea, incubação média de $18,42 \pm 0,28$ dia, e uma viabilidade de 60 %. Arrigoni (1988), em outro estudo realizado em câmara climatizada (Temp. 25 ± 1 °C), concluiu que a longevidade média das fêmeas é de 25,9 dias, a média de oviposição foi de 34,06 ovos/fêmeas com uma viabilidade de 83,12 %.

Um dos aspectos que dificulta o estudo da biologia de *M. fryanus* é a impossibilidade de criá-lo em condições de laboratório. No estudo com a dieta artificial foi possível manter larvas em condições de laboratório, de março de 2001 a março de 2003. Embora as larvas tivessem apresentado 6 ou 7 ecdises, atingindo 40 a 50 mm de comprimento, não passaram para os estágios de pupa e adulto. Essas observações deixam a expectativa que em condições naturais deve ocorrer algum estímulo para que o inseto complete as demais fases do seu ciclo de vida. Por outro lado, pode-se também inferir que o inseto possui um ciclo biológico longo, podendo passar de um ciclo para outro da cultura. De qualquer modo, nunca se conseguiu criar esta espécie e estudar a sua biologia, sob condições de laboratório.

3.5.2. Aspectos morfológicos

3.5.2.1. Adultos

Embora o gênero *Migdolus* apresente 10 espécies conforme revisão de Dias (1984), no presente estudo constatou-se apenas a espécie *M. fryanus* nos municípios estudados. Os machos apresentam antenas maiores que as fêmeas (Figura 1 A), atingindo um pouco mais que a metade do corpo, com 11 antenômeros, sendo os escapos curtos, oblongos e com pontuação discreta. O artículo 3 é denteado e mais longo que o artículo 4. As fêmeas possuem antenas menores (Figura 1 B) com 8 artículos, sendo o 3º alongado e mais afilado na base, pouco ou não denteado. O escapo é mais longo e menos oblongo.

As asas membranosas nos machos são desenvolvidas e funcionais para o vôo (Figura 1 C). Nas fêmeas, são reduzidas, com nervação vestigial e em formato de pequena lamina alongada e estreita (Figura 1 D), não sendo funcional para vôo. Para algumas fêmeas foi observada fusão dos élitros, a partir do terço médio para a região posterior, caracterizando perda de função dessas estruturas para o inseto. Esse fenômeno nunca foi registrado anteriormente por outros pesquisadores.

Provavelmente esse dimorfismo, tão acentuado entre macho e fêmea, seja devido a genes presentes nos cromossomos sexuais que não apresentam recombinação entre os dois sexos, e por isso, expressam apenas em um dos sexos durante a fase da diferenciação celular, proporcionando ou impedindo a formação de estruturas que caracterizam o referido dimorfismo na espécie. (Prof. Dr. Edson Ferreira da Silva, da Universidade Federal Rural de Pernambuco)¹

Outras diferenças entre o macho e a fêmea se referem a cor, ao tamanho das mandíbulas e ao tipo de pernas. Os machos são na maioria de coloração preta, mas podem apresentar variações para a cor castanha escura ou castanha avermelhada (Figura 2 A e B). Estes últimos foram mais freqüentes no município de Catanduva/SP. e Teodoro Sampaio/SP. Já para as fêmeas predomina a coloração castanha (Figura 2 C).

¹ Informação pessoal, 2005.

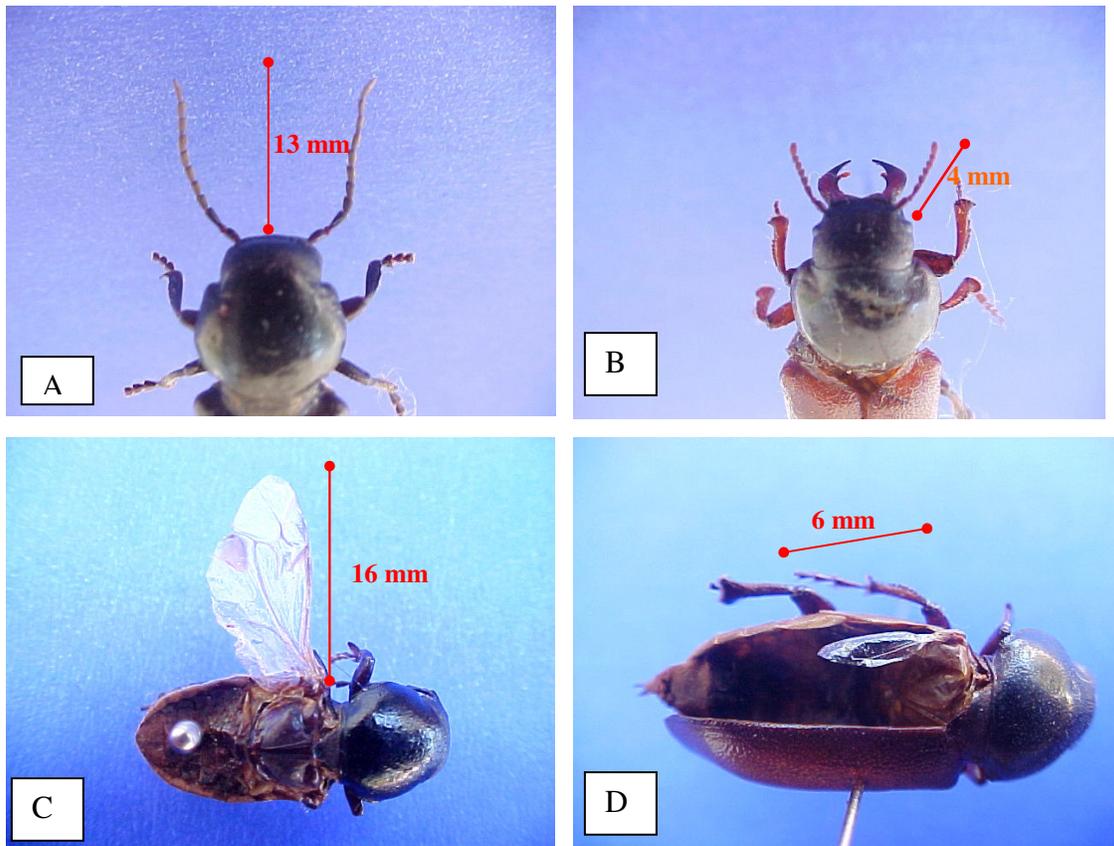


Figura 1 - Aspectos morfológicos de adultos de *Migdolus fryanus*. A: antena de macho, B: antena de fêmea, C: asa de macho e D: asa atrofiada de fêmea.

O tamanho dos besouros, em todos os municípios, foi bastante heterogêneo, com variação para macho, que em média foram ligeiramente maiores que as fêmeas de 1,5 a 2,6 cm, ($\bar{X} = 2,10 \pm 0,30$) e para fêmeas de 1,7 a 2,25 cm, ($\bar{X} = 1,96 \pm 0,15$). As mandíbulas são mais desenvolvidas nos machos quando comparadas com as das fêmeas. Na fase adulta essa espécie não se alimenta, e as mandíbulas são usadas para a saída do solo após a emergência; sendo que o macho utiliza essa estrutura para imobilizar a fêmea durante a cópula, assim como também durante a disputa com outros machos para copular com a fêmea. Com relação às pernas, nas fêmeas, são do tipo fossoriais ou escavadoras, mais adaptadas para viver no interior do solo que as dos machos. Essas observações para a

espécie *M. fryanus*, exceto a fusão de élitros das fêmeas, concordam com as relatadas por Dias (1984) quando o autor examinou diversas coleções entomológicas para uma revisão do gênero *Migdolus*.

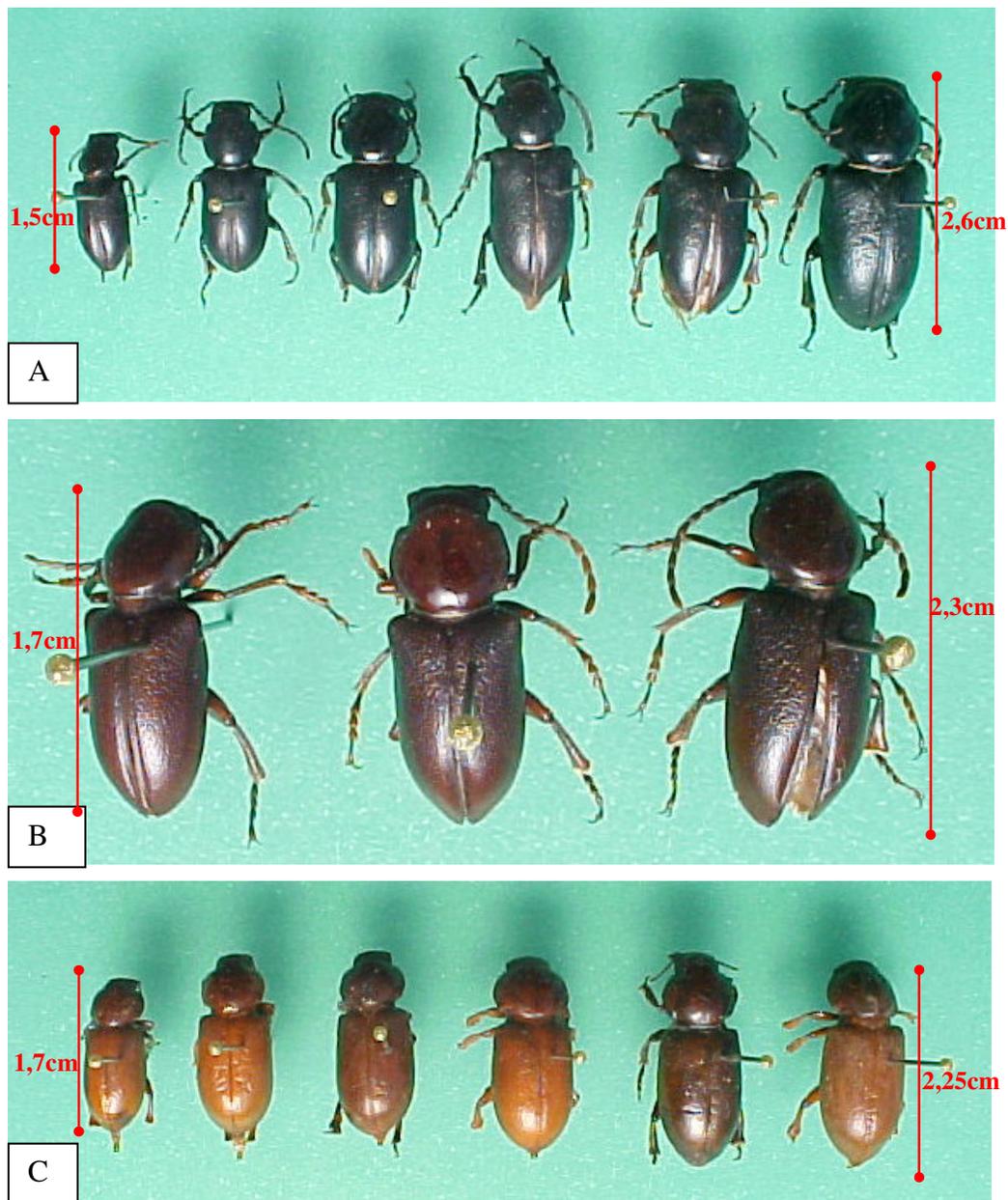


Figura 2 - Coloração de machos e fêmeas de *Migdolus fryanus*. A: machos de coloração preta, B: machos de coloração marrom e C: fêmeas de coloração castanha.

Para alguns exemplares coletados em pastagens e café nos municípios de Bady Bassitt/SP, Potirendaba/SP e Palestina/SP foi constatado uma redução nas mandíbulas (Figura 3 A e B). Este fator pode estar relacionado com o fato desses insetos habitarem solos com elevada camada de pedregulho a uma profundidade variável de 40 a 60 cm, barreira que foi observada mediante a abertura de trincheiras no solo.

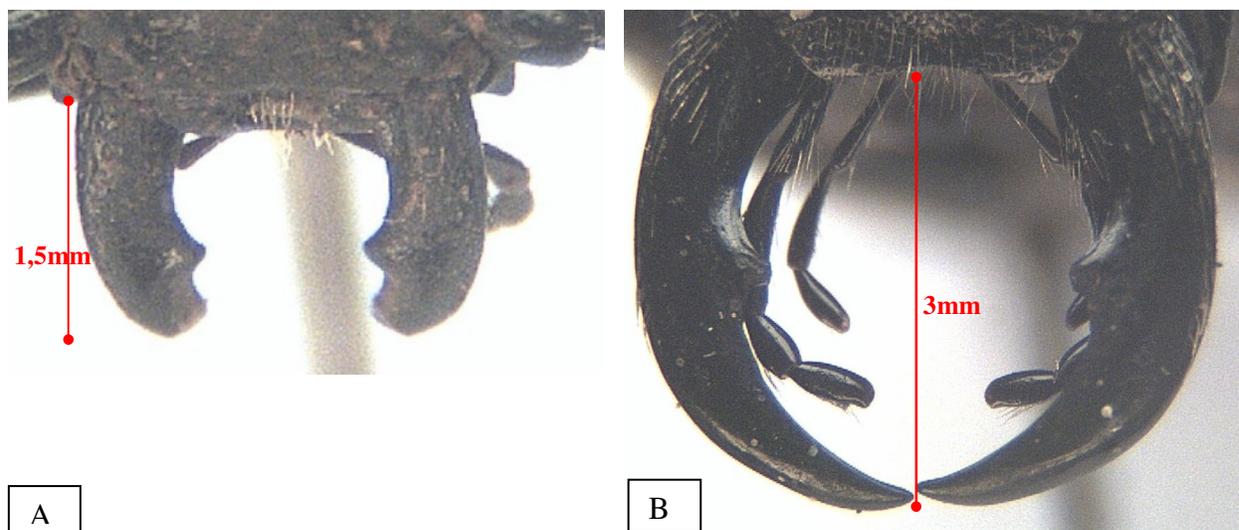


Figura 3 - *Migdolus fryanus*. A: mandíbula com redução e B: mandíbula normal.

Nestas condições, esses insetos encontram maior resistência, após a emergência do adulto, no momento da abertura de galeria, para ganhar a vida livre. Machos com mandíbula reduzida terão menor chance de acasalamento, uma vez que a mandíbula auxilia na imobilização da fêmea durante a cópula e na concorrência pela mesma fêmea, com outros machos.

3.5.2.2. Larvas

Larvas de *M. fryanus* são de formato cerambiciformes, com coloração branco-amarelada, (Figura 4 A) sendo a cápsula cefálica levemente mais escura, As observadas, no

final do desenvolvimento, mediram 40 a 50 mm de comprimento com 7 a 9 mm de largura no protórax. A porção anterior do corpo é mais alargada, com leve funilamento para a posterior. A região ventral é plana sendo a dorsal convexa. A segmentação do corpo é bem evidente, sendo que nos segmentos anteriores (1 a 5) apresentam ampolas dorsais em formato de calombo. Na região ventral essas ampolas projetam para a lateral, sendo voltadas para parte posterior do corpo, em formato de arcos (Figura 4 B). Essas estruturas têm a função de auxiliar no deslocamento da larva pelo interior da galeria, no solo.

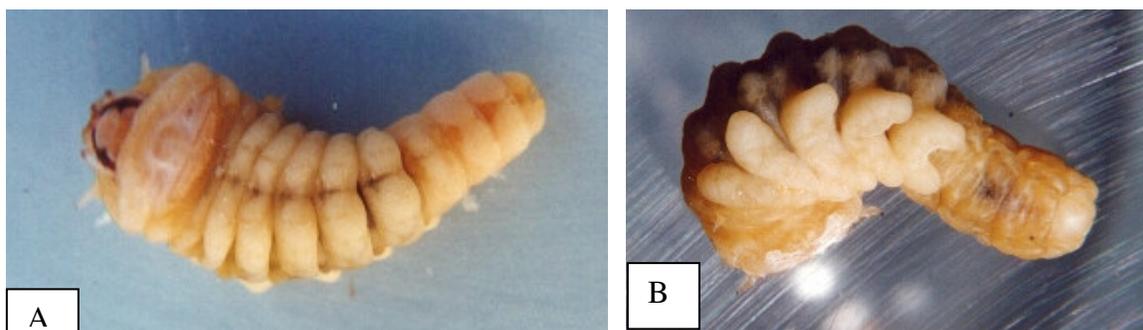


Figura 4 - A: Larva de *Migdolus fryanus* e B: detalhe da projeção abdominal (ampolas ventrais)

As pernas nesta fase são atrofiadas, sendo o primeiro par mais desenvolvido que o segundo e o terceiro. A mandíbula é robusta, cortante e bem quitinizada, com os cantos arredondados. As antenas, nesta fase, também são rudimentares. Essas observações coincidem com as relatadas por Costa et al. (1988), que examinaram insetos depositados no Museu de Zoologia da USP em São Paulo.

3.5.2.3. Ovos e larvas de primeiro estágio:

Ao serem depositados, os ovos apresentam coloração branco leitosa (Figura 6 A), sendo que ao longo do desenvolvimento embrionário se tornam amarelados. No estágio final do desenvolvimento embrionário, foi possível observar a região anterior da larva, devido à coloração mais escura da mandíbula da mesma. O cório do ovo é bastante frágil,

sendo facilmente rompido quando manipulado, até mesmo com o uso de pincel de cerdas finas. Possui formato elíptico e o tamanho variou de 3 a 5 mm, com média $4,5 \pm 0,37$. As larvas, ao eclodirem, mediram de 4 a 6 mm de tamanho (Figura 6 B).

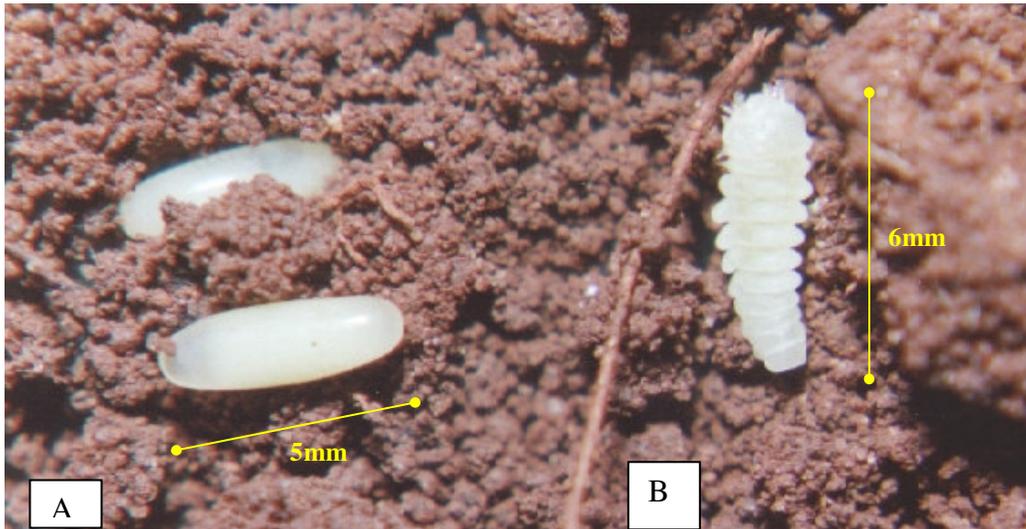


Figura 6 - Ovo e larva recém-eclodida de *Migdolus fryanus*

3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIGONI, E.B. & TERÁN, F.O. Áreas afetadas por *Migdolus* spp. (Coleoptera: Cerambycidae) em canaviais de unidades cooperadas. **Bol. Tec. Copersucar**. n.35, p.11-13, 1986.

ARRIGONI, E.B. Aspectos biológicos de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Cerambycidae). In: Congresso Brasileiro de Entomologia, XI. Campinas, SP, **Resumos...**, p.107. 1987.

ARRIGONI, E.B. Flutuação populacional de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Cerambycidae). **Bol. Tec. Copersucar**. n.44, p. 22-26, 1988.

BENTO, J.M.S.; ALBINO F.E.; DELLA LUCIA T.M.C. & VILELA, E.F. Field trapping of *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Cerambycidae) using natural sex pheromone. **J. Chem. Ecol.**, v.18, n.2, p.245-251, 1992.

BENTO, J.M.S.; VILELA, F. E.; DELLA LUCIA, T.M.C.; LEAL, W.S. & NOVARETTI, W.R.T. ***Migdolus: Biologia, Comportamento, e Controle*** In: BENTO, J.M.S. (ed.) Salvador, BA, 58p., 1995.

BRUCH, C. Algunos interesantes Cerambicidos. **Rev. Mus. La Plata**. n.25, p.345-356, 1921.

COSTA, C.; VANIN, S.A. & CASARI – CHEN, S.A. **Larvas de Coleoptera do Brasil**. ed. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. 282p., 1988.

DIAS, M.M.. Revisão da subfamília Anoplodermatinae. Parte I Tribo Anoplodermatini. Gênero *Migdolus* Westwood, 1863. (Coleoptera: Cerambycidae). **Rev. Bras. Ent.** v.28, n.4, p.507-535, 1984.

GOUNELLE, E. Note sur le genre *Migdolus* et description de la femelle du *Migdolus fryanus* West. (Col.). **Bull. Soc. Ent. France**, p.276-277, 1899.

KASTEN JR, P.; DONZELLI, J.L.; STRINI JR, A. E.; SACOMANO, J.B. & VILHENA, E.O. Ocorrência de *Migdolus* spp. e insetos associados em solo de textura arenosa (Areias quartzosas). **Bol. Téc. Copersucar**, n.32, p.29-32, 1985.

LANE, F. Esboço monográfico dos anoplodermídeos. **Rev. Mus. Paulista**, n.23, p.155-223, 1937.

MACHADO, L. A.; & BERTI FILHO, E. Criação artificial da broca-dos-citros *Diploschema rotundicolle* (Serville, 1834) (Coleoptera: Cerambycidae). **Biológico**. v.61, p.5-11, 1999.

NAKANO, O. & JOKO, T. Considerações sobre a biologia e hábito do *Migdolus morretesi* Lane, 1973 (Coleoptera, Cerambycidae) Reunião Anual da SBE. **Resumos...**, p.6, 1969.

NAKANO, O.; ROMANO, F.C.B. & PESSINI, M.M.O. Broca do rizoma (*Migdolus* spp.) In: **Pragas de Solo**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, p.25-35, 2001.

NUNES, D.B. **O estado da arte sobre *Migdolus* spp.** (Coleóptera: Cerambycidae). In: (Workshop) O estado do conhecimento sobre *Migdolus*. p.5-10, 1996.

ROCCIA, A.O. **Estudos sobre a bio-ecologia e controle de *Migdolus* spp.** (Col.: Cerambycidae) Relatório Anual do setor de entomologia. Copersucar, p.340-347, 1977.

TERAN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T. & KASTEN JR, P. ***Migdolus* sp. e insetos associados.** In: Reunião Técnica Agronômica “pragas da cultura da cana-de-açúcar”. (Copersucar) p.25-31, 1983.

TERAN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T.; KASTEN JR, P.; ARRIGONI, E.B. & MATOS, C.A.O. ***Migdolus* sp. e insetos associados.** In: II Seminário de Tecnologia Agronômica, Centro de Tecnologia Copersucar - Piracicaba. p.313-326, 1984.

4. CAPÍTULO 2

ESTUDOS ECOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS DE *Migdolus fryanus* (WESTWOOD, 1863) (COLEOPTERA: VESPERIDAE), EM CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR, NO ESTADO DE SÃO PAULO

4.1. RESUMO

Infestações por *Migdolus fryanus* podem resultar em severos prejuízos à cultura da cana-de-açúcar. Na presente pesquisa estudou-se o comportamento de revoada em canaviais de 4 municípios de São Paulo (Olímpia, Catanduva, Promissão e Teodoro Sampaio), entre os meses de outubro de 2001 e março de 2003, realizando-se 3 observações por município em cada ano. Em Catanduva/SP foi estudada a flutuação de larvas por intermédio de abertura de trincheiras no período compreendido entre março de 2002 e fevereiro de 2004. Além disso, no mês de setembro de 2003 foi comparado entre três municípios (Olímpia, Catanduva e Teodoro Sampaio) o índice de infestação de larvas por touceira de cana, em reboleira atacada. As revoadas ocorreram sempre após chuvas, algumas duraram até 7 dias e aconteceram entre os meses de outubro e março. Fêmeas apareceram de forma bem sincronizada entre 8:00 e 10:00 h da manhã e permaneceram no solo até a chegada do macho. Já os machos foram freqüentes o dia todo, aparecendo primeiro que as fêmeas. A cópula durou entre 5 e 30 segundos. As larvas foram mais freqüentes entre março a setembro e em maior número no período de baixa pluviosidade (julho a setembro). O maior índice por touceira ocorreu em Teodoro Sampaio, média de 3,96/larvas por touceira, e Olímpia, média de 3,88/larvas por touceira que diferiram significativamente de Catanduva, média de 1,6/larvas por touceira. Com relação as reboleiras estudadas ocorreu diferença significativa de número de larvas por touceiras apenas em Olímpia.

PALAVRAS-CHAVE: Flutuação populacional de larvas, comportamento de revoada *M. fryanus*, cana-de-açúcar

4.2. ABSTRACT

Migdolus fryanus normally causes damages in sugar cane fields. The reproductive behavior should be considered important as a strategic point to reach control methods. The flight behavior during mating was studied in 4 municipalities of São Paulo state, in sugar cane fields, (Olimpia, Catanduva, Promissão and Teodoro Sampaio), from October 2001 to March 2003. The fluctuation of larvae populations was studied in Catanduva between March 2002 and February 2004. On September 2003, the larval infestation among sugar cane roots was compared in the municipalities of Olimpia, Catanduva and Teodoro Sampaio. The reproductive flight involves a high adult male density and occurred after raining, between October and March. Such flights lasted up to seven days. The female comes out from soil in the morning from 8:00 to 10:00 a.m., for mating. Normally and influenced by the female sex pheromone, the male could be seen in the spots before the female emergence. The mating lasted from 5 to 30 seconds. Immediately after mating, the female returned to the soil to start oviposition. Larvae were more frequent between June and September (dry season). The highest larval infestation was observed in Teodoro Sampaio; while the lowest one occurred in Catanduva.

KEY - WORDS: Larval population, flight behavior, *Migdolus fryanus*, sugar cane.

4.3. INTRODUÇÃO

Migdolus fryanus (Westwood, 1863) (Col: Vesperidae) é um coleóptero polífago, nativo da América do Sul (Terán et al., 1983, Kasten Jr. et al.; 1985), e ataca diversas culturas econômicas, tais como: Eucaliptos, videira, amoreira, algodão, feijão, café, mandioca, pastagens, sendo uma das principais pragas da cultura da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo (Machado et al., 2003).

Wilcken et al. (2005) foram os primeiros a registrar de *M. fryanus* atacando mudas de plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (sénéé) Barr. & Golf. no estado de São Paulo, completando a relação de culturas econômicas que este besouro pode atacar. Os danos são provocados pelas larvas que, durante sua alimentação, destroem o sistema radicular das plantas.

Gounelle (1899) revelou alguns dados sobre as atividades biológicas dos adultos de duas espécies de Anoplodermatini. fazendo referência a *M. fryanus*, no Vale do Rio Pardo/SP no ano de 1898, informando que a fêmea tem vida subterrânea e que ambos os sexos eram encontrados ao longo de pequenos caminhos, depois das chuvas. Ainda, esse autor relata que o macho era bastante ativo, voava bem, enquanto que a fêmea era áptera e vagarosa e de asas membranosas reduzidas.

Os adultos são escavadores (macho e fêmea) e estão presentes fora do solo a partir do mês de outubro, assim que se iniciam as primeiras chuvas. O aparecimento dos machos é estimulado pelas fêmeas que liberam um feromônio de atração sexual (Bento et al., 1992), provocando um fenômeno denominado de “revoadas de *Migdolus*” que ocorrem, após as chuvas, variando de uma região para outra, podendo acontecer até o mês de março.

Com relação a larvas, Arrigoni (1988) observou grande variação na flutuação populacional, nas diferentes camadas do solo (0 a 5 m de profundidade) em função das épocas de amostragem. A maioria, 55,6 % da população foi encontrada no primeiro metro de profundidade.

De acordo com Gallo et al. (2002) as larvas de *M. fryanus* vivem em solos secos, arenosos e nas proximidades de ecossistema de cerrado. No entanto, Arrigoni & Terán (1986), ao estudarem áreas afetadas por *Migdolus* spp. em 25 usinas e uma estação experimental, no estado de São Paulo registraram 20.080 ha de área de cana como potencial

e 5.111 ha afetadas pela praga. Com relação ao tipo de solo, os autores frisaram que os focos do inseto foram observados nos mais diversos tipos de solo.

O presente trabalho teve como objetivo estudar revoadas de *M. frianus* em 4 municípios de São Paulo, a flutuação e a incidência de larvas em touceiras de cana-de-açúcar, visando ampliar os conhecimentos sobre o comportamento do inseto para a implementação de pesquisas de controle biológico com nematóides entomopatogênicos.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

As revoadas do inseto foram estudadas em canaviais de usinas situadas nos municípios de Olímpia/SP (latitude 20° 44' 14" Sul, longitude 48° 54' 53" Oeste e altitude 506 m), Catanduva/SP (latitude 21° 08' 16" sul, longitude 48° 58' 22" Oeste e altitude 503 m), Promissão/SP (latitude 21° 32' 12" Sul, longitude 49° 51' 21" Oeste e altitude 426 m) e Teodoro Sampaio/SP (latitude 22° 31' 57" Sul, longitude 52° 10' 03" Oeste e altitude 321 m), os quais apresentavam áreas com alto índice de infestação da praga. As visitas foram efetuadas no período de outubro de 2001 e março de 2003. Foram realizadas 3 visitas em cada município por ano, perfazendo um total de 36 observações de campo para esta finalidade. Na ocasião foram registradas: o comportamento do inseto no momento da revoada, a época em que ocorreram, o horário, e a duração do ato de cópula do inseto.

O estudo de flutuação das larvas foi realizado no município de Catanduva/SP, no período compreendido entre março de 2002 e fevereiro de 2004 em uma área de 10.000 m², infestada pelo inseto, com frequência mensal e em 10 pontos de amostragens escolhidos ao acaso. Foram realizados 24 levantamentos através de aberturas de 10 trincheiras/levantamento, cada uma com formato quadrado (50 cm X 50 cm X 40 cm de profundidade). Durante o estudo foram registrados dados referentes à temperatura (máxima, mínima e média), a precipitação e o número de larvas encontradas.

Com o objetivo de conhecer o índice de infestação do inseto na cultura foi avaliada a população de larvas em reboleiras atacadas (Figura 1), no mês de setembro de 2003, nos municípios de Olímpia, Catanduva e Teodoro Sampaio/SP. Foram estudadas 5 reboleiras por município, sendo em cada uma considerados 5 pontos, formados por

touceiras da planta de tamanho 25 cm de comprimento na linha X 30 cm transversalmente X 40 cm de profundidade.



Figura 1 - Vista aérea de canavial com reboleiras (áreas amareladas) de ataque de *Migdolus fryanus*, (Foto aérea cedida pela Usina EQUIPAV Açúcar e Álcool - Promissão/SP).

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1. Revoadas

As revoadas ocorreram associadas a chuvas que necessitam alcançar um índice pluviométrico suficiente para estimular a saída dos adultos do solo. O período mais favorável às revoadas foi de novembro a fevereiro, embora elas possam ocorrer esporadicamente em outubro e março. Nos municípios de Olímpia e Catanduva, elas iniciaram no final do mês de outubro e foram até o final de fevereiro. Já em Promissão e Teodoro Sampaio foram mais tardias, iniciando em novembro e indo até o final do mês de março. Sempre foram freqüentes após chuvas, e com maior intensidade pelo período da manhã, podendo demorar até 7 dias no mesmo local. Os machos aparecem primeiro que as fêmeas e durante o dia todo, permanecendo sobre a vegetação, no próprio solo ou se deslocando intensamente de um lado para outro na procura pelas fêmeas. As fêmeas

apareceram normalmente, em horário bem definido, em todos os municípios, sempre entre 8:00 e 10:00 h da manhã. Bento et al. (1993) relataram que as fêmeas aparecem pelo período da manhã, no horário compreendido entre 8:00 às 12 h, podendo ser percebidas pelos machos, ainda dentro do solo. Por outro lado, Pizano (1991) observou que o horário das revoadas ocorreu entre 9:00 e 13:00 h, sendo mais comum às 13:00 h.

No estudo foi constatado que os machos ficam muito ativos a partir das 8:00 h da manhã, se deslocando em vôo baixo por distâncias entre 100 e 800 m, sendo capazes de identificar o local de saída da fêmea, com esta ainda em uma profundidade variável de 10 a 20 cm. Percepção química extremamente eficiente para o encontro dos casais.

As fêmeas normalmente não se exteriorizam, permanecendo dentro do solo com apenas a cabeça e parte do tórax exposto (figura 2 A) até a chegada de um macho, quando a mesma deixa a galeria expondo-se a ele para a realização da cópula. Bento et al. (1992) constataram que a região do tórax foi a mais efetiva na liberação do feromônio sexual, e concluíram ser ela a responsável pela liberação da substância. No mesmo estudo, com auxílio de armadilhas e utilizando um feromônio sintético os autores realizaram marcações e liberações de machos e observaram recapturas em até 500 m da fonte de odor.

A cópula demorou entre 5 a 30 segundos. Na ocasião do encontro a fêmea se expôs rapidamente ao macho, que com auxílio da mandíbula e do primeiro e segundo pares de pernas, conteve a mesma para o acasalamento (figura 2 B). Em alguns casos, até 8 machos procuraram pela mesma fêmea, travando verdadeira disputa para a realização da cópula. Esse comportamento causou a impressão da existência de um número maior de machos que fêmeas para a espécie. No entanto, Arrigoni (1988), estudando a flutuação dos imaturos de *M. fryanus*, constatou a presença de adultos dormentes no interior do solo, após a fase de pupa e ao examinar o sexo, o autor observou a existência de um número maior de fêmeas (55 %) que machos (45 %).

Após o acasalamento, a fêmea retornou imediatamente para o interior do solo, na maioria das vezes, utilizando o mesmo furo de saída, se deslocando verticalmente até uma profundidade de um metro já no primeiro dia. Alguns machos penetraram no solo pelo mesmo orifício da fêmea em busca de acasalamento, outros se deslocaram em direção à outra fêmea, atraídos, novamente, pelo feromônio sexual, vindo a realizar um novo

acasalamento. Este comportamento também foi observado por Bento et al. (1992) e como frisaram esses autores, não se conhece a eficiência dessa nova cópula.

Outro aspecto intrigante é com relação à distribuição populacional desse inseto na lavoura de cana, pois a fêmea se desloca, na maioria das vezes, somente no sentido vertical e deposita uma quantidade pequena de ovos, média de 30 a 40 ovos/fêmeas (Arrigoni, 1988). Presume-se que ela não seja a principal responsável pela dispersão. No entanto, esse fato pode explicar a razão das infestações na cultura se apresentarem em forma de reboleira. É possível que a dispersão dessa espécie seja realizada pelas larvas que se locomovem intensamente, abrindo galerias no solo de até 5 m de comprimento, em todas as direções, como assinalou Fonseca (1958) e Nakano et al. (2001).



Figura 2 - A: Fêmea de *Migdolus fryanus* com a cabeça exposta, rente ao solo, para liberação do feromônio de atração do macho. B: Macho prendendo a fêmea com as mandíbulas, primeiro e segundo par de pernas, para realização da cópula.

Na figura 3 pode ser observado orifício no solo de saída de fêmea (A) e de macho (B). Nota-se em A, o revolvimento do solo, uma característica que permite a localização do furo de saída realizado pela fêmea. Essa observação contribui para coletas no campo,

evitando desperdício de tempo, quando se tem como objetivo a fêmea. Além disso torna-se de fundamental importância para uma estratégia de controle, pois possibilita ter como alvo à fêmea que é responsável pela proliferação da espécie.

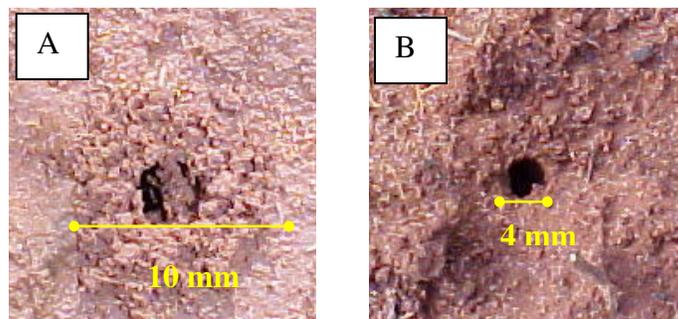


Figura 3 - A: Orifício de saída da fêmea de *Migdolus fryanus*. B: Orifício de saída do macho.

4.6.2. Flutuação populacional de larvas

Nas figuras 4 e 5 observa-se a flutuação de larvas de *M. fryanus* no período de março de 2002 a fevereiro de 2004. Nos 24 levantamentos realizados constatou-se que as larvas foram mais frequentes nas touceiras de cana, entre os meses de março a outubro, com uma população maior no mês de setembro. Arrigoni (1988) em estudo semelhante, considerando diferentes profundidades do solo (0 a 5 m) constatou grande variação na população de larvas com relação à profundidade, e em função das épocas de amostragens. A maioria se distribuía no primeiro metro de profundidade estudada. Neste estudo foi considerado apenas 40 cm de profundidade, por ser esta um limite que permite alguma estratégia de manejo para o controle desta praga.

As larvas recém-eclodidas iniciam o ataque pelas raízes da cultura em uma profundidade variável de 0,5 a 1 m, posteriormente, e já mais desenvolvidas, atacam os rizomas e primeiros internódios, localizados no nível do solo. Essas observações coincidem com Novaretti et al. (1983) que observaram comportamento semelhante e relataram que o segundo tipo de dano é mais prejudicial à cultura, pois o ataque aos rizomas e primeiros

internódios da planta, provoca secamento e morte do vegetal, afetando, de um modo geral, a rebrota da soqueira.

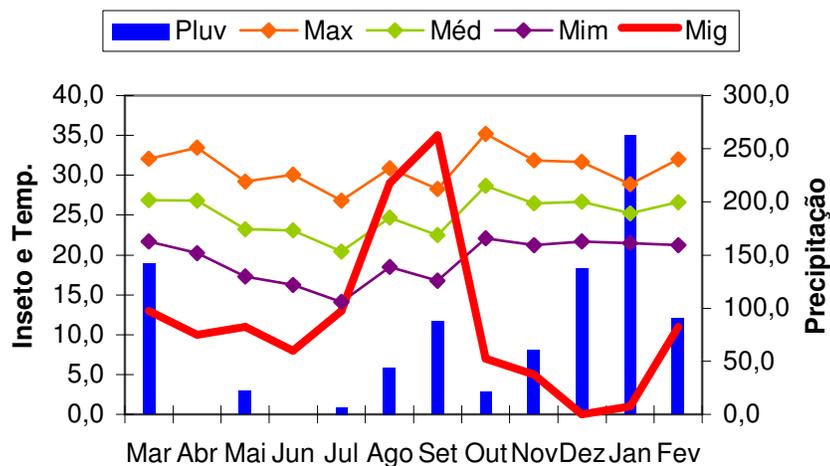


Figura 4 - Flutuação populacional de larvas de *Migdolus fryanus* em cultura de cana-de-açúcar, no município de Catanduva/SP (mar – fev 2002/2003).

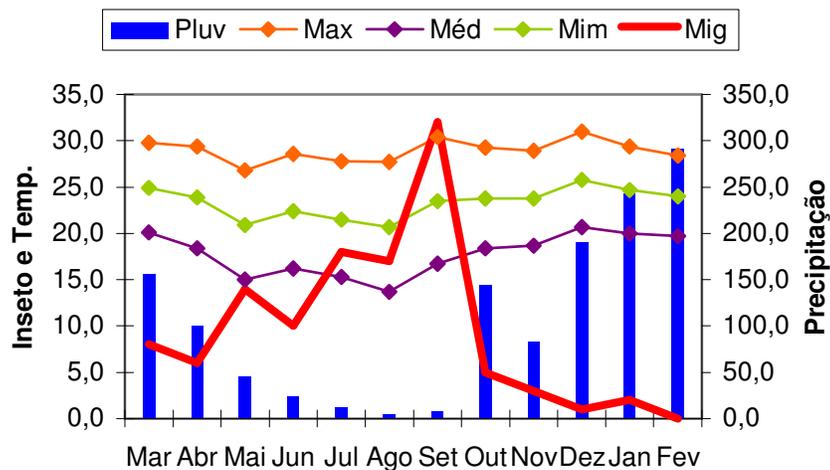


Figura 5 - Flutuação populacional de larvas de *Migdolus fryanus* em cultura de cana-de-açúcar, no município de Catanduva/SP (mar – fev 2003/2004).

Observa-se na tabela 1 que no período entre março de 2002 a fevereiro de 2003 foram coletadas 143 larvas, sendo que as maiores incidências foram registradas entre os meses de junho a setembro, com um pico populacional no mês setembro.

Tabela 1 - Número de larvas de *Migdolus fryanus* coletadas em cultura de cana-de-açúcar, durante 24 levantamentos para estudo da flutuação, no município de Catanduva/SP (2002/03, 2003/04).

Ano	Meses											
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
2002/03	13	10	11	8	13	29	35	7	5	0	1	11
2003/04	8	6	14	10	18	17	32	5	3	1	2	0

Para o período compreendido entre março de 2003 a fevereiro de 2004, embora tenha sido coletado um número menor de larvas (118), observou-se, praticamente, o mesmo padrão de dinâmica populacional. As maiores incidências também ocorreram entre os meses de junho e setembro e o pico populacional no mês de setembro, como ocorreu no ano anterior. Ao confrontar esses dados com os fatores climáticos, observa-se que a maior população de larvas de *M. fryanus* ocorre em um período de estiagem, crítico para o desenvolvimento da planta.

Em condições de temperatura amena a planta diminui sensivelmente o metabolismo e diante da deficiência hídrica as folhas reduzem a área de transpiração. Dependendo da intensidade da seca, ao atingirem o ponto de murchamento permanente (PMP), as plantas paralisam o crescimento, afetando o desenvolvimento dos colmos e das folhas. De acordo com Ortolani et al. (1991) em 90 % do estado de São Paulo predominam climas tropicais de altitudes ou mesotérmicos úmidos, com duas estações bem distintas: o verão mais úmido (outubro a março) com meses de transição (abril, maio), seguida de uma estação seca de inverno (junho a agosto). Desta forma, o ataque do inseto no período em que foi observado afeta ainda mais a produção do vegetal.

Com relação ao tamanho das larvas, as menores (1 a 2 cm) foram mais frequentes no primeiro trimestre do ano, em uma profundidade que variou de 0,5 a 1 m. Já as maiores (3 a 5 cm) nos meses de maio a outubro. No entanto, foi possível observar sobreposição de larvas com relação ao tamanho, durante o estudo. Esta observação pode confirmar o que atestam Bento et al., (1995) e Nakano et al. (2001) de que a espécie *M. fryanus* pode apresentar um ciclo biológico variável de 1 a 3 anos.

4.7.3. Número de larvas por touceira de cana-de-açúcar

Pela análise da tabela 2 observa-se que os municípios de Olímpia e de Teodoro Sampaio foram os mais infestados com média de 3,88 e 3,96 larvas por touceira de cana respectivamente, apresentando diferença significativa em relação ao município de Catanduva/SP, onde foi constatada uma média de 1,6 larvas. Ressalta-se que nos dois municípios onde a infestação era mais alta, as reboleiras atacadas apresentavam necessidade de reforma do canavial. Portanto, pode se considerar o índice de 3 a 4 larvas por touceira como alto e que inviabiliza a produção de cana.

No município de Catanduva/SP, onde foi constatada uma população menor, média de 1,6 larvas por touceira, a cana apresentava uma boa produção (\bar{X} de 150 T/ha). Esse resultado indica, aparentemente, que o índice médio inferior a 2 larvas por touceira de cana pode ser suportável pela cultura. Por outro lado, Bento et al. (1995) relataram que medidas de controle devem ser adotadas quando se constatar mais de duas larvas de *M. fryanus* por 10 touceiras de cana. Ou seja, uma média de 0,2 larvas/touceira. Caberia, diante desse quadro, recomendar um nível de infestação de 1 larva/touceira na reboleira, como o ideal para iniciar medidas de controle. Na comparação entre as reboleiras de cada município, não ocorreu diferença significativa em Teodoro Sampaio e Catanduva, mostrando uma distribuição mais regular das larvas. Já no município de Olímpia ocorreu diferença significativa entre as reboleiras estudadas.

Outro aspecto importante é que nesses municípios os produtores não optaram pela reforma das reboleiras, devido às mesmas se contraporem com áreas extensas em franca

produção, tornando-se inviável economicamente. Esse fator pode ser preponderante para a dispersão e o alastramento do inseto para as áreas ainda não infestadas.

Tabela 2 - Número médio de larvas de *Migdolus fryanus* por touceira de cana-de-açúcar em 3 municípios do estado de São Paulo. (Olimpia, Catanduva e Teodoro Sampaio) (set. 2003).

Tratamento	Municípios		
	Olimpia/SP	Catanduva/SP	Teodoro Sampaio/SP
	\bar{X} de larvas \pm EP	\bar{X} de larvas \pm EP	\bar{X} de larvas \pm EP
Reboleira 1	2,0 \pm 0,7a	2,6 \pm 1,0a	3,4 \pm 0,7a
Reboleira 2	5,0 \pm 1,3b	1,8 \pm 0,7a	5,0 \pm 1,1a
Reboleira 3	2,2 \pm 0,8a	0,8 \pm 0,4a	3,8 \pm 0,9a
Reboleira 4	6,4 \pm 0,5bc	1,8 \pm 0,4a	3,6 \pm 0,9a
Reboleira 5	3,8 \pm 0,6ac	1,0 \pm 0,3a	4,0 \pm 0,7a
\bar{X} dos municípios	3,9 \pm 0,5A	1,6 \pm 0,3B	4,0 \pm 0,4A

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra minúscula, ou letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. ($P \leq 0,05$).

4.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIGONI, E.B. & TERÁN, F.O. Áreas afetadas por *Migdolus* spp. (Coleoptera, Cerambycidae) em canaviais de unidades cooperadas. **Bol. Tec. Copersucar**, .v.35, p.11-13, 1986.

ARRIGONI, E.B. Flutuação populacional de *Migdolus fryanus* Westwood, 1863 (Coleoptera: Cerambycidae). **Bol. Tec. Copersucar**, v. 44, p. 22-26, 1988.

BENTO, J.M.S.; ALBINO F.E.; DELLA LUCIA T.M.C. & VILELA, E.F. Field trapping of *Migdolus fryanus* Westwood (Coleoptera: Cerambycidae) using natural sex pheromone. **J. Chem. Ecol.**, v.18, n.2, p.245-251, 1992.

BENTO, J.M.S.; DELLA LUCIA, T.M.C.; FRIGHETTOR.T.S.. Male response to natural sex pheromone of *Migdolus fryanus* Westwood (Coleoptera: Cerambycidae) females as affected by daily climatic factors. **J. Chem. Ecol.**, v.19, n.10, p.2347-2351, 1993.

BENTO, J.M.S.; VILELA, F. E.; DELLA LUCIA, T.M.C.; LEAL, W.S.; NOVARETTI, W.R.T. *Migdolus*: **Biologia, Comportamento, e Controle**. 1 ed. Salvador,BA., 58p., 1995.

FONSECA, J.P.. *Migdolus morretesi* Lane (Coleoptera, Anoplodermidae), uma broca eventual da cana-de-açúcar e do eucalipto. **Arq. Inst. Biol.**, v.25, p.29-40, 1958.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA,J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B. & VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola/Domingos Gallo (in memoriam)**. Fealq. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 10) Piracicaba/SP, 920p. 2002.

GOUNELLE, E.. Note sur le genre *Migdolus* et description de la femelle du *Migdolus fryanus* West. (Col.). **Bull. Soc. ent. France**, p.276-277, 1899.

KASTEN JR, P.; DONZELLI, J.L.; STRINI JR, A. E.; SACOMANO, J.B.; VILHENA, E.O. Ocorrência de *Migdolus* spp. e insetos associados em solo de textura arenosa (Areias quartzosas). **Bol. Tec. Copersucar**, v.32, p.29-32, 1985.

MACHADO, L. A.; HABIB, M.; LEITE, L.G.; GOULART, R.M.; TAVARES, F.M.; CALEGARI, L.C.; LAINETI, D.O. 2003. Controle de *Migdolus fryanus* na cultura da cana-de-açúcar com nematóides entomopatogênicos. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003, Catanduva, SP. **Anais...**, p.70-78, 2003.

NAKANO, O.; ROMANO, F.C.B.; PESSINI, M.M.O. Broca do rizoma (*Migdolus* spp.) In: **Pragas de Solo**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, p.25-35, 2001.

NOVARETTI, W. R. T.; NELLI, E.J.; CARDERÁN, J. O.. Controle químico do *Migdolus* na cultura da cana-de-açúcar – cana de ano e meio. **Bol. Tec. Copersucar**, n.24, p.33-39, 1983.

ORTOLANI, A.A., PEDRO JUNIOR, M.J., ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In RODRIGUEZ, O; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura Brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, p.153-195, 1991.

PIZANO, M.A. 1991. Potencial de controle de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Col.: Cerambycidae) através de armadilha de feromônio sexual. In: CONGRESSO BRAS. ENTOMOL. 13, 1991, Recife. **Resumos...**, Recife PE, p.331, 1991.

TERAN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T.; KASTEN JR, P. *Migdolus* sp. e insetos associados. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA “PRAGAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR”. (Copersucar) p.25-31, 1983.

WILCKEN, C.F.; ORLATO, C.; OTTATI A.L.T. Ocorrência de *Migdolus fryanus* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) em plantios de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. **Rev. Arvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.171-173, 2005.

5. CAPÍTULO 3

PATOGENICIDADE DE NEMATÓIDES ENTOMOPATOGÊNICOS A OVOS E LARVAS DE *Migdolus fryanus* (COLEOPTERA: VESPERIDAE)*

5.1. RESUMO

Nematóides entomopatogênicos, nativos, *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) e *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) (isolado CB-n5) foram avaliados contra ovos e larvas de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863), em condições de laboratório. No experimento 1, ovos do inseto foram expostos a uma suspensão de Juvenis Infectivos (JIs) de *H. indica*, em 2 concentrações, 60 e 600 JIs/ovo. Foram considerados 3 tratamentos com 3 repetições, cada uma com 5 ovos. Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Porém, constatou-se a penetração do nematóide e redução da viabilidade. No experimento 2 avaliou-se *S. glaseri* e *H. indica* (600 JIs/larva) contra larvas recém-eclodidas de *M. fryanus*. O experimento constou de 3 tratamentos com 4 repetições, cada uma com 5 larvas. *S. glaseri* causou 100 % de mortalidade e *H. indica* 80 %, diferindo significativamente da testemunha. No último ensaio estudou *S. glaseri* e *H. indica* em 2 concentrações (400 e 800 JIs/Inseto) contra larvas de 3 a 4 cm de tamanho. Consideraram-se 7 repetições por tratamento, cada uma contendo 3 larvas. Não ocorreu diferença significativa entre as concentrações dos nematóides. Já a patogenicidade de *H. indica* nas 2 concentrações, destacou-se significativamente da testemunha e de *S. glaseri*, proporcionando mortalidade larval de 76,43 e 71,57 % respectivamente. Os resultados demonstram que esses nematóides têm potencial para serem pesquisados como agente de controle biológico de *M. fryanus* em cultivos de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo,

PALAVRAS-CHAVE: *Steinernema glaseri*, *H. indica*, cana-de-açúcar, controle biológico.

* Artigo publicado na Revista Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.72, n.2, p.221-226, 2005.

5.2. ABSTRACT

Natives entomopathogenic nematodes, *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) and *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabtida: Heterorhabditidae) (strain CB-n5) were evaluated against egg practically eggs and larvae of *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) under laboratory conditions. In a first trial, eggs of the insect were exposed to suspensions of Infectives Juveniles (IJ) of *H. indica* in 2 concentrations, 60 and 600 IJ/egg. Three treatments, each one with 3 replications containing 5 eggs, were used. The nematode did not differed significant actively from the control, but it penetrated the eggs and reduced the viability. In the second experiment, *S. glaseri* and *H. indica* (600 IJ/larva) were evaluated against the newly hatching larvae of *M. fryanus*. Four replications per treatment were used, each one containing 5 larvae. In this case both nematodes caused significantly higher mortality. *S. glaseri* caused 100 % of mortality and *H. indica* 80 %. There was no significative difference between the nematodes. In the last experiment, we evaluated *S. glaseri* and *H. indica* in 2 concentrations (400 and 800 IJ/larva) against the last stage of *M. fryanus* larvae. Seven replications, each one with 3 larvae per treatment were used. There was no significative difference between the concentrations for both nematodes. However, *H. indica* showed more efficiently for it caused significant difference in mortality larvae in two concentrations (76,43 and 71,57 % respectively). *H. indica* and *S. glaseri* were pathogenic to egg and larvae of *M. fryanus*. These nematodes seem to have high potential for the control of *M. fryanus* in sugar cane crop, in the state of Sao Paulo, Brazil.

KEY - WORDS: *Steinernema glaseri*, *H. indica*, sugar cane, biological control.

* Paper published in Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.72, n.2, p.221-226, 2005.

5.3. INTRODUÇÃO:

Nematóides entomopatogênicos têm sido relatados como organismos eficientes para o controle de diversas pragas de solo (Klein, 1990; Shapiro-Ilan et al., 2002). Segundo Van Driesche & Bellows, Jr. (1996) mais de 30 famílias desses organismos são relatadas como associadas com insetos. Dentre elas, Steinernematidae e Heterorhabditidae têm sido as mais estudadas. Embora nematóides dessas duas famílias estejam disponíveis em escala comercial, obtidos através de produção massal em diferentes meios de cultura, e utilizados para controlar pragas de plantas de alto valor econômico, em diversos países (Georgis, 1992; Georgis & Manweiler, 1994, Glazer & Lewis, 2000; Stock, 2001). No Brasil, o potencial dos nematóides ainda não foi explorado e a diversidade de espécie é praticamente desconhecida.

De acordo com Wassink & Poinar (1984), por volta de 100 espécies de insetos pertencentes a 11 ordens, na América Latina, são susceptíveis a *Sterneinema feltia* (Filipjev, 1934). Na Austrália, *Steinernema glaseri* (Steiner, 1929) tem sido investigado para controlar larvas de insetos que ocorrem no solo, na cultura de cana-de-açúcar, (Hitchcock 1983). Na Flórida, EUA, Sosa, Jr. & Hall (1989), em estudo de campo, constataram que *S. glaseri* foi mais efetivo que *S. feltia* para o controle de *Ligyris subtropicus* (Blatchley), escarabeídeo da cultura da cana-de-açúcar. Esses autores atribuíram o melhor desempenho de *S. glaseri* a sua maior capacidade migratória no solo.

No Brasil, Pizano et al. (1985) observaram *S. glaseri* parasitando ovos de *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) em cultura de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. Em um ensaio de campo visando o controle de *M. fryanus*, Arrigoni et al. (1986) testaram duas raças exóticas de *S. carpocapsae* (Weiser, 1955), mas não obtiveram resultados positivos.

Segundo Machado et al. (2003), os produtores adotam um sistema de manejo para *M. fryanus* que envolve três tipos de controle: cultural, químico e comportamental, e levam em consideração para a integração dos métodos o fato de ser área de renovação com histórico da praga ou cana soca atacada pelo inseto. Os inconvenientes para a adoção deste sistema de manejo estão nos custos com a renovação do canavial, com os inseticidas e com o feromônio. Além disso, no Brasil, tem crescido as preocupações com as questões

ambientais e surgido à perspectiva do cultivo orgânico da cultura de cana-de-açúcar. Isso tem levado os produtores a procurarem métodos alternativos de controle das pragas da cana-de-açúcar, gerando grandes oportunidades para a implementação de pesquisas com agentes de controle biológicos.

O objetivo deste trabalho foi verificar, em condições de laboratório, a patogenicidade de espécies nativas de *Steinernema glaseri* e *H. indica* a ovos, larvas recém-eclodidas e larvas em final de desenvolvimento de *M. fryanus*.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Controle Biológico, do Centro Experimental, do Instituto Biológico, localizado em Campinas, SP. em salas climatizadas, com temperatura de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h. O nematóide *S. glaseri* foi obtido junto ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos - CCA/UFSCAR, Araras, SP. Já *Heterorhabditis indica* (isolado CB-n5) foi coletado em solo do Município de Itapetininga, SP, através de armadilhas contendo solo (Fracos de 15 cm de alt. X 8 cm de Ø), onde foram colocadas 10 larvas de *Galleria mellonella* (Linnaeu, 1758), conforme método descrito por Bedding & Akhurst, (1975). Após a extração do nematóide das larvas de *G. mellonella*, o mesmo foi depositado na coleção de nematóides entomopatogênicos do Laboratório de Controle Biológico, onde está sendo mantido “in vivo”. Para o experimento, *S. glaseri* e *Heterorhabditis indica* foram produzidos “in vitro” em meio de cultura à base de proteína animal, através do sistema de esponja (Bedding, 1984), sendo utilizados imediatamente após a produção.

5.4.1 Experimento 1

Neste experimento determinou-se a patogenicidade de *H. indica* a ovos de *M. fryanus*. Fêmeas foram coletadas em campo de cultivo de cana-de-açúcar, nos municípios

de Promissão/SP e Teodoro Sampaio/SP, sendo posteriormente conduzidas ao laboratório para a obtenção dos ovos. As oviposições foram realizadas em baldes de plásticos (20L) contendo solo, e os ovos utilizados eram de 1 a 3 dias após a oviposição. Foram considerados 3 tratamentos, quais sejam: o nematóide nas concentrações de 60 e 600 Juvenis Infectivos (JIs)/ovo e a testemunha. Todos com 3 repetições, sendo cada uma formada por 5 ovos do inseto, os quais foram acondicionados em potes de plástico (3 cm de alt. X 9 cm de Ø) contendo solo. Dois ml da suspensão do nematóide foram aplicados sobre a superfície do solo com auxílio de uma pipeta, A avaliação foi realizada com base na viabilidade dos ovos, 25 dias após a instalação do experimento.

5.4.2 Experimento 2

No segundo experimento avaliou-se a patogenicidade de *H. indica* e *S. glaseri* (600 JIs/larva) a larvas recém eclodidas de *M. fryanus*. As larvas foram obtidas de parte das oviposições das fêmeas conforme experimento 1, sendo acondicionadas em frascos de vidros (15 cm de alt. X 8 cm de Ø) contendo solo. Em cada frasco foi colocado um pedaço de colmo de cana-de-açúcar, de aproximadamente 5 cm de comprimento, para alimentação das mesmas. Os nematóides, em uma suspensão aquosa de 2 ml, foram aplicados sobre a superfície do solo, com auxílio de uma pipeta. O experimento constou de 3 tratamentos formados pelas duas espécies de nematóides e a testemunha, cada um com 4 repetições, contendo 5 larvas do inseto A avaliação foi realizada 15 dias após a instalação do experimento, com base na mortalidade de larvas.

5.4.3. Experimento 3

Neste último estudo, avaliou-se a eficiência dos nematóides *H. indica* e *S. glaseri* a larvas de *M. fryanus* em fase final do desenvolvimento (3 a 4 cm de comp.). As larvas foram coletadas em campos de cultivo de cana-de-açúcar, no município de Teodoro

Sampaio, SP, e posteriormente, no laboratório, foram colocadas nas mesmas condições do experimento 2.

Foram considerados 5 tratamentos: os nematóides *H. indica* e *S. glaseri* em duas concentrações diferentes (400 e 800 JIs/larva) e a testemunha. Cada tratamento foi formado por 7 repetições contendo 3 larvas do inseto. Os nematóides, em suspensão aquosa de 2 ml, foram aplicados sobre o solo, com auxílio de uma pipeta e a avaliação foi procedida 15 dias após a instalação do experimento, com base na mortalidade das larvas.

5.4.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram transformados em arco sen $\sqrt{x/100}$, sendo posteriormente submetidos a análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); experimento 1 e 2 e de Duncan ($P < 0,05$); experimento 3.

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nematóide *H. indica*, nas duas concentrações, não causou diferença significativa na viabilidade dos ovos de *M. fryanus* ($F = 4,00$; $P = 0,07$). No entanto, proporcionou percentuais de inviabilidade dos ovos de 36 % e 45 % (Inviabilidade corrigida), nas respectivas concentrações (Tabela 1), mostrando a capacidade de parasitar ovos de *M. fryanus*. Na figura 1 observa-se a aglomeração dos JIs de *H. indica* na região da aerópila do ovo de *M. fryanus*. Hernandez (1991) ao realizar um estudo comparativo de ovos de 20 espécies de Cerambycidae, pertencentes a 6 subfamílias, na Península Ibérica, com auxílio de microscópio estereoscópico, demonstrou que a região polar (micrópila) apresenta porosidade de tamanho e formato diferente entre as espécies, podendo estar relacionadas com as trocas gasosas (O_2 e CO_2) entre o embrião e o meio externo. Nematóides entomopatogênicos possuem papilas quimiorreceptoras, na região cefálica, especializadas em identificar CO_2 liberado pelo hospedeiro (Gaugler et al. 1980; Bird & Bird, 1986;

Ishibashi & Kondo, 1990). Por essa região polar (micrópila) pode ter ocorrido a penetração do nematóide.

Tabela 1 - Mortalidade de ovos de *Migdolus fryanus* causada por Juvenis Infectivos (JIs) de *Heterorhabditis indica* em duas concentrações (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).

Tratamento	Mortalidade (%) ¹	MC (%) ²
Testemunha	26,66 ± 13,33	–
60 JIs/ovo	53,33 ± 6,66	36
600 JIs/ovo	60,00 ± 11,54	45

¹ Médias da coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

² MC = Mortalidade corrigida pela fórmula de Henderson & Tilton (1955).



Figura 1 - Juvenis infectivos de *Heterorhabditis indica* na região da aerópila do ovo de *Migdolus fryanus*.

Com auxílio de microscópio estereoscópico (60 X) foi possível observar a presença de JIs no interior do ovo. Entretanto, não foi constatada a reprodução dos mesmos nesta fase de desenvolvimento do inseto.

A ocorrência de *S. glaseri* parasitando ovos de *M. fryanus* foi relatada por Pizano et al. (1985). Frisa-se que *S. glaseri* possui o dobro do tamanho de *H. indica* que foi estudado (1.130 μ X 528 μ respectivamente) (Adams et al. 2002).

Na tabela 2 encontram-se os resultados do segundo experimento. Observa-se que a testemunha diferiu significativamente dos tratamentos com os nematóides (F = 16,71; P = 0,001). Não ocorreu diferença significativa entre os dois nematóides (P = 0,29). *S. glaseri* causou 100 % de mortalidade e *H. indica* 80 %.

Tabela 2 - Mortalidade de larvas recém-eclodidas de *Migdolus fryanus* causada por *H. indica* e *Steinernema glaseri* (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).

Tratamentos	Concentração	Mortalidade (%) ¹	MC (%) ²
Testemunha	–	30,00 \pm 10,00a	–
<i>H. indica</i>	600 JIs/larva	80,00 \pm 8,10b	72
<i>S. glaseri</i>	600 JIs/larva	100,00 \pm 0,00b	100

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

² MC = Mortalidade corrigida pela fórmula de Henderson & Tilton (1955).

Para as larvas em final de desenvolvimento (tabela 3) não ocorreu diferença significativa entre as duas concentrações avaliadas para *S. glaseri* (F = 5,63; P = 0,079) e para *H. indica* (F = 5,63; P = 0,085).

Tabela 3 - Mortalidade de larvas (3 a 4 cm) de *Migdolus fryanus* causada por *H. indica* e *Steinernema glaseri* em duas concentrações (temp. de 26 ± 2 °C, Umidade Relativa de 70 ± 10 % e fotofase de 12 h).

Tratamentos	Concentração	Mortalidade (%) ¹	MC (%) ²
Testemunha	–	23,57 ± 6,08a	–
<i>S. glaseri</i>	400 JIs/larva	47,86 ± 12,35ab	32
<i>S. glaseri</i>	800 JIs/larva	47,71 ± 9,99ab	32
<i>H. indica</i>	400 JIs/larva	76,57 ± 6,08c	69
<i>H. indica</i>	800 JIs/larva	71,57 ± 8,71bc	63

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade.

² MC = Mortalidade corrigida pela fórmula de Henderson & Tilton (1955).

Comparando os dois nematóides, *H. indica* diferenciou significativamente de *S. glaseri* e da testemunha ($P = 0,002$) proporcionando mortalidade de 76,43 %, (400 JIs/larva) e 71,57 % (800 JIs/larva).

Na figura 2 visualiza-se uma larva sadia de *M. fryanus* e uma infectada por *H. indica*, confirmando a atuação do nematóide. Para o gênero *Heterorhabditis*, é possível essa diferenciação devido a bactéria simbiote com o nematóide pertencer ao gênero *Photorhabdus* que produz bioluminescência, manifestando uma coloração avermelhada do cadáver do inseto. Já *Steinernema* faz simbiose com bactérias do gênero *Xenorhabdus* que não apresenta esse comportamento (Boemore, 2002). Tanto *S. glaseri* como *H. indica* se reproduziram no interior da larva.

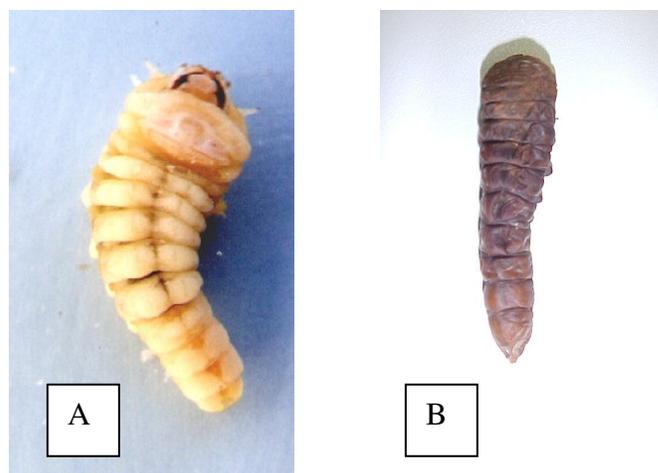


Figura 2 – A: Larva sadia de *Migdolus fryanus*, B: Larva infectada por *H. indica*

Esses estudos evidenciam que *S. glaseri* e *H. indica* parasitam diferentes fases do desenvolvimento de *M. fryanus*, tornando-os promissores para uso no controle do inseto em nível de campo. Ressalta-se a possibilidade desses nematóides parasitarem outras pragas da cultura da cana-de-açúcar. Epizootias de *H. indica* em populações de escarabeídeos, na cultura da cana de açúcar, na Austrália, foram registrada por Akhurst et al. (1992). No Brasil, em ensaios de laboratório, Machado et al. (2002) e Lainetti et al. (2003) demonstraram a suscetibilidade de larvas de besouros escarabeídeos que ocorrem em cana-de-açúcar, a *H. indica* e *S glaseri*. Leite et al. (2003) registraram o potencial desses agentes para o controle de *Marhanarva fimbriolata*, cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, que ocorre no estados de São Paulo. Dessa forma, o uso de nematóides entomopatogênicos para o controle de *M. fryanus*, pode resultar no controle simultâneo de outras pragas de solo, da cultura de cana-de-açúcar.

5.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ADAMS, J.B. & NGUYEN, K. B. Taxonomy and Systematics. In: Glaugler R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York, CABI Publissing. p.01-33, 2002.

ALKHURST, R.J.; BEDDING, R.A.; BULL, R.M.; SMITH, D.R.J. An epizootic of *H. indica* (Heterorhabditidae: Nematoda) in sugar cane scarabaeids (Coleoptera). **Fund. Appl. Nematol.**, n.15, p.71-73, 1992.

ARRIGONI, E.B.; DINARDO, L.L.; CONDE, A.J. & TERÁN, F.O. Aplicação de *Neoplectana carpocasiae* (Weiser, 1955) em condições de campo para o controle de *Migdolus* spp. (Coleóptera: Cerambycidae). **Nematol. Brás.** n.10, p.181-189, 1986.

BEDDING, R.A. & AKHURST, R.J. A simple technique for the detection of insect parasite rhabditid nematodes in soil. **Nematologica**, n.21, p.109-110, 1975.

BEDDING, R.A. Large scale production, storage and transport of the insect-parasitic nematodes *Neoplectana* spp. and *Heterorhabditis* spp. **Ann. Appl. Biol.** n.104, p.117-120, 1984.

BIRD, A.F.; & BIRD, J. Observations on the use of insect parasitic nematodes as a means of biological control of root-knot nematodes. **Int. J. Parasitol.**, 16, p. 511, 1986.

BOEMORE, N. Biology, taxonomy and systematics of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus*. In: Glaugler R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York, CABI Publissing, p.35-56, 2002.

GAUGLER, R.; LEBECK, L.; NAKAGAKI, B.; BOUSH, G. M. Orientation of the entomopatogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae*, to carbon dioxide. **Environ. Entomol.**, n.8, p.658, 1980.

GEORGIS, R., Present and future prospects for entomopathogenic nematode products. **Bio. Sci. Technol.**, n.2, p.83-99, 1992.

GEORGIS, R. & MANWEILER, S. A. Entomopathogenic nematodes: a developing biological control technology. **Agric. Zool. Review**, n.6, p.63-94, 1994.

GLAZER, I. & LEWIS, E.E., **Bioassays for Entomopathogenic Nematodes**. In: Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes (Navon, A. & Ascher, K.R.S., Eds.), Wallingford, UK, CABInternational, p.229-247, 2000.

HENÁNDEZ, J. M. Estudio de los caracteres del huevo en diversos Cerambycidae Ibéricos y su interes taxonomico (Coleoptera). **Graellsia**, n.47: p.49-59, 1991.

HENDERSON, C.F. & TILTON, E.W. Test with acaricides against the brown wheat mite. **J. Econ. Entomol.** v.48, p.157-161, 1955.

ISHIBASHI, N. & KONDO, E. Behavior of Infective Juveniles. In: GAUGLER, R.; KAYA, H.K. (ed.). **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, p.139-150, 1990.

KLEIN, M.G. Efficacy against soil-inhabiting insect pest. In: GAUGLER, R.; KAYA, H.K. (ed.). **Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, p.195-214, 1990.

LAINETTI, D.O.; HABIB, M.; MACHADO, L.A.; LEITE, L.G.; TAVARES, F.M.; GOULART, R.M.; Pathogenicity of *Steinernema glaseri* and *Heterorhabditis indica* (Nematoda: Rhabditida) to the Scarabaeidae (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae on sugarcane. In: LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON ENTOMOPATHOGENIC FUNGI AND NEMATODES, 1, 2003, Campos dos Goytacazes, RJ. **Resumos...**, Campo dos Goytacazes: p.30, 2003.

LEITE, L. G.; MACHADO, L. A.; AGUILLERA, M.M.; RODRIGUES, R.C.D. & NEGRISOLI JR., A.S. Patogenicidade de *Steinernema* spp. e *Heterorhabditis* sp. (Nematoda: Rhabditida) a ninfas da cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar, (*Mahanarva fimbriolata*). **Rev. Agric.**, Piracicaba, v.78, p.139-148, 2003.

MACHADO, L.A.; HABIB, M.; LEITE, L.G.; GOULART, R.M.; TAVARES, F.M.; CALEGARI, L.C.; LAINETTI, D.O. 2003. Controle de *Migdolus fryanus* na cultura da

cana-de-açúcar com nematóides entomopatogenicos. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANINADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO - RIFIB, 9, Catanduva, SP. **Anais...**, p.70-78, 2003.

MACHADO, L.A.; LEITE, L.G.; TAVARES, F.M.; GOULART, R.M.; LAINETTI, D.O. Patogenicidade de *Steinernema* spp. e *Heterohabditis* spp. (Nematoda: Rhabditida) a larvas de besouros Scarabaeidae da cultura de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 15, 2002, São Paulo. Resumos **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 69 supl, p.62, 2002. Resumo..., 2002.

PIZANO, M. A.; AGUILLERA, M. M.; MONTEIRO, A. R. & FERRAZ, L. C. B. Incidence of *Neoplectana glaseri* Steiner, 1929 (Nematoda: Steinernematidae) parasitizing *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Col.: Cerambycidae). **Entomol. Newsl.** n.17, p.9-10, 1985.

SHAPIRO-ILAN, D.I.; GOUGE, D.H. & KOPPENHÖFER, A.M. Factors affecting commercial success: case studies in cotton, turf and citrus. In: Glaugler R. (Ed.). **Entomopathogenic nematology**. New York, CABI Publissing, p.333-356, 2002.

SOSA JR., O. & HALL, D.G. Mortality of *Ligyryus subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) by entomogenous nematodes in field and laboratory trial. **J. Eco. Entomol.** n.82, p.740-744, 1989.

STOCK, S. PATRICIA (Ed.), **Systematics and Biology of Nematodes Parasites and Associates of Insects**. Tucson, Arizona, USA, (Document prepared for Brazilian Course on Systematics and Biology of Entomopathogenic Nematodes, September 2001), 43p., 2001.

VAN DRIESCHE, R.G. & BELLOWS, JR. T.S. **Biological Control**. New York, Chapman & Hall, 539p., 1996.

WASSINK, H. & POINAR JR., G. O. Nematological reviews-use of the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae* weiser (Steinernematidae Rhabditida), in Latin America. **Nematropica**, n.14, p.97-110, 1984.

6. CAPÍTULO 4

EFEITO DE DOIS AGENTES BIOLÓGICOS E UM QUÍMICO NA SUPRESSÃO DE POPULAÇÕES DE ENTOMOFAUNA DE SOLO EM CANAVIAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO

6.1. RESUMO

Neste estudo, comparou-se a eficiência de três agentes de controle, em duas situações (cana-planta e cana-soca) contra insetos de solo. O fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) (IBCB-348), e o nematóide *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditidae: Heterorhabditidae) (IBCB-n5), foram os agentes biológicos escolhidos, junto com o inseticida químico fipronil, (Regent 800 WG). *H. indica*, foi usado, em duas concentrações, 5×10^8 e 5×10^9 Juvenis Infectivos (JIs)/ha, o inseticida Fipronil 800 WG, na dosagem de 500 g/ha, e o fungo *M. anisopliae* 30 kg/ha, mais a testemunha. Consideraram-se 5 repetições por tratamento, cada uma formada por parcelas de 7 sulcos com. de 5,00 m de comprimento e espaçamento de 1,40 m. Os produtos foram aplicados, com um pulverizador costal com bico tipo leque. Foram efetuadas duas avaliações, aos 40 e 360 dias após o plantio da cana, mediante a abertura de duas trincheiras (50 cm. X 50 cm X 40 cm de profundidade) em cada parcela. Já a produção foi avaliada em agosto de 2004 e setembro de 2005, respectivamente. Em outra pesquisa, em um canavial de quarto corte, estudou-se *H. indica* na dosagem de 5×10^8 JIs/ha, Fipronil 800 WG, 300 g/ha e a testemunha. Consideraram-se cinco repetições por tratamento, cada qual formada por parcela de 6 sulcos com 10 m de comprimento e espaçamento de 1,4 m. As aplicações foram efetuadas, usando-se trator com um pulverizador desprovido de bico e com vazão de 1200 litros de água/ha Os produtos foram distribuídos a uma profundidade de 10 a 15 cm no solo, nos dois lados da linha de plantio. Foi efetuada uma avaliação, pelo mesmo sistema anterior, aos 20 dias após a aplicação. Em cana planta, obteve-se um incremento na produtividade da cana-de-açúcar de 14,25 %, com *M. anisopliae* e *H. indica* na dosagem de 5×10^9 e 17,6 % com *H. indica* na dosagem de 5×10^8 . Já o produto químico resultou em aumento de apenas 5,9 %. Em cana

soca, tanto o produto químico como *H. indica* diferiram significativamente da testemunha ($F = 9,11$; $P = 0,004$) e ($F = 5,40$; $P = 0,02$) respectivamente. *H. indica* promoveu uma supressão na população de *M. fryanus* de 45, 2 % e na de *Cyclocephala. paraguayensis* Arrow, 1903 (Coleoptera: Scarabaeidae) de 54,8 %. Já o inseticida 41,5 % para *M. fryanus* e 42 % para *C. paraguayensis*.

PALAVRAS - CHAVE: Controle biológico, controle químico, insetos de solo.

6.2.ABSTRACT

During the present study, In the field studies the efficiency of three control agents (two biological and one chemical) was investigate in two different situations, against some sugar cane soil insects. While the first situation involves a planted sugar cane field, less than a year old, the second one was set in a 4 year old sugar cane. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) (IBCB-348) and the nematode *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) (IBCB-n5) were the biological agents; while fipronil (Regent 800 WG) was the chemical insecticide. Two dosages of *H. indica* were utilized: 5×10^8 and 5×10^9 (IJs)/ha. The chemical product was applied in a dosage of 300 g/ha, while *M. anisopliae* in a dosage of 30 kg/ha. For the first situation, each treatment was divided in 5 replications with 7 rows each. Each line was 5 m in length and the spacing between rows was 1.4 m. The products were applied by using a costal spraying machine, and the treatments were evaluated 40 and 360 days after application. Two square spots per replication were examined and the insects were counted. The dimensions for each spot were 50 x 50 x 40 cm depth. The productivity for each treatment was calculated through data obtained during August 2004 and September 2005. For the second situation, the applications were done by using a tractor system, with the same dosages mentioned above, diluted in 1.200 liters per ha. In the case of *H. indica*, only the dosage of 5×10^8 IJs/ha was utilized. Each replication was composed of 6 rows, 10 meter long. Spacing between rows was the same mentioned above. The control agents were applied in the soil at a depth which varied from 10 to 15 cm, on both sides of the same row. The efficiency of each treatment was evaluated 20 days after application. As to the young culture (the 1st situation), *M. anisopliae*, as well as the higher dose of nematode treatment, resulted in 14.25 % of more productivity. The lower nematode dose increased the productivity in 17.6 %. While the chemical insecticide increased only 5.9 % of it. For the older field, the nematode suppressed the soil fauna more successfully than the chemical insecticide.

KEY - WORDS: Biological control, chemical control, soil insects.

6.3. INTRODUÇÃO

Insetos de hábito subterrâneo, no Brasil, são pouco estudados, podendo-se afirmar que é uma das áreas de maior necessidade de pesquisa e de grande preocupação para a agricultura nacional (Gassen, 1992). O solo é uma barreira física que dificulta, não apenas o controle, mas também o estudo de biologia e comportamento desses insetos, motivo pelo qual pouca literatura é encontrada sobre o assunto.

Embora os inseticidas organoclorados, em especial, DDT, BHC, aldrin e heptacloro, propiciassem um controle relativamente satisfatório, caracterizavam-se, entretanto, pelo seu efeito residual prolongado, impactando a biota local, além de contaminar os diferentes ambientes atingidos. Diante dessa realidade, na década de 80, foi necessário a proibição desses produtos, com o objetivo de proteger o homem, a biota e o ambiente, além da diminuição dos problemas com a resistência das pragas, adquirida em função da constante exposição a esses inseticidas (Nakano et al., 2001).

A cana-de-açúcar pode ser atacada por cerca de 80 espécies de insetos, porém pequeno número causa danos à cultura. As pragas de solo podem provocar sérios prejuízos, com reduções significativas na produtividade agrícola e industrial dessa cultura. Como insetos praga de solo na cultura da cana-de-açúcar, destacam-se: cigarrinha das raízes, *Mahanarva fimbriolata*, (Stäl., 1854) (Hemiptera: Cercopidae), Vesperídeo das raízes, *Migdolus fryanus*, (Westwood, 1863) (Coleoptera: Vesperidae), broca do rizoma, *Sphenophorus Levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), larvas de escarabeídeos, curculionídeos, cupins, percevejo castanho e lepidópteros (Terán et al., 1983; Machado et al., 2003).

Para o controle desses insetos, nos dias de hoje, utilizam-se inseticidas químicos que, além de elevar o custo da cultura, são produtos que apresentam persistência prolongada no solo, podendo alterar todo agroecossistema no que diz respeito a organismos não alvo e, além disso, são facilmente levados pelas águas das chuvas, pelo processo de lixiviação, para mananciais, podendo contaminar peixes e outras espécies de seres vivos que aí coabitam. (Machado et al., 2001).

Como agentes de controle biológico, nematóides entomopatogênicos pertencentes às famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae são conhecidos como importantes grupos de organismos para o controle de pragas de solo (Wassink & Poinar, 1984; Kaya & Gaugler, 1993). Vários estudos têm demonstrado a eficiência desses organismos na supressão de populações de insetos quando aplicados de forma inundativa (Georgis & Manweiler, 1994; Martin, 1997).

Neste estudo, objetiva-se comparar a eficiência de três agentes de controle em duas situações diferentes de cultura de cana-de-açúcar (cana-planta e cana-soca). O fungo *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Deuteromycotina, Hyphomycetes, Moniliaceae) (IBCB-348) e o nematóide entomopatogênico, *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakai & David, 1992 (Rhabditida: Heterorhabditidae) (IBCB-n5), são os agentes biológicos escolhidos junto com o inseticida químico fipronil, (Regent 800 WG) para esta pesquisa.

6.4. MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1. Cana-planta

Em Catanduva/SP (latitude 21° 08' 16" sul, longitude 48° 58' 22" Oeste e altitude 503 m) estudou-se o nematóide *H. indica*, espécie nativa, produzido “*in vitro*”, em laboratório através do sistema de esponja (Bedding, 1984), sendo utilizados imediatamente após a produção, em 2 concentrações, 5 X10⁸ e 5 X10⁹ Juvenis Infectivos (JIs)/ha, o inseticida Fipronil 800 WG, na dosagem de 500 g/ha, o fungo *M. anisopliae* na dosagem de 30 kg/ha, e a testemunha.

O experimento foi instalado no dia 10 de abril de 2003, e teve delineamento de blocos ao acaso, sendo que para cada tratamento consideraram-se 5 repetições formadas por parcelas de 7 sulcos, com comprimento de 5 metros e espaçamento de 1,4 metro entre as linhas, em um solo arenoso. Os produtos foram aplicados no sulco de plantio da cana, por intermédio de pulverizador costal, provido de bico tipo leque, sendo imediatamente cobertos com solo.

Foram efetuadas 2 avaliações, aos 40 e 360 dias após o plantio da cultura, através de aberturas de 2 trincheiras (50 cm comprimento. X 50 cm de largura. X 40 cm de profundidade) em cada parcela. Já a produção do primeiro e segundo corte foi avaliada no mês de agosto de 2004 e setembro de 2005, respectivamente.

6.4.2. Cana-soca

Essa pesquisa foi realizada no município de Teodoro Sampaio, SP (latitude 22° 31' 57" Sul, longitude 52° 10' 03 Oeste e altitude 321 m) em um canavial de quarto corte, severamente atacado por *M. fryanus* e implantado em um solo de textura arenosa. Neste caso, consideraram-se 3 tratamentos, cada qual com 5 repetições, formadas por parcelas de 6 sulcos com 10 m de comprimento e espaçamento de 1,4 m entre as linhas e com delineamento estatístico de blocos casualizados, sendo eles: *H. indica* na dosagem de 5 X10⁸ JIs/ha, o inseticida Fipronil 800 WG, na dosagem de 300 g/ha e a testemunha.

Nesse estudo as aplicações foram realizadas por intermédio de um pulverizador desprovido de bico e com uma vazão de 1200 litros de água/ha, acoplado em um trator. Os produtos foram distribuídos a uma profundidade de 10 a 15 cm no solo, acompanhando os dois lados da linha da cultura. Foi efetuada 1 avaliação, através das aberturas de 2 trincheiras (50 cm comprimento. X 50 cm de largura. X 40 cm de profundidade) em cada parcela, aos 20 dias após a aplicação.

6.4.3. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P = 0,05).

6.5. RESULTADOS

Nas avaliações do experimento com cana planta, no município de Catanduva/SP, foram encontrados, além de *M. fryanus*, os seguintes insetos associados às raízes da cana-de-açúcar: *Cyclocephala paraguayensis* Arrow, 1903 (Coleoptera: Scarabaeidae), conhecido vulgarmente como “pão-de-galinha” ou “Coró”, Percevejo castanho *Scaptocoris castanea* Perty, 1930 (Heteroptera: Cydnidae), *Naupactus* sp. Boheman (Coleoptera: Curculionidae) e *Hyponeuma leucanioides* Schaus, 1906 (Lepidoptera: Noctuidae).

Na primeira avaliação, aos 40 dias após o plantio da cana, foram constatadas as presenças do percevejo castanho, do escarabeídeo e de *M. fryanus* (Tabela 1 e Figura 1) No segundo levantamento, (Tabela 2 e Figura 3) registrou-se o aparecimento de *Naupactus* sp. e de *H. leucanioides*.

Com relação ao controle, para *C. paraguayensis* ocorreu diferença significativa de todos tratamentos em relação à testemunha ($F = 2,83$; $P = 0,02$), sendo mais efetivo o inseticida e o nematóide nas duas concentrações. Para o percevejo castanho *S. castanea* destacaram-se o inseticida o fungo e o nematóide na concentração de 5×10^9 que diferiram da testemunha. Com *M. fryanus*, considerado pelos produtores o inseto praga mais importante para a cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, os tratamentos não diferiram estatisticamente ($F = 1,74$; $P = 0,18$) (Tabela 1 e Figura 1).

Na produtividade do primeiro corte da cana, não foi constatada diferença estatística significativas entre os tratamentos. No entanto, ocorreu um acréscimo de 4,1 toneladas de cana por ha para o tratamento *H. indica* na concentração de 5×10^9 e 1,44 Ton/ha para o tratamento com o fungo *M. anisopliae* (Figura 2).

Na segunda avaliação, realizada aos 360 dias após o plantio e logo após o primeiro corte da cana, observou-se que para o escarabeídeo *C. paraguayensis*, o nematóide *H. indica*, na concentração de 5×10^9 diferiu significativamente dos demais tratamentos ($F = 2,90$; $P = 0,02$), reduzindo em 100 % a população do inseto (Tabela 2 e Figura 3). A população do percevejo castanho, *S. Castanea* desapareceu nos tratamentos com os agentes biológicos. Já *M. fryanus* ocorreu apenas na testemunha, a qual apresentou populações de todos os insetos, bem inferior à registrada na primeira avaliação. Por outro lado, registrou-

se uma população de *Naupactus* sp. e de *H. leucanioides*, os quais, não estiveram presente na primeira avaliação (Figura 3 e 5).

Tabela 1 – Número médio de larvas, ninfas e produtividade da cana por tratamento, comparando-se o efeito do inseticida Fipronil, do fungo *Metarhizium anisopliae* e do nematóide *Heterorhabditis indica*, sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (1º corte), Catanduva/SP, 2004.

Tratamentos	dose	C.p ± EP	S.c ± EP	M.f ± EP	N.sp	H.l	Ton/ha ± EP
Testemunha		3,0 ± 2,5a	5,2 ± 0,8a	1,2 ± 0,2a	0,0	0,0	166,3 ± 3,5a
Fipronil 800 WG	300 g/ha	0,6 ± 0,8bc	1,0 ± 0,4b	1,2 ± 0,2a	0,0	0,0	162,4 ± 3,7a
<i>M. anisopliae</i>	30 kg/ha	1,2 ± 0,9b	1,4 ± 0,9b	1,2 ± 0,2a	0,0	0,0	167,5 ± 4,5a
<i>H. indica</i>	5 X 10 ⁸	0,6 ± 1,2bc	4,2 ± 2,9a	0,8 ± 0,1a	0,0	0,0	162,8 ± 3,3a
<i>H. indica</i>	5 X 10 ⁹	0,2 ± 0,4c	1,6 ± 1,3b	0,9 ± 0,1a	0,0	0,0	170,3 ± 6,2a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP = Erro padrão

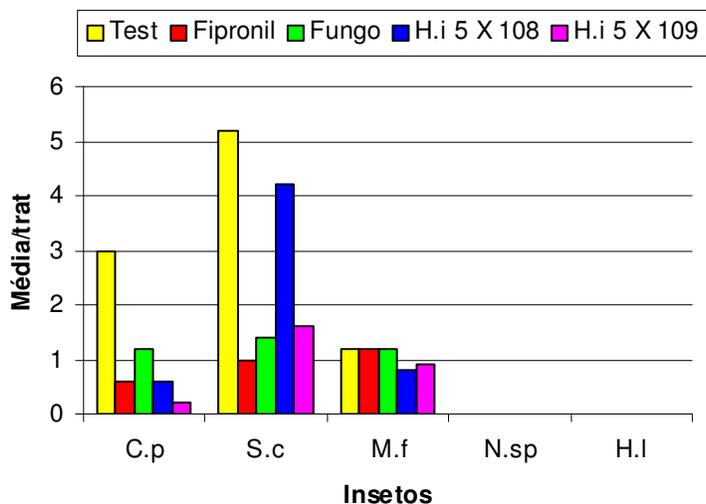
C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

S.c. = *Scaptocoris castanea*

Mf = *Migdolus fryanus*

N.sp. = *Naupactus* spp.

H.l = *Hyponeuma leucanioides*



C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

S.c. = *Scaptocoris castanea*

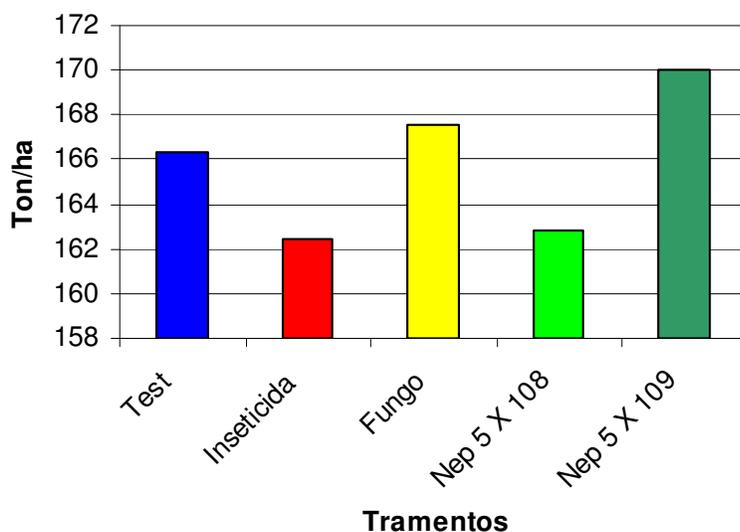
M.f = *Migdolus fryanus*

N.sp. = *Naupactus* spp.

H.l = *Hyponeuma leucanioides*

Figura 1 - Média de larvas e ninfas por tratamento em áreas tratadas com o inseticida Fipronil, o fungo *Metarhizium anisopliae* e o nematóide *Heterorhabditis indica* na cultura da cana-de-açúcar (1º corte), Catanduva/SP, 2004.

Para o lepidóptero *H. leucanioides*, o tratamento químico e o nematóide *H. indica*, nas duas concentrações, diferiram significativamente da testemunha e do fungo *M. anisopliae* ($F = 3,11$; $P = 0,01$). Já para o curculionídeo *Naupactus* sp. destacaram-se, como mais eficientes, o fungo *M. anisopliae* e o nematóide *H. indica* na concentração de 5×10^8 , que diferiram significativamente dos demais tratamentos ($F = 2,55$; $P = 0,04$) (Tabela 2).



Inseticida = Fipronil

Fungo = *Metarhizium anisopliae*

Nep = *Heterorhabditis indica*

Figura 2 - Produtividade de cana de açúcar (1º corte) sob o Efeito do inseticida Fipronil, do fungo *Metarhizium anisopliae* e do nematóide *Heterorhabditis indica* sobre populações de insetos pragas de solo, Catanduva/SP, ano de 2004.

No que diz respeito à produtividade do segundo corte, novamente não se obteve níveis de diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, eles promoveram um aumento na produção quando comparados com a testemunha. Destacando-se o controle biológico com o fungo *M anisopliae* e com o nematóide nas duas concentrações (5×10^8 e 5×10^9) que promoveram um aumento de 11,4, 14,09 e 11,42 toneladas de cana por ha, respectivamente. O tratamento químico proporcionou rendimento de apenas 4,75 toneladas de cana por ha. Esses resultados com maior produtividade para os tratamentos com os agentes biológicos pode ter ocorrido pelo fato desses organismos terem a capacidade de se colonizarem no solo, permanecendo ativos até a segunda avaliação (360 dias após o plantio). O inseticida químico, pelo que consta no rótulo do produto em relação à persistência no solo, não teria mais efeito na ocasião da segunda avaliação.

Tabela 2 - Número médio de larvas, ninfas e produtividade da cana sob a ação do inseticida Fipronil, do fungo *Metarhizium anisopliae* e do nematóide *Heterorhabditis indica* sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (2º corte), Catanduva/SP, 2005.

Tratamentos	dose	C.p ± EP	S.c ± EP	M.f ± EP	N.sp ± EP	H.l ± EP	Ton/ha ± EP
Test		2,2 ± 0,7a	0,4 ± 0,8	0,8 ± 1,6	5,0 ± 1,7a	2,0 ± 0,3a	108,6 ± 4,7a
Fipronil 800 WG	300 g/ha	1,2 ± 1,5a	0,2 ± 0,4	0,0 ± 0,0	2,4 ± 0,7ab	0,6 ± 0,4b	113,1 ± 6,1a
<i>M. anisopliae</i>	30 kg/ha	0,8 ± 0,5a	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,6 ± 0,5bc	1,2 ± 0,4a	119,6 ± 6,6a
<i>H. indica</i>	5 X 10 ⁸	0,6 ± 0,5a	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,4 ± 0,4c	0,4 ± 0,2b	122,7 ± 3,4a
<i>H. indica</i>	5 X 10 ⁹	0,0 ± 0,0b	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	3,2 ± 0,3a	0,6 ± 0,3b	113,2 ± 8,8a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP = Erro padrão

C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

S.c. = *Scaptocoris castanea*

M.f = *Migdolus fryanus*

N.sp. = *Naupactus* spp.

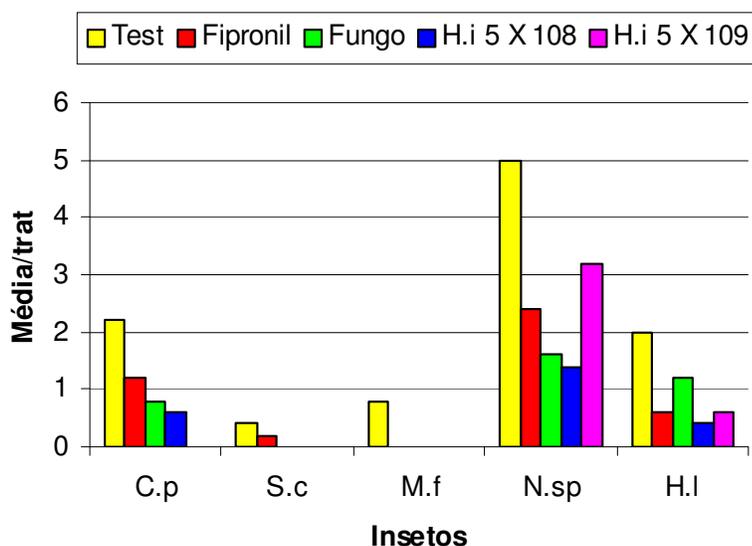
H.l = *Hyponeuma leucanioides*

Apesar da diferença significativa entre os tratamentos ter sido muito irregular, é possível verificar que aqueles com produtos biológicos, numericamente falando, sempre tiveram níveis de infestação dos insetos encontrados abaixo da testemunha, exceto para o tratamento com o fungo *M. anisopliae* na ação contra *M. fryanus*, no primeiro levantamento. O produto químico, não foi eficiente no controle de *M. fryanus* no primeiro levantamento, assim como para *C. paraguayensis* e *H. leucanioides* no segundo levantamento.

Esses resultados são promissores para a exploração desses agentes em programa de controle de pragas de solo, pois se considerarmos uma média de produtividade no estado de São Paulo de 80 Ton/ha, no 2º corte da cultura, as parcelas tratadas com produtos biológicos promoveram um incremento na produtividade da cana-de-açúcar de 14,25 %, com *M. anisopliae* e *H. indica* na concentração de 5 X 10⁹ e 17,6 % com *H. indica* na

concentração de 5×10^8 . Por outro lado, o produto químico recomendado, atualmente, para o controle de pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar promoveu apenas um incremento de 5,9 % na produtividade do vegetal (Figura 4).

Com relação às populações dos insetos encontrados no primeiro experimento (cana planta), observa-se que: embora *M. fryanus* seja considerada a espécie mais importante para a cultura da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, no primeiro levantamento destacou-se o percevejo *S. castanea* e no segundo o curculionídeo *Naupactus* sp. que conjuntamente com *H. leucanioides* não estiveram presentes na primeira avaliação (Figura 5.).



C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

S.c. = *Scaptocoris castanea*

M.f = *Migdolus fryanus*

N.sp. = *Naupactus* spp.

H.i = *Hyponeuma leucanioides*

Figura 3 - Média de larvas e ninfas por tratamento em áreas tratadas com inseticida Fipronil, do fungo *Metarhizium anisopliae* e do nematóide *Heterorhabditis indica* sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (2º corte) Catanduva/SP, 2005.

No estudo com a cana soca, realizado no município de Teodoro Sampaio/SP, constatou-se apenas a presença de *M. fryanus*, em maior população, seguida pela presença do escarabeídeo. (Tabela 3).

No que se refere ao controle, tanto o produto químico como o agente biológico, nematóide *H. indica*, provocaram uma supressão na população dos insetos diferindo significativamente da testemunha ($F = 9,11$; $P = 0,004$) e ($F = 5,40$; $P = 0,02$) respectivamente. O nematóide *H. indica* promoveu uma supressão na população de *M. fryanus* de 45, 2 % e na de *C. paraguayensis* de 54,8 %. Já o inseticida 41,5 % para *M. fryanus* e 42 % para *C. paraguayensis*. Nesta pesquisa não foi medida a produção do vegetal, por falta de infra-estrutura da propriedade em tela. (Tabela 3).

Tabela 3 - Número médio de larvas de *Cyclocephala paraguayensis* e *Migdolus fryanus* sob o efeito do inseticida Fipronil, e do nematóide *Heterorhabditis indica* sobre populações de insetos pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (Cana soca), Teodoro Sampaio/SP, 2004.

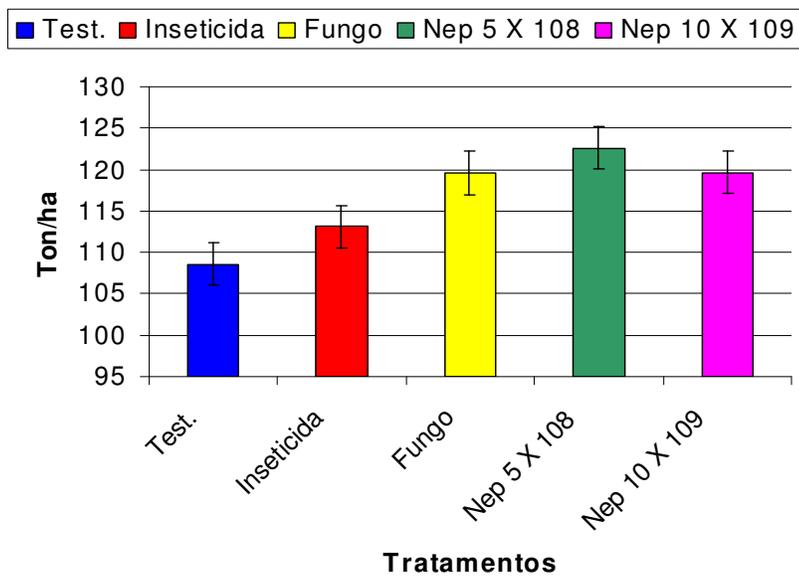
Tratamentos	Concentrações	C.p \pm EP	M.f \pm EP
Testemunha	–	6,2 \pm 0,6a	10,6 \pm 1,2a
Fipronil 800 WG	300g/ha	3,6 \pm 0,5b	6,2 \pm 0,6b
<i>H. indica</i>	5 X 10 ⁸	2,8 \pm 0,7b	5,8 \pm 1,5b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

EP = Erro padrão

C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

M.f = *Migdolus fryanus*

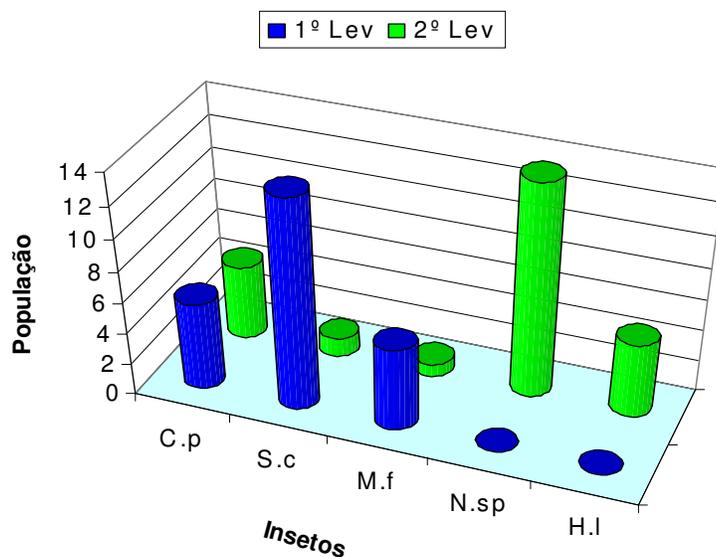


Inseticida = Fipronil

Fungo = *Metarhizium anisopliae*

Nep = *Heterorhabditis indica*

Figura 4 – Produtividade de cana de açúcar sob o efeito do inseticida Fipronil, do fungo *Metarhizium anisopliae* e do nematóide *Heterorhabditis indica* sobre populações de insetos pragas de solo, (2º corte), Catanduva/SP, ano de 2005.



C.p. = *Cyclocephala paraguayensis*

S.c. = *Scaptocoris castanea*

M.f = *Migdolus fryanus*

N.sp. = *Naupactus* spp.

H.i = *Hyponeuma leucanioides*

Figura 5 - População média de insetos de solo durante 2 levantamentos aos 40 e 360 dias após o plantio da cana-de-açúcar, em Catanduva/SP.

6.6. DISCUSSÃO

Besouros da família Scarabaeidae, conhecidos vulgarmente como “pão de galinha” ou “Corós rizófagos” são tidos como importantes pragas de diversas culturas anuais no Brasil, atacando principalmente gramíneas. São várias espécies nativas encontradas no país, destacando-se os gêneros *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, *Diloboderus*, e *Liogenys* (Ceccon et al., 2004).

Estudando o efeito de diferentes inseticidas sobre populações de *Phyllophaga* sp., Martins et al. (1999) concluíram que o inseticida fipronil 800 WG, em três dosagens, proporcionou controle de 100 %. Nesse estudo, em cana planta, a redução da população de *C. paraguayensis*, nos dois levantamentos, pela ação do inseticida fipronil foi de 90 e 45 %. O fungo *M. anisopliae* reduziu 60 e 63 % da população. Já o nematóide *H. indica* nas duas

concentrações (5×10^8 e 5×10^9) reduziu 90 e 27,3 %; 93 e 100 % respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. Pesquisas com escarabeídeos praga da cultura da cana-de-açúcar, na Flórida EUA, com nematóides entomopatogênicos, têm demonstrado alto potencial desses agentes em programas de controle (Sosa Jr. & Beavers, 1985; Sosa Jr. & Hall, 1989). A espécie *Ligyris subtropicus* (Blatchley) é considerada principal praga para os canaviais da Florida, sendo a mais importante dentro do grupo dos escarabeídeos (Summers, 1977; Gordon & Anderson, 1981). Converse & Grewal (1998), em um bioensaio com nematóides entomopatogênicos (Heterorhabditidae e Steinernematidae), obtiveram 76,5 % de mortalidade larval da espécie *C. hirta* 3 dias após o tratamento, usando 125 JI/larvas.

Para o percevejo castanho, *S. castanea*, nas duas amostragens, o inseticida fipronil reduziu 80,7 e 50 %, o fungo 73 e 100 %, o nematóide *H. indica* nas duas concentrações (5×10^8 e 5×10^9) 19,2 e 100 %, 69,2 e 100 % respectivamente. Em um estudo com diferentes inseticidas, em cultura de milho safrinha, Ceccon et al. (2004) concluíram que o inseticida fipronil 800 WG e carbofuran se destacaram no controle do percevejo castanho.

Com relação a *M. fryanus*, no primeiro levantamento, apenas o nematóide *H. indica* nas duas concentrações estudadas (5×10^8 e 5×10^9) exerceu uma redução na população do inseto, 33 e 25 % respectivamente. Já na segunda amostragem a redução foi de 100 %, tanto para o produto químico como para os agentes biológicos. Em um estudo de campo com raças exóticas de *Steinernema* (= *Neoplectana*) *carpocapsae* Weiser, 1955 contra *M. fryanus*, Arrigoni et al. (1986) não obtiveram resultados satisfatórios. No entanto, durante as avaliações, constataram a presença de espécies nativas do gênero *Heterorhabditis*.

Naupactus spp. e *H. leucanioides*, espécies que apareceram apenas no segundo levantamento, também foram afetadas pelos agentes de controle, quando comparadas com a testemunha. O inseticida fipronil reduziu 52 e 70 %, o fungo *M. anisopliae* 68 e 40 %, *H. indica* nas duas concentrações (5×10^8 e 5×10^9) 72 e 80 %; 36 e 70 %, respectivamente.

O gênero *Naupactus* tem sido associado a mais de 385 espécies de plantas, no mundo, dentre essas, amendoim, quiabo, ervilha, batata doce e leguminosas (Young et al. 1950). No Brasil, segundo Lanteri et al. (2002) 10 espécies têm sido identificadas atacando citros, no estado de São Paulo, e segundo Wibmer & O'Brien (1986) mais de 150, têm sido

descritas e distribuídas ao longo das regiões Neotropicais, desde o México até a Argentina, sendo o Brasil o país com a mais alta diversidade de espécies. Em relação ao controle biológico, de acordo com Gravena et al. (1992) não há estudos sobre inimigos naturais desses curculionídeos, em citros. No entanto, existe no estado da Flórida (EUA), um produto comercial formulado com o nematóide *S. capocarpsae* que é recomendado para o controle dos gêneros *Pachnaeus* e *Diaprepes* que fazem parte do complexo de curculionídeos que atacam raízes de diversas plantas cultivadas.

Outra praga importante para a cultura da cana-de-açúcar, que ocorre na superfície do solo, é a cigarrinha das raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stål.) (Hemíptera: Cercopidae), que não foi constatada durante os levantamentos no presente trabalho. No entanto Leite et al. (2005), em estudos realizados em laboratório, com um isolado de *Heterohabditis* sp., registraram que o nematóide provocou mortalidade de 100 % nas ninfas do inseto. Já em pesquisas realizadas no campo, os autores relataram que o agente causou uma supressão de 70 % na população de *M. fimbriolata*. Em outro estudo os pesquisadores relataram que o nematóide promoveu um controle de 56 %, na população do inseto, não diferindo significativamente do inseticida tiametoxam (Actara 200 WG), que controlou 67 %, e do fungo *M. anisopliae* que atingiu 44 % de eficiência.

6.7. CONCLUSÃO

Pelo comportamento do nematóide *H. indica*, na presente pesquisa, ele é um organismo que possui potencial para ser estudado como agente de controle biológico na cultura de cana-de-açúcar contra pragas de solo. Entretanto, diversos estudos devem ser realizados. Entre eles: o sistema de produção e a formulação do nematóide. Além desses, sua verdadeira eficiência em níveis de campo, tem que ser mais bem pesquisada. No momento atual, gerar um sistema alternativo para o controle de pragas de solo, na cultura de cana-de-açúcar, significa menos impacto ao meio ambiente, assim como maior rentabilidade para o agronegócio sucroalcooleiro.

6.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIGONI, A. B.; DINARDO, L.L.; CONDE, A. J. & TERÁN, F.O. Aplicação de *Neoplectana carpocapsae* Weiser, 1955 em condições de campo para o controle de *Migdolus* spp. (Coleóptera: Cerambycidae). **Nemat. Brás.**, v.10, p.181-189, 1986.

BEDDING, R.A. Large scale production, storage and transport of the insect-parasitic nematodes *Neoplectana* spp. and *Heterorhabditis* spp. **Ann. Appl. Biol.**, n.104, p.117-120, 1984.

CECCON, G.; RAGA, A.; DUARTE, A.P.; SILOTO, R.C. Efeito de inseticidas na semeadura sobre pragas iniciais e produtividade de milho safrinha em plantio direto. **Bragantia**, v.63, n.2, p.227-237, 2004.

CONVERSE, V. & GRWAL, P.S. Virulence of entomopathogenic nematodes to the western masked chafer *Ciclocephala hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae). **J. Econ. Entom.**, v.91, n.2, p.428-432, 1998

GASSEN, D.N. **Classificação de pragas de solo de acordo com o habitat e com os hábitos alimentares**. In REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2, Sete lagos, 1992, EMBRAPA-CNPMS, 1992, p.179.

GEORGIS, R. & MANWEILER, S.A. Entomopathogenic nematodes: a developing biological control technology. In: K. Evansna (ed.), **Agric. Zool. Reviews.**, p.63-94, 1994.

GORDON, R.D. & ANDERSON, D.M. The species of Scarabaeidae (Coleoptera) associated with sugar-cane in south Florida. **Fla. Entomol.**, n.64, p.119-138, 1981.

GRAVENA, S. ***Pantomorus* & *Naupactus*: uma ameaça à citricultura**. S. GRAVENA; CORREA, A. C.B.; YAMAMOTO, P.T. et al. (eds.) Jaboticabal, FUNEP., 9p., 1992.

KAYA, H.K., & GAUGLER, R. Entomopathogenic nematodes. **Rev. Entomol.** n.38, p.181-206, 2001.

LANTERI, A.A.; GUEDES, J.C. & PARRA J.R.P. Weevils injurious for roots of citrus in São Paulo State, Brasil. **Neotropical Entomology**, v.31 n.4, p.561-569, 2002

LEITE, L. G.; MACHADO, L.A. GOULART, R.M.,; TAVARES, F.M. & BATISTA FILHO, A. Screening of entomopathogenic nematodes (Nemata: Rhabditida) and the efficiency of *Heterorhabditidis* sp. Against the sugarcane root spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae). **Neotropical Entomology**. v.34, n.5, p.785-789, 2005.

MACHADO, L.A & HABIB, M. *Migdolus fryanus* em cana-de-açúcar: manejo e desafios. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 5, 2003, Sertãozinho, SP. **Anais...** p.48-59, 2001.

MACHADO, L. A.; HABIB, M.; LEITE, L.G.; GOULART, R.M.; TAVARES, F.M.; CALEGARI, L.C.; LAINETI, D.O. 2003. Controle de *Migdolus fryanus* na cultura da cana-de-açúcar com nematóides entomopatogênicos. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – RIFIB, 9, 2003, Catanduva, SP. **Anais...**, p.70-78, 2003.

MARTIN, W.R. Using entomopathogenic nematodes to control insects during stand establishment. **Hort. Science**. n.32, p.196-200, 1997.

MARTINS, J.P.P.; TANIGAWA, R.T.; ATARASSI, R.K.; NAKANO, O. Eficiência de diferentes inseticidas no controle de *Phylophaga* sp., na cultura do milho. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 7, 1999, Piracicaba. **Resumos...**, Piracicaba: FEALQ, p.123, 1999.

NAKANO, O; ROMANO, F.C.B.; PESSINI, M.M.O 2001. **Pragas de solo**. Campinas; Piracicaba, SP : ESALQ/USP, 213p., 2001.

SOSA JR. O & HALL, D.G. Mortality of *Ligyryus subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) by entomogenous nematodes in field and laboratory trial. **J. Econ. Entom.**, v.82, n.3, p.740-744, 1989.

SOSA JR. O. & BEAVERS, J. B. Entomogenous nematodes as biological control organisms for *Ligyris subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in sugarcane. **Envirom. Entom.** v.14, n.1, p.80-82, 1985.

SUMMERS, T.E. **Flooding for the control of white grub, *Bothynus subtropicus*, in Florida.** Proceedings of the American Society of Sugarcane Technologists.

TERÁN, F.O.; NOVARETTI, W.R.T.; KASTEN JR, P. ***Migdolus* sp. e insetos associados.** In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA “PRAGAS DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR”. (Copersucar), p.25-31, 1983

WASSINK, H.; POINAR, G.O., Jr. Nematological reviews – reseñas nematológicas: use of entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae* Weiser (Steinernematidae: Rhabditida), in Latin America. **Nematropica**, v.14, n.1, p.97-109, 1984.

WIBMER, G. J. & BRIEN C.W.O`. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae *sensu lato*) of South America (Coleoptera: Curculionidae). **Mem. Amer. Entomol. Inst.** v.39, 563p. 1986.

YONG, H.C.; APP, B.A.; GILL, J.B. & HOLLINGSWORTH, H.S. **White-fringed beetles and how to combat them.** USDA. Circular n.350, p.1-15, 1950.

7. CONCLUSÕES GERAIS

- ✓ Adultos de *Migdolus fryanus* apresentam variações morfológicas, tanto em dimensões quanto em coloração.
- ✓ Nos levantamentos realizados em 4 municípios do estado, apenas a espécie *M. Fryanus* foi encontrada.
- ✓ Fêmeas depositaram, em média, 29,4 ovos e tiveram longevidade maior que a de machos.
- ✓ As revoadas para o acasalamento acontecem sempre após chuvas com as fêmeas saindo para o encontro com o macho no horário compreendido entre 8:00 a 10:00 h da manhã.
- ✓ O período em que as larvas foram mais freqüentes na touceira de cana coincidiu com um momento de estiagem (julho setembro).
- ✓ Em bioensaio, para as larvas no final de desenvolvimento, o nematóide *Heterorhbditis indica* se destacou em relação a *Steinernema glaseri*.
- ✓ Em condições de campo o nematóide *H. indica* mostrou ter potencial para o controle de insetos de solo na cultura de cana-de-açúcar.