

DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA
POPULAÇÃO DA BROCA DA CANA DE AÇÚCAR,
Diatraea saccharalis (Fabr., 1794) E SIMULAÇÃO DA
TÉCNICA DO INDIVÍDUO ESTÉRIL

RICARDO BOHRER SGRILLO

Orientador: FREDERICO M. WIENDL

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto, 1979

AGRADECIMENTOS

- A JANE, minha esposa, pelo apoio e incentivo constantes e também pela datilografia do original.
- Ao orientador e amigo, Dr. FREDERICO M. WIENDL, chefe do Setor de Entomologia do CENA pelo apoio, críticas, sugestões e revisão do trabalho.
- A COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR e ao CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA, pelas facilidades concedidas.
- Ao amigo e colega, Dr. JULIO M.M. WALDER, pelo apoio constante, supervisão dos levantamentos de campo e revisão do original.
- Ao Dr. EPAMINONDAS S.B. FERRAZ, chefe do Setor de Instrumentação e Controle do CENA e ao Dr. DÉCIO BARBIN, do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, pelas sugestões e revisão do original.
- Ao Dr. DOMINGOS GALLO, chefe do Departamento de Entomologia da ESALQ, pelo apoio prestado.
- Ao amigo IVAN SALATI DE ALMEIDA, da Comissão Nacional de Energia Nuclear pelo auxílio prestado no desenvolvimento dos programas para computador e na análise e interpretação dos dados.
- Ao Dr. HENRY LONG, expert da International Atomic Energy Agency, pelas sugestões e implementação dos levantamentos de campo.
- Ao Dr. K.S. HAGEN, da University of California, pelas sugestões iniciais.

- Ao colega Dr. VIRGÍLIO F. NASCIMENTO FILHO, pelas sugestões.
- Aos amigos VALDEMAR LUIS TORNISIELO, JOSÉ CARLOS PERUCA, VALTER ARTHUR e VALDIR TADEU COSTA, pelas amostragens no campo.
- Aos colegas Eng^o Agr^o SILVIO H. MURATA e Eng^o Agr^o ANTONIO CARLUCCI NETO, bolsistas do CNPq, pelos levantamentos por armadilhas luminosas.
- Aos técnicos JOSÉ OSÓRIO BERTOLI e LUÍS ANSELMO LOPES, pelo auxílio prestado na irradiação dos insetos.
- Aos Programadores ARIIVALDO M. CARVALHO e FRANCISCO C. PELLEGRINO, pelo processamento dos dados.
- A Sra. DIVA ATHIÉ, pela versão ao Inglês do Resumo.
- Ao Sr. CLEUSVAL BISSI, pelo cuidadoso trabalho de datilografia.
- Aos amigos BENEDITO HERCULANO DAVANZO e CELSO DE AGUIAR, pela impressão dos exemplares.
- E a todos que direta ou indiretamente, embora não citados colaboraram no desenvolvimento desse trabalho.

INDICE

	PÁGINA
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DA LITERATURA	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1. Amostragem	19
4.2. Estudo da distribuição estatística das formas imaturas. .	21
4.2.1. Notação	22
4.2.2. Formulário	22
4.2.3. Teste das distribuições.	24
4.2.4. Estimativa do expoente k comum (k_c) da distribuição binomial negativa	25
4.3. Planejamento de amostragem seqüencial	25
4.4. Estudo da diapausa	27
4.5. Determinação da constante térmica	30
4.5.1. Utilização da constante térmica para estágio que sofre diapausa	31
4.6. Estimativa das mortalidades	32
4.6.1. Cálculo de $N_1(1)$	32
4.6.2. Cálculo de $N_2(j)$	33
4.6.3. Cálculo de A e B	34
4.6.4. Cálculo da mortalidade mensal.	34
4.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima	35

4.8. Desenvolvimento dos sub-modelos	36
4.8.1. Método da regressão linear múltipla	36
4.8.2. Método alternativo	37
4.9. Técnica do indivíduo estéril	39
4.9.1. Esterilização dos adultos.	39
4.9.2. Sobrevivência dos adultos.	40
4.9.3. Liberação dos insetos estéreis	41
4.9.4. Efeito dos insetos estéreis na população natural..	43
4.9.5. Simulação da TIE	44
5. RESULTADOS	48
5.1. Amostragem	48
5.2. Distribuição estatística das formas imaturas.	52
5.2.1. Expoente k comum (k_c) da distribuição binomial ne- gativa	57
5.3. Amostragem seqüencial	69
5.4. Estudo da diapausa.	70
5.5. Determinação da constante térmica	73
5.5.1. Utilização da constante térmica para estágio que sofre diapausa	75
5.6. Estimativa das mortalidades	75
5.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima	85
5.8. Desenvolvimento dos sub-modelos	90
5.9. Técnica do indivíduo estéril	92
5.9.1. Esterilização dos adultos.	92
5.9.2. Sobrevivência dos adultos.	106
5.9.3. Simulação da técnica do indivíduo estéril.	107

6. DISCUSSÃO	112
6.1. Amostragem	112
6.1.1. Amostragem por armadilhas luminosas.	112
6.1.2. Amostragem por levantamentos de campo.	113
6.2. Distribuição das formas imaturas.	114
6.2.1. Expoente k comum (k_c) da distribuição binomial negativa	115
6.3. Amostragem seqüencial	117
6.4. Estudo da diapausa.	120
6.5. Determinação da constante térmica	125
6.5.1. Utilização da constante térmica para estágio que sofre diapausa	125
6.6. Estimativas das mortalidades.	127
6.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima	129
6.8. Sub-modelos	130
6.8.1. Lagartas pequenas	136
6.8.2. Lagartas grandes	139
6.8.3. Pupas	143
6.8.4. Adultos	145
6.8.5. Probabilidade de fecundidade máxima.	145
6.9. Técnica do indivíduo estéril.	150
6.9.1. Esterilização dos adultos.	150
6.9.2. Sobrevivência dos adultos.	155
6.9.3. Simulação da técnica do indivíduo estéril.	157
7. CONCLUSÕES	167
8. SUMMARY	169
9. LITERATURA CITADA.	171

1. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer a possibilidade teórica de aplicação da Técnica do Indivíduo Estéril (TIE) para controle de populações da broca da cana de açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), no Estado de São Paulo. Esse objetivo foi alcançado através do desenvolvimento de um modelo matemático da dinâmica populacional do inseto e posterior simulação da TIE. O modelo foi construído com base em levantamentos de campo realizados em 1976 em quatro regiões canavieiras do Estado. Nesses levantamentos foram obtidos dados referentes a densidade populacional de lagartas e pupas de inseto. Informações sobre a flutuação populacional de adultos e de alguns predadores foram obtidos por amostragem através de armadilhas luminosas.

No decorrer do trabalho ainda foram obtidas algumas informações intermediárias.

Determinou-se que as lagartas seguem, em condições naturais, uma distribuição espacial não diferente da binomial negativa. A partir da estimativa dos parâmetros dessa distribuição desenvolveu-se um plano de amostragem seqüencial para as lagartas, onde a probabilidade de erro permanece constante enquanto o número de unidades amostradas é variável.

Através da análise matemática dos dados dos levantamentos

foi verificada a ocorrência de diapausa em lagartas grandes. A percentagem de lagartas em diapausa mostrou correlação com fotoperíodo e temperatura.

Estabeleceu-se que o número de graus dias necessários ao inseto completar uma geração é de 954. Se propôs um método para utilizar o conceito de constante térmica inclusive para condições de diapausa.

Através de experimento em laboratório determinou-se que machos adultos irradiados com 50 krad de radiação gama (^{60}Co) produzem prole não viável.

Estimou-se a percentagem de mortalidade mensal de cada estágio. A partir desses dados desenvolveu-se sub-modelos, correlacionando-se as mortalidades com variáveis climáticas e biológicas. Os sub-modelos agrupados formaram o modelo, que permitiu a simulação da TIE.

Concluiu-se que a liberação de insetos estéreis em número igual aos existentes no campo, durante as três primeiras gerações seria um método eficiente para controle das populações do inseto. Teoricamente seria obtido lucro se o custo para aplicação do método fosse de até Cr\$ 1.355,00 por hectare.

A liberação de insetos estéreis em número nove vezes superior aos existentes no campo, durante a primeira geração, seria igualmente eficiente e se obteria lucro se o custo para aplicação do método fosse de até Cr\$ 975,00 por hectare.

2. INTRODUÇÃO

Durante a safra de 1977/78 o Estado de São Paulo produziu mais de 3 milhões de toneladas de açúcar (44% da produção brasileira), exportando aproximadamente 300 mil toneladas a um preço médio de US\$ 200,00 p/ton, o que representou US\$ 60 milhões de divisas. Neste mesmo período a produção de álcool foi de 2,5 bilhões de litros na região (IEA, 1978).

A área cultivada com essa gramínea em São Paulo ultrapassa 1 milhão de hectares, o que evidencia a importância social da cultura representada pela oportunidade de emprego.

Segundos dados do IBGE (1977), 14% das calorias necessárias aos habitantes do Estado são obtidas pelo consumo de açúcar ou seus derivados indicando uma utilização diária de 80 gramas per capita.

No entanto a produtividade média da cultura foi baixa, ficando, na referida safra, em torno de apenas 55 toneladas por hectare.

A produção de açúcar é regulada tanto pela produtividade da cultura como pelo rendimento industrial. Dentre os fatores que interferem nesses dois itens encontra-se um inseto praga, a broca da cana de açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE).

As lagartas desse inseto, após eclodirem dos ovos, permanecem no colmo, onde completam o desenvolvimento larval. As plantas broqueadas, além de terem uma redução no seu peso, tornam-se frageis, sendo

muitas vezes quebradas pelos ventos mais fortes. No início da cultura as lagartas podem danificar a região de crescimento da planta, causando o sintoma conhecido como "*coração-morto*" responsável por falhas no cana vial.

Nos orifícios do colmo causados pelas lagartas, penetram, entre outros, os fungos *Glomerella tucumanensis* (Speg) e *Colletotrichum falcatum* Went, causadores da "*podridão vermelha*". As plantas invadidas por esses patógenos reagem, produzindo substâncias de defesa a partir da sacarose, podendo apresentar perdas de até 50%. Os colmos mais atacados podem morrer (GALLI et alii, 1968).

Existem diversos fatores que influenciam a relação quanti tativa entre a infestação da broca e perdas causadas. De uma maneira ge ral pode-se dizer que para cada 1% de infestação há uma redução de 0,75% de açúcar. Estimando-se em 15% a infestação média, em São Paulo, fica cla ro a importância econômica da *D. saccharalis*.

No mundo são utilizados basicamente dois tipos diversos para controle dessa espécie. Enquanto que nos Estados Unidos é utilizado o controle químico, na maioria dos outros países produtores de açúcar, inclusive no Brasil, se utiliza o biológico. Embora o primeiro método apresente a curto prazo uma maior eficiência de controle, deve-se consi derar a tendência mundial de restringir o uso de agrotóxicos. O perigo po tencial da poluição ambiental, o uso indiscriminado, o efeito adverso em organismos benéficos, a resistência adquirida pelos insetos e o aumento das restrições legais ao comércio internacional de produtos agrícolas com resíduos tóxicos, são alguns dos pontos que devem ser considerados quando se pretende a utilização de inseticidas. Por outro lado, o controle biológico não apresenta nenhum desses inconvenientes.

Na década de 40 foi iniciada uma campanha internacional pa ra a propagação da *Lixophaga diatraea* Towns., a mosca Cubana, um dos para sitos da broca da cana. A partir de Cuba esse inseto foi disseminado pa ra quase todas as ilhas do Caribe, na Flórida, Louisiana, América Central,

do Sul e inclusive Formosa. Em 1950 foi introduzida no Brasil (*GALLO, 1951*). Da região amazônica foi disseminado um outro parasito da broca, a mosca do Amazonas, *Metagonystilum minense* (Townsend). Em 1933 foi introduzida nas Guianas e, posteriormente, a outros países produtores de açúcar e nas regiões canavieiras do nordeste e sul do Brasil.

Atualmente em São Paulo a tentativa de manejo das populações da broca é feita com base na criação e liberação de vários parasitos do inseto. No entanto são poucos os dados encontrados na literatura referentes a eficiência de controle, no sentido de quantificar a variação no tamanho das populações da broca em função do tamanho das populações dos parasitos, o que torna difícil a avaliação do sucesso do método utilizado, nas diversas regiões do Estado.

O desenvolvimento de modelos matemáticos em ecologia de populações foi, até pouco, desvinculado da observação e experimentação. Em física, por exemplo, foram desenvolvidos modelos teóricos para explicar dados reais que já haviam sido obtidos. A equação do campo gravitacional de Newton foi baseada nas observações de Copernico e Galileu, substituindo a fórmula teórica de Kepler; e equação de Maxwell foi desenvolvida na tentativa de explicar dados obtidos por Faraday, e assim por diante. O desenvolvimento histórico da física foi sempre caracterizado por uma grande integração entre teoria e experimentação, sendo os modelos normalmente desenvolvidos *a posteriori*. Isso não tem acontecido com a ecologia de populações, onde os modelos clássicos (Lotka, Volterra, Nicholson e Bailey, etc.) foram desenvolvidos *a priori* e nunca causaram grande impacto na evolução da Ciência, embora tenham sido publicados há mais de cinco décadas (*WATT, 1962*).

Por outro lado, dados experimentais e observações de campo, se não forem dirigidos e interpretados pelo conhecimento teórico também não contribuem muito ao avanço da Ciência.

Recentemente tem se mostrado cada vez mais a necessidade de mudanças drásticas na filosofia de controle de insetos pragas. O inte

resse cada vez maior em técnicas de "controle integrado" e da "análise de sistemas" mostra a direção que a entomologia aplicada está tomando. Esses termos implicam no reconhecimento da complexidade de sistemas "planta-praga" e na necessidade de se reformular a metodologia de tomada-de-decisão.

O comportamento de sistemas altamente complexos é, muitas vezes, difícil ou mesmo impossível de ser previsto. Nesses sistemas a resposta a uma variável ou a uma combinação de variáveis normalmente não é aquela que intuitivamente se espera. A solução é a utilização da Análise de Sistemas, originariamente desenvolvida para problemas relacionados a economia, industrialização e administração (FORRESTER, 1961) e que nos últimos anos vem tendo aplicação crescente nas ciências biológicas.

Uma implicação importante da análise de sistemas é que a descrição do sistema (modelo) pode ser utilizada para se estudar o seu comportamento sob uma variedade de condições, naturais ou impostas. O modelo do sistema deve ser construído de tal maneira que os valores dos parâmetros possam ser mudados, a fim de que certas condições de interesse, como métodos de controle por exemplo, possam ser acrescentadas sem destruir a aplicabilidade do modelo. Essa técnica é uma das mais úteis na análise de sistemas sendo conhecida como Simulação, a qual pode ser definida como a operação de um modelo matemático que represente a dinâmica de um sistema no tempo.

A Técnica do Indivíduo Estéril (TIE) é um método de controle de pragas bem estabelecido e com vários sucessos, entre eles a erradicação da mosca varejeira de Curaçau e do Sudeste dos Estados Unidos e seu controle no Sudoeste; supressão da Mosca do Mediterrâneo; erradicação da mosca das frutas oriental; estabelecimento de barreiras biológicas à migração da mosca das frutas Mexicana, etc.

Os princípios desenvolvidos por Knipling para a TIE são, relativamente fáceis de serem demonstrados através de modelos simplificados. No entanto, para ser inferida a possibilidade de sucesso da aplicação dessa técnica, sozinha ou em combinação com outros métodos, em uma si

tuação prática é necessária a obtenção de informações referentes, principalmente, a: 1) possibilidade de criação, e 2) esterilização de grande número¹ de insetos e, 3) conhecimento profundo de parâmetros bioecológicos, especialmente da dinâmica populacional, da espécie considerada, e a posterior construção de modelos e simulação da TIE em diversas condições.

Em 1972 o Setor de Entomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) iniciou uma linha de pesquisas para a *D. saccharalis* tendo como objetivo determinar a possibilidade de aplicação da TIE para manejo das populações desse inseto em São Paulo. Considerando-se que a maior parte das pesquisas necessárias poderia fornecer informações utilizáveis para o aumento da eficiência ou aplicação de outros métodos de controle (que não a TIE), mesmo que as conclusões indicassem a impossibilidade de aplicação do método proposto, os resultados não seriam perdidos.

Assim, até o presente, foram desenvolvidas novas dietas e metodologia para criação dos insetos. Técnicas de marcação através de radioisótopos foram estudadas, com a finalidade de aplicá-las em estudos ecológicos. Por cinco anos foram coletados dados sobre a flutuação populacional de adultos e por dois anos, de formas imaturas. Foram ainda realizados trabalhos com parasitos e predadores e de utilização de inseticidas, assim como estudos referentes a sistemática, danos causados e esterilização, por radiação gama.

Referentes a essa linha de pesquisa foram publicados 25 trabalhos, três dissertações e uma tese.

Pelas considerações apresentadas, justifica-se, portanto, o trabalho realizado nessa Tese.

¹A quantidade de insetos estéreis a serem liberados é bastante variável dependendo das características (dispersão, número de cópulas, etc.) da espécie considerada e da área a ser tratada. Como exemplo, o Departamento da Agricultura dos Estados Unidos, liberava semanalmente, em 1975, 150 milhões de exemplares estéreis da mosca varejeira em uma região do Texas, próxima a fronteira com o México.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Extenso trabalho de revisão bibliográfica sobre todos os aspectos relacionados a *D. saccharalis* foi publicado por PRUNA (1969).

Artigos referentes à sistemática de *Diatraea* spp. são apresentados no trabalho de CRUZ (1976).

Sobre a biologia desse inseto foram feitas revisões por SGRILLO (1973) e GUEVARA (1976).

WALDER (1976) e MENDONÇA F^o (1978) apresentam revisões referentes a bioecologia, danos e controle.

Em 1794 Johann Christian Fabricius descreve um inseto praga da cana de açúcar na América do Sul, dando-lhe o nome de *Phalaena saccharalis*. Guilding em 1832 passa a espécie a um novo gênero por ele criado, denominando-a *Diatraea sacchari*. No entanto Fernald em 1888 reconhecendo a prioridade do nome específico original, denomina o inseto de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), denominação que permanece até a atualidade (PRUNA, 1969).

No trabalho "Monografia da cana de açúcar" Burlamaque cita que em 1841 houve uma infestação nos canaviais de Santa Catarina por uma lagarta identificada posteriormente (1916) por Moreira como sendo a *D. saccharalis*, sendo essa a primeira citação de sua ocorrência no Brasil (GUAGLIUMI, 1973).

Segundo *BLESZYNSKI e COLLINS (1962)* existem cerca de 58 espécies pertencentes ao gênero *Diatraea*. Para o Estado de São Paulo, *CRUZ (1976)* cita a ocorrência de 10 espécies, sendo a *D. saccharalis* predominante e a única encontrada atacando cana de açúcar.

Além da cana *SILVA et alii (1968)* citam arroz, aveia, cana da Índia, capim arroz, capim d'Angola, capim mori, capim roxo, capim Sudão, milho, perimbeca, sorgo, trigo e vetiver, como outros hospedeiros do inseto que, ainda segundo esses autores distribui-se por todo o território nacional.

A fêmea acasalada põe os ovos na face dorsal da folha (*GALLO et alii, 1970*), demorando a postura geralmente alguns minutos (*HOLLOWAY et alii, 1928*).

O número de ovos postos por fêmea pode variar de 100 a 800, porém a maioria dos autores acredita que uma média de 250 a 300 ovos por fêmea é um valor razoável (*CAMINHA FO, 1939; TAYLOR, 1944; WALKER e FIGUEIROA, 1964; JASIC, 1967c; GALLO et alii, 1970; SGRILLO, 1973*).

O período de incubação dos ovos varia com a temperatura. Quatro dias a 31°C e 12,4 dias a 19°C são os valores citados por *JASIC (1967c)*.

Essa dependência da temperatura talvez explique as diferenças entre os dados publicados por diversos outros autores (*BERGAMIN, 1948a; GALLO, 1968; BERTELS, 1970*).

As larvas recém eclodidas encaminham-se à bainha das folhas onde permanecem até o segundo instar, alimentando-se da epiderme (*BOX, 1932; WALDER, 1976*), penetrando depois no colmo, onde completam seu desenvolvimento.

O número de instares e a duração do período larval parecem ser também influenciados pela temperatura. Segundo diversos autores os instares são de 5 a 10 e a duração do desenvolvimento larval de 20 a 50 dias, podendo ser prolongado até 3 ou 4 meses, quando as lagartas sofrem

diapausa (*HOLLOWAY et alii*, 1928; *MEADOWS*, 1938; *BERGAMIN*, 1948a; *TAYLOR*, 1944; *GUEVARA*, 1976).

Quando completa o desenvolvimento a lagarta prepara sua câmara pupal, forrada de tecido vegetal macerado e seda. Perfura o orifício de saída, normalmente coberto por uma película fina da epiderme do colmo. Estas atividades são levadas a efeito no período pré-pupal (*HOLLOWAY et alii*, 1928), sendo que após o mesmo ocorre a fase pupal que pode variar de 6 a 20 dias, dependendo das condições ambientes (*WONGSIRI e RANDOLPH*, 1962; *GUAGLIUMI*, 1973). Algumas lagartas formam a pupa na baíha das folhas (*GUEVARA*, 1976).

Os adultos emergem principalmente ao crepúsculo e quase não se alimentam (*NOVAK*, 1967). A longevidade varia de 1 a 12 dias, as fêmeas vivendo mais que os machos, segundo observações realizadas em condições de laboratório (*MONTE*, 1941; *WONGSIRI e RANDOLPH*, 1962; *WALKER e ALEMANY*, 1965; *SGRILLO*, 1973).

As fêmeas virgens liberam feromono sexual, atraindo os machos principalmente da meia noite as quatro horas (*PEREZ e LONG*, 1964). A maioria das fêmeas copula uma só vez (*GUEVARA*, 1976) embora tenhamos encontrado fêmeas com até cinco espermatóforos.

Para as condições brasileiras em um ano podem existir de 4 a 5 gerações (*BERGAMIN*, 1948b; *GALLO*, 1968; *BERTELS*, 1970; *WALDER*, 1976).

Existem poucos trabalhos referentes a influência dos fatores climáticos no desenvolvimento do inseto. *BERTELS* (1970) comenta alguns aspectos do efeitos da umidade e precipitação, enquanto *BOTELHO et alii* (1978) correlaciona alguns dados climáticos com a população de adultos e *WALDER* (1976) com as populações de larvas e pupas.

TUCKER (1933) e *PICKLES* (1936) encontram 97% e 95% respectivamente de mortalidade larval em condições naturais, sem a colaboração de nenhum método de controle. *GUEVARA* (1976) cita cerca de 30% de mortalidade pupal.

Elevada mortalidade natural do inseto é causada por fatores climáticos e principalmente pelos inimigos naturais que habitam os canaviais (NEGM e HENSLEY, 1967, 1969, 1969b, 1972).

DUGAS e seus colaboradores entre 1947 e 1955 realizaram vários testes visando controlar a broca com inseticidas, obtendo até 97% de controle. No entanto, esse autor concluiu afirmando: "Não há lugar para o emprego de inseticidas orgânicos na cana de açúcar, devido a sua toxicidade para os inimigos naturais da broca". Apesar disso, Long e seu grupo recomendaram o uso de Endrin contra a broca, em 1958 (PRUNA, 1969).

Desde então vários pesquisadores tem se dedicado ao estudo dos inseticidas no controle a broca, principalmente o grupo de Hensley, da Louisiana State University (HENSLEY et alii, 1961, 1963; HENSLEY e McCORMICK, 1964). No Brasil, MATTOS et alii (1976) preconizam a utilização de um agrotóxico no controle a *D. saccharalis*, enquanto LONG et alii, 1977 concluíram que Gusation controla a *D. saccharalis*.

O primeiro parasito utilizado no controle biológico à broca foi a mosca cubana, *Lixophaga diatraea* Towns. (Diptera:Tachinidae) introduzida de Cuba nos Estados Unidos por Loftin, em 1915 (CLAUSEN, 1956). Um dos principais pesquisadores que estudaram a biologia desse inseto foi Scaramuzza, em Cuba (SCARAMUZZA, 1930a, 1930b, 1945, 1952 e 1964). Em 1950 a *L. diatraea* foi introduzida no Brasil (GALLO, 1951) no estado de São Paulo e em 1973 foi levada as regiões canavieiras do nordeste (PLANALSUCAR, 1973).

Devido ao baixo sucesso de controle exercido pela mosca Cubana em algumas regiões de Cuba os pesquisadores buscaram encontrar novos parasitos da broca. Após uma viagem a região Amazônica, realizada na companhia de Myers em 1932, Scaramuzza encontrou três outros parasitos da broca, entre eles a *Paratheresia claripalpis* e *Metagonistylum minense* (PRUNA, 1969), essa última encontrada no ano anterior por MONTE (1933) parasitando lagartas da *D. saccharalis* em Minas Gerais.

No Brasil SOUZA (1942) descreve a biologia da *P. claripal-*

pis e GALLO (1949) a da *M. minense*.

Inicialmente esses parasitos eram reproduzidos artificialmente em lagartas da *D. saccharalis* alimentadas no laborat6rio, com toletes de cana. Em Cuba, ROBAYNA (1951, 1953) idealizou novos m6todos para a cria76o da broca, visando a multiplicac76o dos parasitos.

Em 1962 WONGSIRI e RANDOLPH publicaram os primeiros dados referentes a cria76o da *D. saccharalis* em uma dieta artificial, a base de germen de trigo. HENSLEY e HAMMOND (1968) criam o inseto em uma outra dieta, obtendo excelentes resultados. Um ano ap6s GALLO *et alii* (1969) introduziu no Brasil a dieta proposta pelos pesquisadores americanos e desenvolve t6cnica para cria76o dos parasitos da broca. Desde ent6o v6rios trabalhos tem apresentado formula76o de novas dietas (WALDER *et alii*, 1975; SGRILLO *et alii*, 1977).

O m6todo de controle cultural (INGRAN *et alii*, 1938; QUESTEL e BREGGGER, 1959) e o por variedade resistentes (LOFTIN, 1930; TUCKER, 1951; GALLO, 1963; MACEDO *et alii*, 1978; HENSLEY *et alii*, 1978) tem sido tamb6m estudados.

O que vem se fazendo no Brasil, atualmente, com respeito ao controle da broca 6 apresentado por GALLO *et alii* (1978), TERAN e NOVARETTI (1978) e RISCO (1978).

A hist6ria da T6cnica do Indiv6duo Est6ril (TIE) iniciou-se na d6cada de 30. Em 1937, Knipling, estava envolvido em pesquisas com a mosca varejeira, uma das mais importantes pragas de animais dom6sticos do Sudeste dos Estados Unidos. Um dos fatores que impressionou o pesquisador foi a baixa densidade populacional do inseto. Nessa mesma 6poca Melvim e Bushland desenvolveram um m6todo para cria76o artificial das larvas da mosca, com uma dieta a base de carne mo6da e sangue. Knipling imaginou, ent6o, que, combinando a baixa densidade populacional do inseto com a possibilidade de cri6-lo seria poss6vel a libera76o da natureza de um n6mero suficientemente grande de insetos com alguma defici6ncia gen6ti

ca, que saturariam a população natural e, através de cruzamentos sucessivos, levariam a extinção da espécie. Ainda nesse ano, foi feito um considerável progresso na esterilização de *Drosophila* sp. através de raios-X. Foram então discutidos os princípios da TIE, mas até 1946 não foi feito nenhum avanço. Nesse ano Knippling entrou em contato com Mueller, um dos mais famosos geneticistas especializado em mutações que o informou da possibilidade de esterilização da mosca varejeira. Em 1948, um outro pesquisador que contribuía no projeto, Bushland, conseguiu um equipamento de raios-X e em poucos meses demonstrou a possibilidade de esterilização dos adultos da mosca. Após vários testes em ilhas do Golfo do México e na Flórida, foi feito um teste em grande escala na ilha de Curaçau. Apesar da população natural de moscas, na ilha, ser alta após algumas liberações de insetos estéreis no local e mosca varejeira foi completamente erradicada (IAEA, 1965).

Desde então, o número de trabalhos publicados sobre o assunto tem crescido constantemente.

A partir de 1962 periodicamente a International Atomic Energy Agency (IAEA), sociedade internacional com sede em Vienna, Austria, vem promovendo Simpósios e Paineis onde são reunidos cientistas de todo o mundo afim de apresentarem e discutirem trabalhos sobre o controle de insetos através do uso e radiações ionizantes.

No primeiro painel, em Vienna, foram reunidos 15 cientistas que discutiram os fatores que influenciam a indução de esterilização em insetos, aspectos da criação massal, etc. Entre as espécies consideradas potencialmente sujeitas de controle pela TIE constava a *D. saccharalis* (IAEA, 1963a).

Em 1963 foi realizado em Atenas um Simpósio sobre "Radiações e Radioisótopos Aplicados a Insetos de Importância Agrícola" onde são apresentados 37 trabalhos, com a participação de 90 pesquisadores de diversos países (IAEA, 1963b).

Dois anos após a IAEA publica um relatório técnico sobre

os progressos realizados no controle de populações de insetos pela técnica do macho estéril, discutidos em um Painel levado a efeito em Vienna, em 1964, com a participação de 23 pesquisadores (IAEA, 1965).

Em Tel-Aviv, 1966, mais um painel é realizado, sobre "*Radiações, Radioisótopos e Métodos de Criação no Controle de Insetos Pragas*", onde 16 trabalhos são discutidos por 15 cientistas. Nas recomendações consta a sequência das pesquisas a serem realizadas para a implementação da TIE (IAEA, 1968a).

Um ano após, em Vienna, 20 pesquisadores discutem 18 trabalhos em outro Painel e concluem que 9 espécies de moscas são passíveis de controle pela TIE, inclusive a mosca tse-tse, *Glossina* sp. (IAEA, 1968b).

"*Ecologia de Insetos e a Técnica do Macho Estéril*" é o título de um Painel realizado em Vienna, em 1967, onde é dada ênfase a importância do estudo da dinâmica populacional (IAEA, 1969).

Dezoito trabalhos foram discutidos no Painel de 1970, cujo tema foi "*Apliação de Esterilidade Induzida para Controle de Populações de Lepidopteros*", e onde a broca da cana ainda consta como candidato de controle pela TIE (IAEA, 1971b).

O Brasil e mais 38 países participaram do Simpósio de 1970 em Atenas cujo título foi: "*Princípios de Esterilização para Controle ou Erradicação de Insetos*". Os 80 pesquisadores participantes discutiram os seguintes tópicos: esterilização induzida por radiações, controle das moscas das frutas, controle de insetos de importância médico-veterinária, quimioesterilização e fisiologia da reprodução, criação massal, controle de insetos que atacam os alimentos, radiobiologia, etc. (IAEA, 1971a).

O Brasil participou também do Simpósio de 1974, em Innsbruck, Austria onde se reuniram mais de 90 pesquisadores que apresentaram os resultados de pesquisas referentes ao controle de lepidópteros, moscas das frutas, pragas de grãos armazenados, etc. (IAEA, 1975).

Da análise dos trabalhos publicados pela IAEA, apresentamos os seguintes comentários:

a) A TIE é uma técnica de controle perfeitamente demonstrada na prática e bem estabelecida, não apresentando os inconvenientes do uso de inseticidas.

b) O método, teoricamente, pode ser aplicado a qualquer animal que tenha reprodução sexuada.

c) Além de seu objetivo original, erradicação, a TIE tem sido usada para manter populações em níveis não danosos, para prevenir infestações e surtos e como barreira ao deslocamento de pragas.

d) O efeito sinérgico de certas substâncias e o uso de outros tipos de radiações tem feito com que o número de espécies que podem ser esterilizadas sem sofrerem efeitos adversos (atividade sexual, longevidade, etc.) seja cada vez maior.

e) A principal limitação do método é seu custo total, que depende principalmente do custo da criação massal, especialmente quando se trata de espécies de lepidópteros.

f) Devido ao desenvolvimento de novas técnicas e dietas o número de espécies que vem sendo criadas a um baixo custo, é cada vez maior.

DARWIN em 1859 (1951) escreveu "... every organic being naturally increases at so high rate that, if not destroyed, the earth would soon be covered by the progeny of a single pair", dando bases para o que *ANDREWARTHA (1961)* definiu como Ecologia de Populações, ou o estudo das leis que governam o número de animais, com relação a área em que eles habitam. Surgiram então diversas teorias e modelos na tentativa de explicar a abundância das espécies e os fatores que a limitam.

NICHOLSON (1927, 1958) propões que as populações existem em um estado de balanço em seu ambiente sendo a oposição ao crescimento infinito da população regulada por fatores *dependentes* da densidade popu

lacional, especialmente pela competição intra-específica.

Em 1954 ANDREWARTHA e BIRCH publicam o livro "*The Distribution and Abundance of Animals*", onde expõem os fundamentos de um modelo populacional. Para esses autores a flutuação das populações é determinada por fatores ambientais, principalmente climático, agindo, portanto, os processos regulatórios, independentemente da densidade populacional.

Para MILNE (1957, 1962) o tamanho das populações é regulado tanto por fatores dependentes com independentes da densidade populacional. A principal contribuição do autor foi dividir os fatores dependentes em perfeitos e imperfeitos. Os primeiros são representados pela competição inter-específica, ação de predadores, parasitos e patógenos. O único fator considerado perfeitamente dependente da densidade populacional é a competição intra específica, especialmente por alimento e espaço. Com base no modelo proposto, Milne insiste na incapacidade dos inimigos naturais, sozinhos, controlarem o aumento na densidade populacional da presa.

Em 1960 quando estudava a população de um roedor e posteriormente em 1965, em caráter mais geral, CHITTY (1960, 1965) publica que as populações são "autoreguláveis" ou seja, a vitalidade dos indivíduos da população é variável sendo regulada através de mudanças genéticas induzidas por mudanças no tamanho da população. Assim, quando a densidade populacional está baixa, os indivíduos das próximas gerações podem, geneticamente, serem mais aptos a sobrevivência, o que resulta num aumento posterior da população.

Alguns dos aspectos dos modelos descritos e de outros foram apresentados em termos matemáticos no livro editado por MAY (1976) "*Theoretical Ecology*" onde contribuíram cientistas da Inglaterra, Austrália e Estados Unidos.

Uma das ferramentas bastante úteis para a compreensão da dinâmica populacional são as Tabelas de Vida que representam uma maneira de tabular as informações referentes a mortalidade de um grupo de indi-

víduos, desenvolvidos originariamente para o estudo de populações humanas.

HARCOURT (1969) cita *LEOPOLD* (1933) como um dos primeiros a tabular dados de uma população animal natural através de Tabelas de Vida. O primeiro exemplo detalhado do uso dessa técnica no estudo de uma população de insetos foi o publicado por *MORRIS e MILLER* (1954), a respeito de um Lepidóptero praga de essências florestais.

A utilização de Tabelas de Vida no estudo de populações naturais de insetos foi revista por *HARCOURT* (1969).

Posteriormente *VARLEY e GRADWELL* (1970) apresentam também uma revisão sobre o assunto, enfatizando a análise gráfica do "*fator crítico*" (key factor). Segundo os autores o crescimento populacional de uma geração é regulado principalmente pela mortalidade dos indivíduos de um determinado estágio, o crítico, que pode ser identificado através das tabelas de vida descritas. Em português, *SILVEIRA NETO et alii* (1976) descrevem a técnica. Ao nosso ver, a maior contribuição ao desenvolvimento de modelos matemáticos para o estudo das populações de insetos foi dado por *WATT* (1961). Nesse trabalho o autor discute desde a necessidade do uso de modelos, o desenvolvimento de modelos dedutivos, indutivos e mistos, até as possíveis críticas ao método, apoiado sempre em extensas citações bibliográficas.

Os trabalhos apresentados a seguir exemplificam a variedade de de aplicações dos modelos matemáticos em entomologia.

Em 1968 *KNIPLING* apresenta modelo simplificado para o estudo da potencialidade e limitações do parasito *Trichogramma* sp. no controle de certas pragas.

Visando simular a interação entre duas espécies competitivas de *Tribolium* spp *NIVEN* (1969) também apresenta modelos matemáticos.

WALKER e PEDERSEN (1969) constroem modelos simplificados para simular a aplicação da TIE na *D. saccharalis*.

WURGLER (1969) utiliza modelos matemáticos para analisar sobrevivência de embriões de *Drosophila* sp.

SZENTESI et alii (1973) desenvolvem modelos matemáticos para analisar a competitividade sexual de insetos esterilizados.

LOEWER (1976a, 1976b) construindo modelos e utilizando variáveis climáticas simula a dinâmica populacional da *Oistrinia nubilalis* (Hbn.).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Amostragem

Os trabalhos de amostragem foram referentes ao ano de 1976 nas regiões de Piracicaba, Jau, Araraquara e Ribeirão Preto.

As variáveis amostradas foram as seguintes:

- Predadores:

- 1- COLEOPTERA: CARABIDAE
- 2- COLEOPTERA: STAPHYLINIDAE
- 3- DERMAPTERA
- 4- HYMENOPTERA: FORMICIDAE

- *D. saccharalis*:

- 6- Lagartas pequenas
- 7- Lagartas grandes
- 8- Pupas
- 9- Adultos

- Climáticas:

- 9- Temperatura média
- 10- Temperatura máxima absoluta
- 11- Média das temperaturas máximas

12- Média das temperaturas mínimas

14- Umidade relativa

15- Precipitação

- Outras:

16- Altura da cana

Os Carabidae foram representados, principalmente, por espécies dos gêneros *Calosoma* e *Galerita*. Os dermápteros por *Doru* spp. e, ocasionalmente *Spongiphora* spp.

Os predadores alados foram amostrados por coleta em armadilha luminosas (modelo CENA-1, lâmpada BLB), colocadas em canaviais das regiões estudadas, da seguinte maneira:

1. Fazenda São José (Jau)
2. Fazenda Floresta (Araraquara)
3. Estação Experimental do IAC (Piracicaba)
4. Fazenda Experimental Copersucar - Sertãozinho (Ribeirão Preto)

Embora as coletas fossem diurnas, computamos os dados referentes as amostras das terças e quintas-feiras de cada semana.

A amostragem de formigas resumiu-se ao número de colmos levantados que apresentavam colônias, ou abundância desses insetos.

Os levantamentos de campo foram feitos segundo a metodologia proposta por LONG (1975), descrita sumariamente a seguir.

Cada região foi, mensalmente amostrada pelo levantamento de 15 ou 20 canaviais, ao acaso, distantes, no mínimo, 5 km entre si. As amostragens foram baseadas na análise de um metro linear de cana, ao acaso, repetidos 10 vezes por canavial. Em cada metro, além da altura da cana e da presença de formigas, o primeiro ou último colmo era analisado quanto a presença de formas imaturas da *D. saccharalis*, na bainha das folhas ou no interior do colmo.

As lagartas do primeiro ao terceiro instar (até, aproximadamente 1 cm) foram consideradas lagartas pequenas e, as restantes, lagartas grandes.

Os adultos foram amostrados pela metodologia descrita para os predadores alados.

Para a região de Piracicaba os dados climáticos foram obtidos do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ e, para as outras regiões, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

4.2. Estudo da distribuição estatística das formas imaturas

Afim de determinarmos a que tipo de distribuição se ajustavam as amostragens das formas imaturas, agrupamos os dados dos levantados em tabelas, representando o número de insetos por colmo e por mês.

A partir desses dados calculamos a média e variância, notando a tendência constante da média ser menor que a variância (exceto para pupas), o que sugeriu não estarem os insetos dispersos ao acaso, afastando-se a distribuição amostral da distribuição de Poisson.

Calculamos então as estatísticas referentes as seguintes distribuições: NEYMAN "A", PÓLYA-AEPPLI e BINOMIAL NEGATIVA.

Segundo *ASCOMBE (1950)* a distribuição Neyman "A" representa populações de insetos observados logo após eclodirem dos ovos, que foram postos em agrupamentos de tamanho fixo. A de Pólya-Aeppli descreve populações observadas algum tempo após a eclosão, tendo os ovos sido postos por adultos que voaram ao acaso na área amostrada, todos a uma mesma época. Se os adultos voaram ao acaso na área, mas tiveram distribuição uniforme no tempo, a Binomial Negativa é a que melhor descreverá a população.

4.2.1. Notação

- N - Número total de colmos amostrados.
- nr - Número de colmos com r insetos.
- m - Média da amostra.
- s² - Variância da amostra.
- a - Estatística das distribuições, calculada utilizando-se a proporção de amostras sem insetos e a média.
- U - Estatística das distribuições que representa a diferença entre a estimativa amostral da variância e seu valor esperado, calculado através de a.
- Fer - Frequência esperada para r insetos por colmo.
- Pr - Probabilidade de observar colmos com r insetos.

4.2.2. Formulário

Para estimativa dos parâmetros das distribuições adotou-se o método 2 sugerido por EVANS (1953), já que as estimativas preliminares de m e a indicaram uma maior eficiência desse método.

Distribuição Neyman tipo A

Estimativa de a:

$$\frac{1 - e^{-\hat{a}}}{\hat{a}} = \frac{L(N/no)}{m} \dots \dots \dots (1)$$

Estimativa de U:

$$\hat{U} = s^2 - m(1 + \hat{a}) \dots \dots \dots (2)$$

$$Nvar(U) \approx 2 m^2 \{ (1+a)^2 - (a^2/\beta) \} + ma \{ 2+a - \frac{a}{1+a} \left(\frac{(1+a)\alpha}{(1+a)\alpha-1} \right)^2 \} + \frac{a^4}{\beta^2} \{ e^{\alpha m} - 1 \}$$

sendo:

$$\alpha = \frac{(1-e^{-a})}{a} \quad e \quad \beta = 1 - (1+a) e^{-a} \dots \dots \dots (3)$$

Estimativa da frequência esperada:

$$Fe_r = N \left\{ \frac{me^{-a}}{r+1} \sum_{u=0}^r \frac{a^u}{u!} P_{r-u} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

Distribuição de Polya-Aeppli

Estimativa de a :

$$\hat{a} = \left\{ \frac{2m}{L(N/no)} \right\} - 2 \dots \dots \dots (5)$$

Estimativa de U :

$$\hat{U} = s^2 - \hat{m} (1 + \hat{a}) \dots \dots \dots (6)$$

$$N \text{ var } (U) \approx \frac{(2+a)^4}{4} \{e^{2m/(2+a)} - 1\} - 2(1+a) (2+a)m + (a^2 - 2) m^2 \dots \dots (7)$$

Estimativa da frequência esperada:

$$Fe_0 = N \exp \left\{ -\frac{2m}{2+a} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

$$Fe_r = \left[\left\{ \exp \left(-\frac{2m}{2+a} \right) \right\} \left\{ \frac{4m}{(2+a)^2} \right\}^r \left\{ \sum_{s=0}^{r-1} \frac{(r-1) x^s}{(r-s)!} \right\} \right] \dots \dots \dots (9)$$

onde:

$$x = \frac{(1/4)a (2+a)}{m}$$

Distribuição binomial negativa

(Parâmetro $k = m/a$)

Estimativa de a :

$$\frac{\hat{a}}{L(1+\hat{a})} = \frac{m}{L(N/no)} \dots \dots \dots (10)$$

Estimativa de U :

$$(\hat{U} = s^2 - \hat{m} (1+\hat{a}))$$

$$N \text{ var}(U) \approx 2m(m+a)(1+a) \left\{ \frac{(1+a)^2 L(1+a) - a(1+2a)}{(1+a)L(1+a) - a} \right\} + \frac{(1+a)a^4}{[(1+a)L(1+a) - a]^2} \dots \dots \dots$$

$$\{(1+a)^{1+(m/a)} - (m+1-a)\} \dots \dots \dots (11)$$

Estimativa da frequência esperada:

$$Fe_0 = N(1+a)^{-m/a} \dots \dots \dots (12)$$

$$Fe_r = N \left[\{(1+a)^{-m/a}\} \binom{(m/a) + r - 1}{r} \left(\frac{m}{m+m/a} \right)^r \right] r > 0 \dots \dots (13)$$

4.2.3. Teste das distribuições

Após a estimativa dos parâmetros testamos a validade das distribuições em cada mês de levantamento, através de um teste t, com infinitos graus de liberdade.

$$t = (\hat{U}-0/(s^2(\hat{U}))^{(1/2)}) \dots \dots \dots (14)$$

Através das frequências observadas e esperadas realizamos também o teste de aderência X^2 . A título de comprovação fizemos este mes

mo teste para a distribuição de Poisson.

4.2.4. Estimativa do expoente k comum (k_c) da distribuição binomial negativa

Como é de se esperar, amostras que apresentem distribuição B.N., retiradas de diferentes áreas e/ou diferentes épocas não apresentam o mesmo valor de k. Um k comum para a população estudada é utilizado na transformação dos dados para estabilização da variância e no planejamento de amostragem seqüencial.

PERECIN (1978) discute extensivamente, os métodos existentes para estimativa de k_c . No presente caso utilizamos o método da regressão, proposto por BLISS e OWEN (1958).

Para cada amostra (mês), calculamos duas estatísticas:

$$x' = m - (s^2/N) \dots \dots \dots (15)$$

$$y' = s^2 - m \dots \dots \dots (16)$$

A estimativa de k_c pôde, então, ser feita através de:

$$1/k_c = \Sigma y' / \Sigma x' \dots \dots \dots (17)$$

A homogeneidade das amostras foi testada locando-se $1/k_c$ contra $\log m$.

4.3. Planejamento de amostragem sequencial

A utilização da amostragem sequencial está na possibilidade de se minimizar o número de unidades amostrais, mantendo-se constante a probabilidade de erro. Esse método pode ser bastante utilizado na tomada de decisão para aplicação de alguma técnica de controle para praga.

O método que adotamos para planejar a amostragem sequencial para *D. saccharalis* é o descrito por *SOUTHWOOD (1976)*.

Após o cálculo de k_c , formulamos hipóteses para três níveis de infestação:

H_0 : infestação baixa - 5 lagartas por 100 colmos ($m = 0,05$).

H_{a1} : infestação moderada - 10 lagartas por 100 colmos.
($m = 0,10$).

H_{a2} : infestação alta - 20 lagartas por 100 colmos ($m = 0,20$).

Escolhemos a seguir as probabilidades aceitáveis de erro:

Erro alfa: aceitar H_{a1} quando H_0 representa a situação real, ou aceitar H_{a2} quando H_{a1} representa a situação real. Probabilidade 0,05.

Erro beta: aceitar H_0 quando H_a é a hipótese correta ou aceitar H_{a1} quando o certo seria H_{a2} . Probabilidade 0,05.

A partir das médias e de k_c estimamos os seguintes parâmetros para cada hipótese:

$$p = kp/k$$

$$q = 1 + p$$

sendo:

$$k = kc$$

$$m = kp$$

Calculamos, então, as linhas que demarcam as áreas de aceitação e rejeição de cada hipótese. Testando H_0 contra H_{a1} teremos:

$$d_0 = h_0 + \theta N \dots \dots \dots (18)$$

$$d_1 = h_1 + \theta N \dots \dots \dots (19)$$

onde:

d = Número acumulado de insetos encontrado (ordenada).

N = Número de colmos amostrados (abscissa).

θ = Inclinação das linhas de aceitação e rejeição, dada por:

$$\theta = k \frac{\log (q_1/q_0)}{c \log (p_1.q_0/p_0.q_1)} \dots \dots \dots (20)$$

ho, h₁ = pontos intersecção em d das linhas de aceitação de Ho e Ha₁ respectivamente, dados por:

$$h_0 = \frac{\log \{ \beta / (1-\alpha) \}}{\log \{ p_1.q_0/p_0.q_1 \}} \dots \dots \dots (21)$$

$$h_1 = \frac{\log \{ (1-\beta) / \alpha \}}{\log \{ p_1.q_0/p_0.q_1 \}} \dots \dots \dots (22)$$

Se os valores das probabilidades alfa e beta forem iguais, teremos:

$$h_0 = |h_{a1}|$$

Calculados todos os parâmetros, construímos o gráfico de amostragem sequencial.

4.4. Estudo da diapausa

A ocorrência de diapausa em lagartas de último instar da *D. saccharalis* foi apontada, no Brasil, por diversos autores (BERGAMIN, 1949; GALLO et alii, 1970; BERTELS, 1970; WALDER, 1976; SGRILLO et alii, 1977a).

Propomos a seguir um método analítico para estimativa da

percentagem de lagartas em diapausa no campo.

Sabe-se que, quando um determinado estágio de um inseto paralisa seu desenvolvimento, o número de indivíduos nesse estágio deve au-mentar, em relação aos indivíduos da fase antecedente.

No caso da *D. saccharalis* as lagartas grandes (L_2) que sofrem diapausa em uma certa época do ano, paralisam seu desenvolvimento, não transformando-se em pupas. No entanto, as lagartas pequenas (L_1) continuam a se desenvolver, transformam-se em lagartas grandes. Consequen-temente, o número de L_2 aumenta, quando comparado com o de L_1 . O método que propomos tem base na análise dessa taxa de aumento.

Calculamos para cada mês, com o total de lagartas amostra-das nas quatro regiões, um índice, representado por:

$$i = \left(\frac{NL_1 + 0,5}{NL_2 + 0,5} \right)^{0,5} \dots \dots \dots (23)$$

Esse índice i permanece mais ou menos constante nos meses em que não há diapausa. Quando essa começa a ocorrer, i decresce brusca-mente até o mês em que os insetos retomem o desenvolvimento, voltando ao seu valor original nos meses restantes.

Em um gráfico locamos os valores de $\log i$ contra os meses correspondentes obtendo, basicamente, três retas de inclinações distin-tas:

Reta 1 - Valor de i aproximadamente constante (janeiro a abril). Lagartas não estão em diapausa.

Reta 2 - Valor de i decresce bastante (abril a julho) indi-cando aumento das lagartas em diapausa.

Reta 3 - Valor de i cresce (julho a setembro) indicando o fim da diapausa.

A área compreendida entre o prolongamento da reta 1 e a re-ta 2 indica, indiretamente, a percentagem de lagartas em diapausa.

Para essa estimativa, calculamos a equação representativa da reta 1, estimando, no seu prolongamento, os valores de i , a partir dos quais calculamos as percentagens de L_2 que deveriam haver se não houvesse diapausa. Deduzimos então, da equação 23, a seguinte:

$$Y = \frac{100,5 - 0,5 i^2}{1 + i^2} \dots \dots \dots (24)$$

onde:

Y = Percentagem de lagartas em diapausa.

As percentagens de L_2 existentes realmente no campo (calculadas através dos valores de i da reta 2) subtraídas das percentagens de L_2 que deveriam haver se não houvesse diapausa (prolongamento de reta 1), indicam as percentagens de lagartas em diapausa por mês.

Para inferirmos a influência da temperatura e fotoperíodo na indução da diapausa, estimamos, para cada uma dessas variáveis, os parâmetros de equações da seguinte estrutura:

$$Y = \frac{Y_{\max}}{1 + e^{a+bx}} \dots \dots \dots (25)$$

onde:

Y_{\max} = Percentagem máxima de lagartas em diapausa, arbitrariamente fixado em 50.

X = Variável independente considerada (temperatura ou fotoperíodo).

Calculamos então, a regressão múltipla da forma seguinte:

$$Y = A + B \left(\frac{Y_{\max}}{1 + e^{a+bx_1}} \right) + C \left(\frac{Y_{\max}}{1 + e^{a_1+b_1x_2}} \right) \dots \dots \dots (26)$$

onde:

x_1 e x_2 = Variáveis independentes (temperatura e fotoperíodo, respectivamente).

4.5. Determinação da constante térmica

O produto da temperatura efetiva pela duração do desenvolvimento, produz uma constante, chamada de constante térmica, medida em graus dias. Para seu cálculo é necessário o conhecimento da temperatura base, ou seja, da temperatura mínima necessária para haver desenvolvimento.

Para determinação dessa temperatura, utilizamos o método descrito por *DAJOS (1973) e SILVEIRA NETO et alii (1976)*.

Locamos em um gráfico, a duração do desenvolvimento da *Diatraea saccharalis* em cinco diferentes temperaturas, utilizando os dados de *JASIC (1967b)*.

Estimamos, então, os parâmetros da função entre essas duas variáveis, com a seguinte estrutura:

$$D = (a + b \log t)^{-1} \dots \dots \dots (27)$$

onde:

D = Duração do desenvolvimento (dias).

t = Temperatura (°C).

Dando valores a t, calculamos o número de gerações possíveis em 360 dias, a cada temperatura, locando os resultados em gráfico.

Utilizando os dados da parte linear da curva estimamos os parâmetros da equação que expressa essa relação:

$$(360/d) = a + b t \dots \dots \dots (28)$$

onde:

360/d = Número de gerações anuais.

A temperatura base é aquela indicada pelo ponto onde a reta da equação acima corta o eixo das abcissas.

Conhecendo a temperatura base e através da equação de Reamur, dado por:

$$K = d (t - t_b) \dots \dots \dots (29)$$

onde:

K = Constante térmica (Graus Dias).

t_b = Temperatura base.

calculamos o valor de K para temperaturas entre 17°C e 25°C, com intervalos de 1°C, adotando como valor final a média dos valores obtidos.

4.5.1. Utilização da constante térmica para estágio que sofre diapausa

Para um estágio em diapausa, mesmo existindo Graus Dias suficientes para a continuidade do desenvolvimento, este é interrompido.

Quando se considera uma população de insetos onde a percentagem de indivíduos que entram em diapausa é regulada por certas variáveis, torna-se necessário corrigir (reduzir) a quantidade de Graus Dias disponíveis em função dessas variáveis.

No presente caso, consideramos a temperatura e fotoperíodo como indutores da diapausa. Como uma redução na temperatura já implica em uma redução no número de Graus Dias disponíveis, utilizamos somente o fotoperíodo para a correção, que foi feita da seguinte maneira:

$$GD_c = GD \times \left(1 - \frac{1}{1 + e^{a+bx}}\right) \dots \dots \dots (30)$$

onde a e b são os mesmos parâmetros da equação 25.

GD_c = Graus Dias corrigidos.

x = Fotoperíodo.

4.6. Estimativa das mortalidades

A mortalidade dos indivíduos de cada estágio de uma determinada população de insetos, é normalmente, calculada através do uso de tabelas de vida. A diferença existente entre o número de insetos em estágios sucessivos, fornece indicação dos indivíduos que morreram em cada estágio (HARCOURT, 1969; VARLEY e GRADWELL, 1970).

Para o cálculo das mortalidades, adotamos procedimento semelhante, utilizando a seguinte equação:

$$M_{1(k)} = A + B \left[\frac{N_{1(i)} + 0,5}{N_{2(j)} + 0,5} \right]^{0,5} \dots (31)$$

onde:

$M_{1(k)}$ = Percentagem de mortalidade dos indivíduos do estágio 1, na semana k.

$N_{1(i)}$ = Número de insetos no estágio 1, na semana i.

$N_{2(j)}$ = Número de insetos no estágio 2, na semana j.

i = Semana de origem (1, 2, 3,, n).

j = Semana em que os insetos do estágio 1, na semana i, transformam-se no estágio 2.

k = Semana em que ocorreu a mortalidade dos insetos no estágio 1. $k = (i + j) 0,5$

A e B = Parâmetros ajustados para o estágio considerado.

IM = Índice de mortalidade (termo entre parênteses na equação).

4.6.1. Cálculo de $N_{1(i)}$

Para cálculo de $N_{1(i)}$ interpolamos valores semanais aos valores dos levantamentos mensais, para cada região, considerando que cada

levantamento foi realizado na última semana de cada mês.

Como o período entre duas gerações consecutivas é de cerca de dois meses (GUEVARA, 1976; PRUNA, 1969), e a migração das formas imaturas não é expressiva (HUMMELEN, 1974), as oscilações populacionais não devem ser significativas entre dois meses consecutivos e, portanto, pode-se supor uma variação aproximadamente linear entre os valores dos levantamentos mensais.

Para evitar o problema de oscilações quando a população de adultos foi considerada, somou-se as coletas diárias, obtendo-se as coletas mensais, interpolando-se, as semanais.

4.6.2. Cálculo de $N_2(j)$

Inicialmente determinamos a semana j correspondente a semana i , calculando a quantidade de Graus Dias para os insetos de um estágio passar ao estágio seguinte, utilizando a seguinte equação:

$$dGD_{(1-2)} = (GD_g \cdot P_{(1-2)}) / P_g \dots \dots \dots (32)$$

onde:

$dGD_{(1-2)}$ = Graus Dias necessários para o indivíduo do estágio 1 passar para o estágio 2.

GD_g = Graus Dias necessários para o inseto completar uma geração.

P_g = Duração do desenvolvimento para uma geração.

$P_{(1-2)}$ = Período entre os estágios 1 e 2.

Através das médias das temperaturas máximas e das mínimas, com o conhecimento da temperatura base e utilizando-se as equações propostas por VILA NOVA *et alii* (1972), calculamos o total de Graus Dias acu

mulados no fim de cada mês, interpolando os valores semanais.

Aos Graus acumulados até a semana i , somamos os dGD obtendo um novo valor de Graus Dias acumulados, através do qual calculamos a semana j e os N_2 correspondentes.

4.6.3. Cálculo de A e B

Tendo obtido os valores $N_{1(i)}$ e $N_{2(j)}$ calculamos o índice de mortalidade IM. A fim de transformá-lo em percentagem de mortalidade estabelecemos, com base na literatura, valores máximos e mínimos, em cada estágio. Calculamos então os valores dos parâmetros A e B através das seguintes equações:

$$A = ((M_{Max}/I_{M_{Max}}) - (M_{Min}/I_{M_{Min}})) \cdot ((I_{M_{Max}} \cdot I_{M_{Min}}) / (I_{M_{Min}} - I_{M_{Max}})) \dots (33)$$

$$B = (M_{Max} - M_{Min}) / (I_{M_{Max}} - I_{M_{Min}}) \dots \dots \dots (34)$$

onde:

M_{Max} = Mortalidade máxima do estágio considerado.

M_{Min} = Mortalidade mínima do estágio considerado.

$I_{M_{Max}}$ = Índice de Mortalidade máximo para o estágio considerado.

$I_{M_{Min}}$ = Índice de mortalidade Mínimo para o estágio considerado.

4.6.4. Cálculo da mortalidade mensal

Através das médias das mortalidades semanais ($M_{1(k)}$) calculou-se as mortalidades mensais, para cada estágio e para cada região.

4.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima

Estimamos a probabilidade de fecundidade máxima através da equação seguinte:

$$PF_{Max} = (N_{1(g1)} \cdot S_1 \cdot S_2, \dots, S_n \cdot Pf \cdot F_{Max})^{-1} \cdot N_{1(g2)} \dots \dots \dots (35)$$

onde:

PF_{Max} = Probabilidade de Fecundidade Máxima.

$N_{1(g1)}$ = Número de insetos do estágio 1, na geração 1.

S_1, S_2, \dots, S_n = Sobrevivência dos estágios 1, 2, ..., n.

Pf = Proporção de fêmeas.

F_{Max} = Fecundidade Máxima.

$N_{1(g2)}$ = Número de insetos do estágio 1 na geração 2.

Para aplicação dessa equação, utilizamos o seguinte procedimento:

a) Cálculo de $N_{1(g1)}$

O mesmo procedimento adotado para o cálculo de $N_{1(i)}$.

b) Cálculo de S_i

A partir das percentagens de mortalidade por semana, calculamos a sobrevivência semanal de cada estágio através da seguinte fórmula:

$$S_i = 1 - (100/M_i) \dots \dots \dots (36)$$

onde: S_i = Sobrevivência do estágio i considerado (probabilidade).
 M_i = Mortalidade percentual do estágio i considerado.

As semanas consideradas para a estimativa da sobrevivência de cada estágio foram calculadas com procedimento semelhante ao utilizado para o cálculo de $N_2(j)$. Quando o estágio considerado foi o de lagarta grande, utilizamos os Graus Dias corrigidos.

e) Cálculo de $N_1(g_2)$

Calculamos $N_1(g_2)$ somando aos Graus Dias acumulados da semana de origem os necessários para os insetos completarem uma geração. Calculamos então a semana correspondente a esses Graus Dias e os respectivos N_1 .

d) Cálculo da probabilidade de fecundidade máxima mensal

Através das médias da probabilidade de fecundidade máxima semanal calculamos a mensal, para cada região.

4.8. Desenvolvimento dos sub-modelos

Para o desenvolvimento dos sub-modelos, analisamos as mortalidades mensais de cada estágio e de cada região e a probabilidade de fecundidade máxima juntamente com os dados climáticos, tamanho das populações de cada estágio, e de predadores. Para essa análise, utilizamos dois métodos.

4.8.1. Método da regressão linear múltipla

Utilizamos o programa REG M3 de autoria do Dr. Vivaldo F. da Cruz, do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, com a processadora IBM 1130, do Centro de Processamento de Dados, da mesma Escola.

Esse programa estima os parâmetros da regressão múltipla:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \dots \dots \dots (37)$$

onde Y é a variável dependente e X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes. B_0 representa o valor de Y quando todas as variáveis independentes tem valor zero. B_1, B_2, B_n são os coeficientes de regressão das variáveis independentes.

No primeiro passo o programa calcula a regressão múltipla com todas as variáveis e testa se cada parâmetro B é diferente de zero, através de um teste "t". Retira, então, da regressão, a variável não significativa para qual "t" teve menor valor absoluto. Calcula nova regressão, com as variáveis restantes, e assim sucessivamente. Ao final, só permanecem na regressão as variáveis que contribuíram significativamente para explicar a variação de Y. A cada passagem o programa apresenta, também, a análise da variância da regressão, o valor do coeficiente de correlação e de determinação, o erro de B e o coeficiente de variação de \hat{Y} . Finalmente apresenta os valores observados e os calculados, com seus intervalos de confiança.

Consideramos as mortalidade de cada estágio e a probabilidade de fecundidade máxima como variáveis dependentes e as outras (climáticas, predadores, etc.), como independentes.

Foram processados 48 grupos de variáveis, correspondendo cada grupo as variáveis de um mês do ano, de cada região estudada.

4.8.2. Método alternativo

Visando o mesmo tipo de análise, apresentado anteriormente, utilizamos o método alternativo descrito a seguir:

a) Analisamos, graficamente, a relação entre cada variável independente e a dependente, inferindo, a estrutura da função mais adequada (exponencial, recíproca, etc.) para representar a relação entre elas.

b) Calculamos as regressões, lineares ou não, entre cada variável independente e a dependente, com os respectivos coeficientes de determinação.

c) Calculamos as estimativas de Y (\hat{Y}) utilizando a variável independente que apresentou maior coeficiente de determinação em b, obtendo:

$$\hat{Y}_{(X_j)} = a_j + b_j (X_j) \dots \dots \dots (38)$$

onde o subscrito de \hat{Y} indica a variável que foi utilizada para seu cálculo, e os parênteses em X_j indicam que esta variável pode estar transformada.

d) Calculamos os resíduos (desvios) utilizando o \hat{Y} calculado em c.

e) Analisamos, graficamente, a relação entre cada variável independente restante e o resíduo (calculado em d) transformando, se necessário, as variáveis independentes.

f) Calculamos as regressões simples entre cada variável independente, transformada, ou não e os respectivos coeficientes de determinação, obtendo para a variável mais significativa:

$$\hat{Y}_{(X_j, X_k)} = a_j + a_k + b_j (X_j) + b_k (X_k) \dots \dots \dots (39)$$

g) Voltamos em c, calculando as novas estimativas, os resíduos e etc., e assim por diante, até que todas as variáveis independentes que contribuem significativamente na redução do resíduo tenham entrado na equação. Deve-se notar que, utilizando-se este método, quando se introduz uma nova variável na regressão, esta estará explicando parte da variação de Y que não foi explicada pelas variáveis que já constavam na regressão.

4.9. Técnica do indivíduo estéril

4.9.1. Esterilização dos adultos

Os insetos utilizados para este teste foram provenientes da criação de *D. saccharalis* do Setor de Entomologia do CENA. A dieta e metodologia utilizadas na criação foram descritas por *SGRILLO et alii* (1977b).

Colocamos pupas, machos e fêmeas, após sexagem, em caixas plásticas separadas, com vermiculite umidecida no fundo e tampadas com te la.

Diariamente, recolhíamos os machos que haviam emergidos e os colocávamos em sacos plásticos individuais com um pedaço de algodão ume decido, após o que, eram irradiados.

Em seguida à irradiação em cada saco colocávamos uma fêmea virgem, da mesma idade do macho.

Anotávamos, diariamente, o número de machos e fêmeas mortas. Dissecávamos as fêmeas mortas, anotando o número de espermátóforos encontrados. Quando o macho morria, abríamos os sacos plásticos, anotando o total de ovos postos, o número de ovos férteis e o número de larvas eclodidas.

Para o tratamento dos machos utilizamos um irradiador de ^{60}Co tipo "Gammabeam 650" fabricado pela Atomic Energy of Canada, com 20.000 Ci, na época do experimento. Utilizamos doses que variaram de 0 a 50 krad, em intervalos de 5 krad, com taxa de 350 krad/hora.

Para a testemunha (dose zero) utilizamos 48 repetições e para as outras doses, 22 ou 23 repetições.

Após a obtenção dos dados, calculamos, para cada tratamento: longevidade média, fecundidade, espermátóforos por fêmeas, porcentagens de machos que copularam, mutações letais dominantes, infertilidade e

inviabilidade através das seguintes equações:

$$NF = 100 - \frac{100 \cdot \Sigma OF}{\Sigma OP} \dots \dots \dots (40)$$

$$MLD = 100 - \frac{100 \cdot \Sigma LE}{\Sigma OF} \dots \dots \dots (41)$$

$$NV = 100 - \frac{100 \cdot \Sigma LE}{\Sigma OP} \dots \dots \dots (42)$$

onde:

NF = Percentagem de ovos não férteis.

MLD = Percentagem de ovos com mutações letais dominantes.

NV = Percentagem de ovos não viáveis.

OP = Ovos postos.

OF = Ovos férteis.

LE = Larvas eclodidas.

Os resultados obtidos foram analisados através de regressão.

4.9.2. Sobrevivência dos adultos

Visando planejar o intervalo das liberações dos insetos úteis no campo, analisamos a sobrevivência dos adultos utilizados no experimento anterior.

Normalmente a análise da sobrevivência é feita através de tabelas de mortalidade, onde o resultado final, e_x , apresenta a esperança de vida que possuem os animais sobreviventes até a idade x .

Achamos mais conveniente, no entanto, utilizar curvas de sobrevivência que representam a probabilidade dos insetos sobreviverem até a idade x , como uma função de x . Para isso escolhemos a distribui-

ção de Weibull. Se a variável continua x, segue essa distribuição a probabilidade de se observar um valor igual ou menor do que um específico x é dado pela seguinte distribuição de frequência:

$$F(x) = 1 - e x p \left\{ - \left(\frac{x}{b}\right)^c \right\} (43)$$

para x, c, b > 0

onde b e c são, respectivamente, os parâmetros de escala e forma (PINDER et alii, 1978).

Quando c for maior do que 1, teremos uma curva de sobrevivência tipo I, onde a taxa de mortalidade aumenta com x; quando c for igual a 1 teremos uma curva tipo II, onde a taxa de mortalidade permanece constante com a idade; quando c for menor do que 1 teremos uma curva tipo III, onde a taxa de mortalidade diminui com a idade.

A longevidade média é determinada por c e b (PINDER et alii, 1978).

$$b \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{c} \right) (44)$$

Existem alguns métodos para a estimativa de c e b e seus intervalos de confiança (MENON, 1963; ENGELHARD, 1975). Acharmos mais simples transformar $F(x)$ e x de maneira que $F(x)$ se torne uma função linear de x e obter as estimativas de c e b através do método do mínimo quadrado, transformando os dados originais de sobrevivência em probabilidades.

Verificamos a validade da distribuição de Weibull para descrever a sobrevivência de adultos da *D. saccharalis* através de teste X^2 .

4.9.3. Liberação dos insetos estéreis

Para a aplicação da TIE o número de insetos estéreis no campo deve permanecer acima de um determinado nível, durante um certo tem

po, o que se consegue através de liberações periódicas dos insetos no campo.

O intervalo entre as liberações depende do período em que os insetos permanecem sexualmente competitivos.

O número de insetos a serem liberados de cada vez será função do número de insetos estéreis que se quer manter no campo e de sua sobrevivência durante o período em que permanecem competitivos.

Se N , o número de insetos que se deve manter no campo e P a probabilidade de sobreviverem durante um certo período de tempo, teremos:

Nº da liberação	Nº de insetos a serem liberados
1	N
2	$N - (NP)$
3	$N - (N - (NP)P)$
4	$N - (N - ((NP)P)P)$
.....

Desenvolvendo as equações acima, teremos:

Nº da liberação	Nº de insetos a serem liberados
1	NP^0
2	$NP^0 - NP^1$
3	$NP^0 - NP^1 + NP^2$
4	$NP^0 - NP^1 + NP^2 - NP^3$

ou, dividindo por N :

Nº da liberação	Nº de insetos a serem liberados
1	$N(P^0)$
2	$N(P^0 - P^1)$
3	$N(P^0 - P^1 + P^2)$
4	$N(P^0 - P^1 + P^2 - P^3)$

de onde deduzimos a expressão geral:

$$N1_{(n)} = N \cdot \sum_{i=0}^{n-1} (-P)^i \dots \dots \dots (45)$$

onde:

$N1_{(n)}$ = Número de insetos a serem liberados na enésima soltura.

O número total de insetos a serem liberados após n liberações, é obtido somando-se o número de insetos liberados de cada vez, o que resulta na seguinte expressão geral:

$$NT_{(n)} = N \cdot \sum_{i=0}^n (n-i) (-P)^i \dots \dots \dots (46)$$

onde:

$NT_{(n)}$ = Número total de insetos liberados após n liberações.

4.9.4. Efeito dos insetos estéreis na população natural

Em uma população onde existem machos e fêmeas, normais e estéreis, existem quatro possibilidades de cópula:

$$(Mn \times Fn) : (Mn \times Fe) : (Me \times Fn) : (Me \times Fe)$$

onde:

- Mn = Machos normais.
- Me = Machos estéreis.
- Fn = Fêmeas normais.
- Fe = Fêmeas estéreis.

Considerando-se que os cruzamentos onde participam machos e/ou fêmeas estéreis resultem sempre em ovos não viáveis e que os insetos estéreis apresentem sempre a mesma competitividade sexual e comportamento que os normais, a probabilidade de ovos viáveis será dada por:

$$P = \frac{(Mn \times Fn)}{(Mn \times Fn) + (Mn \times Fe) + (Me \times Fn) + (Me \times Fe)} \dots (47)$$

Se a razão sexual nas populações normais e estéreis for 0,5 ou seja, Mn = Fn e Me = Fe, teremos:

$$P = \frac{An^2}{An^2 + (An \times Ae) + (Ae \times An) + (Ae \times Ae)} \dots (48)$$

onde:

An = Adultos normais (machos + fêmeas).

Ae = Adultos estéreis (machos + fêmeas).

Operando o divisor da equação acima, teremos:

$$P = \frac{An^2}{An^2 + 2AnAe + Ae^2} \dots (49)$$

e, operando novamente o divisor:

$$P = \frac{An^2}{(An + Ae)^2} \dots (50)$$

Assim, o número de ovos postos, multiplicado pela probabilidade P de ovos viáveis, indicará o número provável de larvas eclodidas.

4.9.5. Simulação da TIE

Simulamos a Técnica do Indivíduo Estéril utilizando o se-

guinte modelo:

$$(A_n + A_e) \cdot SA \cdot PF \cdot F_{Max} \cdot P_{FMax} \left(\frac{A_n^2}{(A_e + A_n)^2} \right) \cdot SL_1 \cdot SL_2 \cdot Sp \dots \dots \dots (51)$$

⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A	B	C	D	E

O procedimento para operação dessa equação foi:

A_n: Número de adultos normais por hectare, na primeira geração, valor introduzido no modelo. Consideramos como início da primeira geração a primeira semana de setembro (semana 1), com 20 insetos/ha, valor que cresceu de mais 20 insetos semanais até a sexta semana, decrescendo então, com a mesma taxa até a 12.^a semana. Visamos, dessa maneira, reproduzir o pico populacional natural que normalmente ocorre em torno de setembro.

A_e: Número de adultos estéreis por hectare, liberados no campo. Fizemos três simulações: a primeira, simulando o desenvolvimento normal da população dos insetos, isto é, sem a liberação de indivíduos estéreis; a segunda, simulando a liberação de insetos estéreis em número igual aos existentes no campo, de setembro a abril; finalmente, simulamos a liberação de nove indivíduos estéreis para cada normal, somente durante a primeira geração.

SA: Sobrevivência dos adultos. Obtida através da aplicação da equação 36 no sub-modelo para as mortalidades de adultos. Demos as variáveis independentes valores correspondentes a média das regiões estudadas, para cada semana considerada.

PF: Proporção de fêmeas na população, obtida da literatura.

F_{Max}: Fecundidade máxima. Valor obtido da literatura.

P_{FMax}: Probabilidade de fecundidade máxima, calculada com

procedimento semelhante ao adotado para o cálculo de SA.

A: A operação da equação até esse ponto produz a estimativa de ovos postos.

$An^2 / (An + Ae)^2$: Efeito dos insetos estêreis, conforme visto no ítem 4.9.4.

B: A operação da equação até esse ponto produz a estimativa da população de lagartas pequenas (L_1).

SL_1 : Sobrevivência de lagartas pequenas, calculada com o mesmo procedimento utilizado para o cálculo de SA.

C: A operação da equação até esse ponto produz a estimativa da população de lagartas grandes.

SL_2 : Sobrevivência de lagartas grandes estimadas através do mesmo procedimento utilizado para cálculo de SA.

D: A operação da equação até esse ponto produz a estimativa da população de pupas.

SP : Sobrevivência de pupas, estimada através do mesmo procedimento utilizado para o cálculo de SA.

E: A operação da equação até esse ponto produz a estimativa da população de adultos na segunda geração.

O número de adultos estimados para a segunda geração foi introduzido novamente no início da equação, obtendo-se, com sua operação, os valores referentes a terceira geração.

Operamos a equação em duas fases: de início calculamos a semana em que ocorreria cada estágio, a partir das semanas de origem, com

procedimento semelhante ao adotado para cálculo da semana j em 4.6.2. (pg. 33); em seguida, operamos os sub-modelos, utilizando como valores das variáveis independentes os referentes a semana considerada.

5. RESULTADOS

5.1. Amostragem

Na tabela 1 constam os totais de predadores amostrados por mês, nas regiões estudadas.

Tabela 1.a - Total de predadores amostrados por mês. Região de Ribeirão Preto, São Paulo.

MESES	CARABIDAE	STAPHILYNIDAE	DERMAPTERA	FORMICIDAE
J	1.465	246	123	-
F	75	73	15	-
M	28	55	73	38
A	0	33	21	11
M	0	5	0	8
J	0	0	0	10
J	0	1	0	5
A	7	6	0	3
S	78	12	0	6
O	203	48	0	14
N	143	40	0	9
D	-	-	-	2

Tabela 1.b - Total de predadores amostrados por mês. Região de Jau, São Paulo.

MESES	CARABIDAE	STAPHILYNIDAE	DERMAPTERA	FORMICIDAE
J	5	7	5	-
F	212	100	14	-
M	7	16	5	19
A	4	16	10	19
M	1	8	0	11
J	0	1	0	9
J	0	0	0	4
A	1	0	0	7
S	-	0	0	6
O	-	-	-	5
N	86	18	12	1
D	-	-	-	2

Tabela 1.c - Total de predadores amostrados por mês. Região de Piracicaba, São Paulo.

MESES	CARABIDAE	STAPHILYNIDAE	DERMAPTERA	FORMICIDAE
J	286	454	81	-
F	6	28	5	-
M	14	69	12	32
A	3	15	12	27
M	0	1	0	27
J	0	0	2	17
J	-	-	-	5
A	5	1	0	6
S	14	1	0	13
O	54	15	5	10
N	61	21	98	4
D	124	85	68	3

Tabela 1.d - Total de predadores amostrados por mês. Região de Araraquara, São Paulo.

MESES	CARABIDAE	STAPHILYNIDAE	DERMAPTERA	FORMICIDAE
J	-	-	-	-
F	-	-	-	-
M	-	-	30	19
A	-	-	15	15
M	-	-	21	28
J	-	-	29	11
J	-	-	3	6
A	-	-	10	9
S	-	-	11	13
O	-	-	1	5
N	-	-	3	0
D	-	-	2	3

Os dados referentes aos totais de lagartas pequenas, lagartas grandes, pupas e adultos da *D. saccharalis* amostrados por mês, nas regiões estudadas constam na tabela 2.

Tabela 2.a - Totais de formas imaturas e adultos da *D. saccharalis* amostrados por mês na região de Ribeirão Preto, São Paulo.

MESES	LAGARTAS PEQUENAS	LAGARTAS GRANDES	PUPAS	ADULTOS
J	68	17	0	4
F	9	14	0	27
M	45	13	1	35
A	12	17	0	4
M	4	36	0	4
J	0	10	0	12
J	3	13	0	19
A	14	8	2	12
S	16	8	0	33
O	14	17	0	18
N	16	22	1	33
D	19	23	0	14

Tabela 2.b - Totais de formas imaturas e adultos da *D. saccharalis* amostrados por mês na região de Jaú, São Paulo.

MESES	LAGARTAS PEQUENAS	LAGARTAS GRANDES	PUPAS	ADULTOS
J	10	0	0	13
F	7	5	0	9
M	20	3	0	16
A	27	21	0	5
M	5	17	1	2
J	2	16	2	1
J	2	19	2	14
A	6	5	1	12
S	19	5	1	29
O	13	25	0	17
N	19	5	1	17
D	16	5	0	28

Tabela 2.c - Totais de formas imaturas e adultos da *D. saccharalis* amostrados por mês na região de Piracicaba, São Paulo.

MESES	LAGARTAS PEQUENAS	LAGARTAS GRANDES	PUPAS	ADULTOS
J	35	7	3	4
F	4	6	4	3
M	26	14	0	11
A	12	19	0	8
M	14	20	1	3
J	7	25	1	1
J	4	13	0	5
A	4	4	1	16
S	31	1	4	35
O	35	25	0	11
N	24	26	2	12
D	25	17	1	14

Tabela 2.d - Totais de formas imaturas e adultos da *D. saccharalis* amostrados por mês na região de Araraquara, São Paulo.

MESES	LAGARTAS PEQUENAS	LAGARTAS GRANDES	PUPAS	ADULTOS
J	37	5	0	1
F	7	17	3	0
M	70	8	1	30
A	20	16	1	0
M	11	25	0	4
J	3	31	1	1
J	0	10	3	12
A	28	6	2	84
S	35	8	1	63
O	16	23	3	67
N	3	12	2	83
D	5	13	0	15

Na tabela 3 apresentamos os dados climáticos e a altura da cana, nas regiões estudadas.

5.2. Distribuição estatística das formas imaturas

Na tabela 4 constam as distribuições mensais de colmos com diferentes números de lagartas pequenas e grandes, referentes ao total das quatro regiões amostradas.

Tabela 4.a - Frequência mensal de colmos com diferentes números de lagartas pequenas. Total das amostragens das regiões estudadas.

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	615	54	14	7	5	3	2	0	0	0	0	0
F	677	20	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
M	595	71	25	4	0	2	3	0	0	0	0	0
A	648	43	4	3	1	0	0	1	0	0	0	0
M	676	16	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0
J	691	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	691	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	675	15	6	2	0	0	0	0	0	0	1	1
S	636	39	18	3	3	1	0	0	0	0	0	0
O	640	48	9	2	0	0	1	0	0	0	0	0
N	659	34	3	1	0	1	0	2	0	0	0	0
D	660	27	8	2	2	0	0	1	0	0	0	0

Tabela 4.b - Frequência mensal de colmos com diferentes números de lagartas grandes. Total das amostragens das regiões estudadas.

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO				
	0	1	2	3	4
J	675	22	2	1	0
F	662	35	2	1	0
M	667	28	5	0	0
A	634	57	8	1	0
M	616	73	11	0	0
J	626	67	6	1	0
J	647	51	2	0	0
A	680	17	3	0	0
S	679	20	1	0	0
O	628	57	13	1	1
N	643	50	6	1	0
D	656	32	11	0	1

Tabela 3.a - Dados climáticos mensais e altura da cana. Região de Ribeirão Preto, São Paulo.

MESES	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA ABSO- LUTA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA ABSO- LUTA (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÁ- XIMAS (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÍ- NIMAS (°C)	UMIDADE RELATI- VA (%)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	ALTURA DA CANA (cm)
J	23,6	34,8	16,2	30,5	18,9	78,9	200,8	153,0
F	22,2	31,5	15,0	28,0	18,2	83,1	314,7	154,7
M	22,9	32,7	13,0	29,5	17,8	80,0	212,2	133,6
A	21,8	32,2	11,6	28,8	16,2	74,8	42,0	130,0
M	19,3	30,2	10,3	26,0	14,2	76,5	110,9	163,1
J	18,8	29,2	7,7	26,2	11,9	68,0	16,9	159,9
J	17,9	29,7	6,1	24,7	11,8	66,6	104,1	160,0
A	20,0	31,5	8,2	26,9	14,2	66,9	102,6	136,9
S	20,4	33,4	12,4	26,4	15,2	73,6	134,5	96,2
O	22,1	33,4	12,7	28,6	16,1	69,7	127,7	93,2
N	23,2	33,3	12,9	29,3	17,5	73,2	187,2	81,4
D	22,8	32,5	14,1	28,2	18,6	82,6	290,5	94,4

Tabela 3.b - Dados climáticos mensais e altura da cana. Região de Jaú, São Paulo.

MESES	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA LUTA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA LUTA (°C)	TEMPERATURA ABSO LUTA (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÁ- XIMAS(°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÍ- NIMAS(°C)	UMIDADE RELATI- VA (%)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	ALTURA DA CANHA (cm)
J	24,1	34,3	14,8	19,7	29,9	14,8	76,5	185,7	64,8
F	22,4	30,9	15,0	18,6	27,8	15,0	81,8	273,8	115,2
M	22,9	32,4	11,8	18,1	29,3	11,8	76,9	169,6	150,2
A	20,8	31,7	12,2	16,2	26,9	12,2	75,9	109,7	153,3
M	18,4	28,3	9,2	14,0	24,1	9,2	79,4	110,0	141,4
J	12,5	28,5	7,8	11,8	24,6	7,8	70,2	77,5	152,5
J	16,9	30,5	6,2	11,5	23,4	6,2	70,7	69,2	163,8
A	19,1	30,4	8,6	13,3	25,4	8,6	69,4	93,6	149,9
S	18,8	29,7	8,9	13,6	24,5	8,9	75,0	143,6	150,1
O	20,7	32,0	10,5	15,1	27,6	10,5	71,2	118,7	125,6
N	23,0	33,2	12,6	17,2	29,2	12,6	70,1	117,5	34,3
D	22,9	32,5	14,1	18,6	28,2	14,1	80,6	281,0	63,9

Tabela 3.c - Dados climáticos mensais e altura da cana. Região de Piracicaba, São Paulo.

MESES	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA ABSO- LUTA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA ABSO- LUTA (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÁ- XIMAS (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÍ- NIMAS (°C)	UMIDADE RELATI- VA (%)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	ALTURA DA CANHA (cm)
J	23,9	36,0	13,0	30,7	20,5	79,5	295,2	89,6
F	22,4	30,5	16,0	27,7	19,1	71,3	287,0	139,5
M	23,2	33,0	12,0	28,8	18,8	68,0	140,9	150,9
A	19,9	31,0	9,0	26,3	14,6	85,3	19,2	173,5
M	17,2	28,0	6,0	23,0	12,6	90,5	46,4	189,7
J	15,9	28,0	7,0	23,8	9,2	83,8	61,8	186,0
J	14,2	29,0	5,0	22,1	9,3	86,4	77,7	169,2
A	17,5	30,0	5,0	24,6	11,5	79,8	61,4	173,4
S	18,9	31,0	9,5	23,9	12,9	79,5	124,8	135,3
O	20,2	33,0	10,5	26,9	15,2	76,4	168,3	83,3
N	22,6	32,9	14,0	29,5	17,2	75,3	127,4	91,6
D	22,9	32,4	14,7	28,6	19,2	82,6	191,4	74,1

Tabela 3.d - Dados climáticos mensais e altura da cana. Região de Araraquara, São Paulo.

MESES	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA ABSO LUTA (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÁXIMAS (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA ABSO LUTA (°C)	MÉDIA DAS TEMP. MÍNIMAS (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	ALTURA DA CANA (cm)
J	25,5	36,5	31,0	16,0	19,6	-	206,4	93,9
F	23,1	32,0	28,2	13,6	18,0	-	315,0	115,7
M	24,6	32,8	29,9	12,6	17,7	-	223,0	164,1
A	22,7	32,0	28,7	10,4	16,0	-	53,0	162,5
M	19,9	30,2	25,9	9,8	13,9	-	124,9	171,1
J	19,4	29,8	26,2	7,6	12,4	-	80,0	153,3
J	18,3	30,8	24,7	5,8	11,8	-	83,5	148,5
A	20,4	31,6	26,6	6,2	14,1	-	115,0*	145,4
S	19,9	32,0	25,5	11,0	14,4	-	115,5	152,6
O	21,5	34,0	28,9	10,0	15,1	-	175,0	113,4
N	24,1	33,4	30,2	15,2	17,9	-	122,5	65,1
D	24,4	33,6	28,8	15,6	19,8	-	267,5	68,7

*Dados não disponíveis. Utilizamos os referentes a Região de Ribeirão Preto.

Na tabela 5 constam os valores das estimativas de m , s^2 , a e U , bem como o erro padrão de U e o valor de t , para as distribuições testadas referentes as amostragens mensais de lagartas pequenas e grandes, para o total das quatro regiões estudadas.

Na tabela 6 encontram-se os resultados das frequências observadas e das frequências esperadas, mensais, para lagartas pequenas e grandes.

Na tabela 7 constam os resultados do teste de aderência (χ^2), realizado, em cada mês, para as distribuições estudadas. Os resultados dessa tabela referem-se às lagartas pequenas. Para lagartas grandes, na maioria dos meses não houve graus de liberdade suficiente para execução do teste.

5.2.1. Expoente k comum (k_c) da Distribuição Binomial Negativa

Na tabela 8 encontram-se os valores das estatísticas y' e x' para lagartas grandes e pequenas, em cada mês, bem como a somatória dessas estatísticas e o valor estimado de k_c .

Tabela 5.a - Estimativa da média (\hat{m}), variância (\hat{s}^2), parâmetro a, parâmetro U, erro padrão de \hat{U} (EPU) e valor do teste t, referentes às distribuições Binomial Negativa (BN), Pôlya Aepli (PA) e Neyman tipo A (NA), para o total de lagartas pequenas amostradas mensalmente.

ME- SES	\hat{m}	\hat{s}^2	\hat{a}			\hat{U}			EPU			t		
			BN	PA	NA	BN	PA	NA	BN	PA	NA	BN	PA	NA
J	0,2143	0,5263	1,55	1,31	1,11	-0,0202	0,0312	0,0741	0,0571	0,0350	0,0220	-0,35	0,89	3,37*
F	0,0386	0,0514	0,33	0,31	0,30	0,0001	0,0010	0,0013	0,0036	0,0028	0,0022	0,03	0,36	0,59
M	0,2300	0,4692	0,94	0,83	0,74	0,0230	0,0482	0,0690	0,0332	0,0233	0,0170	0,69	2,07*	4,06*
A	0,1014	0,2057	0,69	0,63	0,58	0,0343	0,0406	0,0455	0,0141	0,0102	0,0074	2,43*	3,98*	6,15*
M	0,0486	0,0835	0,88	0,78	0,71	-0,0078	-0,0032	0,0004	0,0124	0,0082	0,0054	-0,63	-0,39	0,07
J	0,0143	0,0170	0,22	0,21	0,21	-0,0005	-0,0003	-0,0003	0,0013	0,0011	0,0009	-0,38	-0,27	-0,33
J	0,0129	0,0127	<0,01	-0,01	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0,0771	0,3918	2,88	2,24	1,76	0,0924	0,1416	0,1788	0,0739	0,0358	0,0159	1,25	3,96*	11,25*
S	0,1443	0,2810	1,16	1,01	0,89	-0,0306	-0,0090	0,0083	0,0318	0,0206	0,0137	-0,96	0,44	0,61
O	0,1114	0,1850	0,53	0,49	0,46	0,0145	0,0193	0,0223	0,0112	0,0085	0,0066	1,29	2,27*	3,38*
N	0,0886	0,2468	1,07	0,93	0,83	0,0635	0,0754	0,0847	0,0218	0,0141	0,0091	2,91*	5,35*	9,31*
D	0,0914	0,2177	1,29	1,11	0,96	0,0083	0,0250	0,0385	0,0280	0,0173	0,0106	0,30	1,45	3,63

*Significativo a 5%.

Tabela 5.b - Estimativa da média (\hat{m}), variância (\hat{s}^2), parâmetro a, parâmetro U, erro padrão de \hat{U} (EPU) e valor do teste t, referentes às distribuições Binomial Negativa (BN), Pôlya Aeppli (PA) e Neyman tipo A (NA), para o total de lagartas grandes amostradas mensalmente.

ME- SES	\hat{m}	\hat{s}^2	\hat{a}			\hat{U}			EPU			t		
			BN	PA	NA	BN	PA	NA	BN	PA	NA	BN	PA	NA
J	0,0414	0,0541	0,30	0,28	0,27	0,0002	0,0011	0,0015	0,0034	0,0026	0,0021	0,06	0,38	0,71
F	0,0600	0,0708	0,16	0,15	0,15	0,0012	0,0018	0,0018	0,0024	0,0020	0,0018	0,50	0,90	1,00
M	0,0543	0,0657	0,26	0,25	0,24	-0,0027	-0,0020	-0,0016	0,0035	0,0028	0,0023	-0,77	-0,71	-0,70
A	0,1086	0,1284	0,20	0,19	0,19	-0,0019	-0,0011	-0,0008	0,0044	0,0039	0,0035	-0,43	-0,26	-0,23
M	0,1357	0,1489	0,13	0,12	0,13	-0,0044	-0,0035	-0,0044	0,0039	0,0036	0,0035	-1,13	-0,90	-1,26
J	0,1171	0,1293	0,10	0,10	0,10	0,0005	0,0008	0,0005	0,0029	0,0027	0,0026	0,17	0,30	0,19
J	0,0786	0,0782	<0,01	-0,01	<0,01	-0,0011	0	-0,0011	0,0008	-	0,0008	-1,38	-	-1,38
A	0,0329	0,0404	0,28	0,27	0,26	-0,0012	-0,0012	-0,0010	0,0028	0,0022	0,0017	-0,61	-0,55	-0,59
S	0,0314	0,0333	0,07	0,06	0,07	-0,0003	-0,0001	-0,0003	0,0007	0,0006	0,0007	-0,43	-0,17	-0,43
O	0,1286	0,1751	0,40	0,37	0,35	-0,0049	-0,0009	0,0016	0,0093	0,0074	0,0061	-0,53	-0,12	0,26
N	0,0929	0,1101	0,20	0,19	0,19	-0,0013	-0,0001	-0,0004	0,0039	0,0033	0,0030	-0,33	-0,03	-0,13
D	0,0829	0,1247	0,60	0,55	0,51	-0,0078	-0,0039	-0,0004	0,0107	0,0074	0,0058	0,73	-0,49	-0,07

Tabela 6.a - Frequências observadas e frequências estimadas pelas distribuições Binomial negativa (BN), Pôlya Aeppli (PA) e Neyman A (NA) para as amostragens mensais, de lagartas pequenas, no total das regiões estudadas.

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
J	0	615	615,02	615,00	615,01
	1	54	51,69	48,10	43,44
	2	14	17,88	20,92	25,64
	3	7	7,75	9,08	10,66
	4	5	3,69	3,93	3,64
	5	3	1,86	1,69	1,13
	6	2	0,97	0,73	0,34
F	0	677	677,04	677,00	677,04
	1	20	19,65	19,59	19,36
	2	2	2,72	2,91	3,18
	3	1	0,48	0,43	0,38
M	0	595	595,22	595,00	595,00
	1	71	70,57	68,33	65,29
	2	25	21,28	23,97	27,74
	3	4	7,71	8,33	8,74
	4	0	3,03	2,88	2,39
	5	2	1,25	0,99	0,62
	6	3	0,53	0,34	0,16

- Continua -

Tabela 6.a (Continuação)

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
A	0	648	648,05	648,00	648,16
	1	43	38,88	38,06	36,80
	2	4	9,10	10,21	11,72
	3	3	2,66	2,73	2,69
	4	1	0,85	0,73	0,52
	5	0	0,29	0,19	0,09
	6	0	0,10	0,05	0,01
	7	1	0,04	0,01	0,00
M	0	676	676,01	676,00	676,06
	1	16	17,48	16,93	16,15
	2	7	4,32	4,98	5,93
	3	0	1,38	1,46	1,50
	4	1	0,49	0,43	0,30
J	0	691	691,01	691,00	691,03
	1	8	8,10	8,10	8,10
	2	1	0,78	0,81	0,89
J	0	691	691,03	691,00	691,07
	1	9	8,91	9,00	8,83

- Continua -

Tabela 6.a (Continuação)

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
A	0	675	675,05	675,00	675,00
	1	15	13,41	11,57	8,95
	2	6	5,11	6,22	7,93
	3	2	2,56	3,34	4,73
	4	0	1,44	1,79	2,14
	5	0	0,86	0,96	0,80
	6	0	0,54	0,52	0,26
	7	0	0,34	0,28	0,07
	8	0	0,22	0,15	0,02
	9	0	0,10	0,04	0,00
	10	1	0,10	0,04	0,00
	11	1	0,07	0,02	0,00
S	0	636	636,05	636,00	636,21
	1	39	42,49	40,52	37,70
	2	18	12,83	14,88	17,89
	3	3	4,88	5,45	5,99
	4	3	2,05	1,99	1,65
	5	1	0,91	0,72	0,42
O	0	640	640,14	640,00	640,21
	1	48	46,61	46,12	45,02
	2	9	9,77	10,69	11,94
	3	2	2,49	2,46	2,35
	4	0	0,69	0,56	0,40
	5	0	0,20	0,13	0,07
	6	1	0,06	0,03	0,01

- Continua -

Tabela 6.a (Continuação).

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
N	0	659	659,07	659,00	659,10
	1	34	28,21	27,10	25,46
	2	3	7,89	9,19	11,06
	3	1	2,83	3,11	3,34
	4	0	1,13	1,05	0,81
	5	1	0,48	0,36	0,18
	6	0	0,21	0,12	0,04
	7	2	0,09	0,04	0,00
D	0	660	660,10	660,00	660,06
	1	27	26,35	24,99	23,10
	2	8	7,95	9,38	11,49
	3	2	3,09	3,52	3,94
	4	2	1,34	1,32	1,08
	5	0	0,61	0,49	0,26
	6	0	0,29	0,18	0,06
	7	1	0,14	0,07	0,01

Tabela 6.b - Frequências observadas e frequências estimadas pelas distribuições Binomial Negativa (BN), Pólya Aeppli (PA) e Neyman A (NA) para as amostragens mensais, de lagartas grandes, no total das regiões estudadas.

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
J	0	675	675,11	675,00	675,00
	1	22	21,50	21,55	21,33
	2	2	2,82	2,98	3,22
	3	1	0,46	0,41	0,30
F	0	662	662,10	662,00	662,06
	1	35	34,24	34,37	34,19
	2	2	3,25	3,29	3,45
	3	1	0,35	0,31	0,28
M	0	667	667,02	667,00	667,01
	1	28	28,75	28,65	28,49
	2	5	3,59	3,78	4,03
A	0	634	634,02	634,00	634,08
	1	57	57,38	57,27	56,95
	2	8	7,38	7,62	7,97
	3	1	1,04	0,97	0,91
M	0	616	616,16	616,00	616,36
	1	73	73,99	74,17	73,44
	2	11	8,70	8,77	9,15

- Continua -

Tabela 6.b (Continuação).

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
J	0	626	626,07	626,00	626,18
	1	67	66,65	66,71	66,35
	2	6	6,58	6,64	6,83
	3	1	0,63	0,60	0,59
J	0	647	647,11	677,00	647,11
	1	51	50,81	51,05	50,81
	2	2	2,02	1,91	2,02
A	0	680	680,00	680,00	680,01
	1	17	17,48	17,39	17,25
	2	3	2,14	2,27	2,46
S	0	679	679,07	679,00	679,09
	1	20	19,93	20,04	19,88
	2	1	0,94	0,91	0,99
O	0	628	628,23	628,00	628,00
	1	57	57,71	57,54	56,91
	2	13	10,89	11,60	12,54
	3	1	2,41	2,30	2,14
	4	1	0,57	0,44	0,33

- Continua -

Tabela 6.b (Continuação).

MESES	Nº DE LAGARTAS POR COLMO	FREQUÊNCIAS OBSERVADAS (COLMOS)	FREQUÊNCIAS ESTIMADAS (COLMOS)		
			BN	PA	NA
N	0	643	643,16	643,00	643,21
	1	50	49,79	49,95	49,41
	2	6	6,08	6,20	6,59
	3	1	0,83	0,74	0,71
D	0	656	655,99	656,00	655,00
	1	32	33,99	33,37	32,66
	2	11	7,25	8,07	9,14
	3	0	1,94	1,95	1,84
	4	1	0,57	0,47	0,31

Tabela 7 - Valores de X^2 e respectivos graus de liberdade (GL) do teste de aderência para as distribuições de Poisson (P), Binomial Negativa (BN), Pôlya Aepli (PA) e Neyman A (NA), referentes as amostragens mensais de lagartas pequenas.

		P	BN	PA	NA
J	X^2	62,20*	2,88	5,59	13,79*
	GL	1	3	3	3
F	X^2	-	0,75	1,05	1,47
	GL	-	1	1	1
M	X^2	64,28*	2,45	2,55	4,40
	GL	2	2	2	2
A	X^2	16,81*	3,58	4,87*	6,99*
	GL	1	1	1	1
M	X^2	-	2,19	1,29	0,36
	GL	-	1	1	1
A	X^2	58,57*	1,26	2,44	6,6*
	GL	1	2	2	2
S	X^2	79,36*	3,46	2,43	3,34
	GL	1	2	2	2
O	X^2	22,35*	0,16	0,35	0,93
	GL	1	1	1	1
N	X^2	17,22*	4,33*	6,02*	8,77*
	GL	1	1	1	1
D	X^2	55,78*	0,56	1,45	4,47
	GL	1	2	2	2

*Significativo a 5%.

Tabela 8.a - Valores mensais e somatório de x' e y' para lagartas pequenas e estimativa de k_c

MESES	x'	y'
J	0,4520	0,3120
F	0,0014	0,0128
M	0,0522	0,2392
A	0,0100	0,1043
M	0,0022	0,0349
J	0,0002	0,0027
J	0,0001	-0,0002
A	0,0054	0,3147
S	0,0204	0,1367
O	0,0121	0,0736
N	0,0750	0,1582
D	0,0084	0,1263
Σ	0,6340	1,2005
\hat{k}_c	0,5281	

Tabela 8.b - Valores mensais e somatório de x' e y' para lagartas grandes e estimativa de k_c .

MESES	x'	y'
J	0,0016	0,0100
F	0,0035	0,0108
M	0,0029	0,0114
A	0,0116	0,0198
M	0,0182	0,0132
J	0,0135	0,0122
J	0,0060	-0,0004
A	0,0010	0,0075
S	0,0090	0,0019
O	0,0163	0,0465
N	0,0085	0,0172
D	0,0067	0,0418
Σ	0,0988	0,1919
\hat{k}_c	0,5144	

5.3. Amostragem seqüencial

Na tabela 9 encontram-se as estimativas dos parâmetros referentes às hipóteses formuladas para os níveis de infestação de lagartas.

Tabela 9 - Estimativa dos parâmetros m , p , q , θ , d_0 e d_1 referentes às hipóteses H_0 , H_1 e H_2 , formuladas para o planejamento da amostragem seqüencial, e estimativa de um parâmetro k_c para lagartas pequenas e grandes.

		H_0	H_1	H_2
	k_c	0,5263		
	m	0,05	0,10	0,20
	p	0,0950	0,1900	0,3800
	q	1,0950	1,1900	1,3800
	θ	0,0718		
$H_0 \times H_1$	h_0	-4,8274		
	h_1	+4,8274		
	θ	0,1430		
$H_1 \times H_2$	h_1	-5,4025		
	h_2	+5,4025		

As equações resultantes da aplicação desses parâmetros são as seguintes:

a) Limite inferior de aceitação de H_2 :

$$d_1 = 5,40 + 0,14 N$$

b) Limite superior de aceitação de H_1 :

$$d_2 = - 5,40 + 0,14 N$$

c) Limite inferior de aceitação de H_1 :

$$d_1 = + 4,83 + 0,07 N$$

d) Limite superior de aceitação de H_0 :

$$d_0 = - 4,83 + 0,07 N$$

onde:

$N = N^\circ$ de colmos amostrados.

Se, após determinado número de colmos (N) serem amostrados, o número acumulado de insetos (d) encontrados estiver acima da linha demarcada pela equação a , se aceita a hipótese de que a infestação é severa. Se o número de insetos encontrados estiver na área limitada pelas retas das equações a e b deve-se continuar a amostragem pois a probabilidade de erro de conclusão, quanto ao nível de infestação, está acima do limite estabelecido. Se o número de insetos amostrados estiver na área compreendida entre as retas das equações b e c , aceita-se a hipótese de que a infestação é moderada. Se o número de insetos estiver entre as retas das equações c e d , deve-se continuar amostrando. Finalmente, se o número de insetos estiver abaixo da reta da equação d , aceita-se a hipótese de que a infestação é baixa.

5.4. Estudo da diapausa

Na tabela 10 consta o índice i (equação 23), para os meses do ano.

Tabela 10 - Índice i (equação 23), para cada mês do ano.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
i	1,72	1,63	1,46	1,39	0,78	0,48	0,33	0,87	1,88	1,24	0,93	1,09

A equação resultante da regressão entre os quatro primeiros meses do ano e $\log i$ (reta 1) é a seguinte:

$$\log i = 0,27 - 0,03 x$$

onde $x = \text{meses } (1, 2, 3, \dots, n)$.

Na tabela 11 constam os valores estimados de i para os meses de abril a agosto (prolongamento da reta 1) e os valores reais de i para os mesmos meses (reta 2).

Tabela 11 - Valores estimados e valores de i para os meses de abril a agosto.

MESES	\hat{i}	i
A	1,39	1,39
M	1,28	0,78
J	1,19	0,48
J	1,10	0,33
A	1,02	0,87

Na tabela 12 constam os valores percentuais estimados e reais de lagartas grandes bem como a estimativa da percentagem de lagartas em diapausa.

Tabela 12 - Valores percentuais estimados e reais de lagartas grandes (L_2) e estimativa da percentagem de lagartas em diapausa, de abril a agosto.

MESES	\hat{L}_2 (%)	L_2 (%)	DIAPAUSA (%)
A	33,95	33,95	0,00
M	37,78	62,30	24,52
J	41,30	81,59	40,29
J	45,50	90,58	45,08
A	49,02	56,99	7,97

Os valores da temperatura média do estado (média das quatro regiões amostradas) e do fotoperíodo* (duração máxima da insolação diária) para os meses de abril a agosto, constam na tabela 13.

Tabela 13 - Temperatura média (Tm) e fotoperíodo (FP) (média das regiões amostradas) de abril a agosto.

MESES	Tm (°C)	FP (HORAS)
A	21,3	11,6
M	18,7	11,1
J	17,9	10,8
J	16,8	10,9
A	19,3	11,3

As regressões simples entre a percentagem de lagartas em diapausa e a temperatura e fotoperíodo, estimados os parâmetros, são, respectivamente:

$$\hat{y} = 50 / \{1 + \exp(1,44 T_m - 26,63)\} \quad R^2 = 0,97$$

$$\hat{y} = 50 / \{1 + \exp(7,17 FP - 79,50)\} \quad R^2 = 0,95$$

A regressão múltipla entre essas variáveis é:

$$\hat{y} = -1,76 + 26,37 / \{1 + \exp(1,44 T_m - 26,63)\} + 27,68 / \{1 + \exp(7,17 FP - 79,50)\}$$

$$R^2 \approx 1,00$$

**Smithsonian Meteorological Tables*, 6^a ed., 1951. Tabela 171.

5.5. Determinação da constante térmica

Na tabela 14 estão os dados referentes a duração do desenvolvimento da *D. saccharalis* em diferentes temperaturas.

Esses dados constam, locados, no gráfico 1, juntamente com a velocidade do desenvolvimento (número de gerações anuais) em várias temperaturas.

Tabela 14 - Duração do desenvolvimento da *D. saccharalis* em diferentes temperaturas, segundo *JASIC (1967b)*.

Temperatura (°C)	31	28	25	22	19
Duração do desenvolvimento (dias)	53,0	60,4	71,1	88,8	122,3

À função entre a duração do desenvolvimento e a temperatura, estimados os parâmetros é a seguinte:

$$D = (0,0503 \log T - 0,0562)^{-1} \quad R^2 \approx 1,00$$

A velocidade do desenvolvimento é uma função da temperatura, da seguinte maneira:

$$360/D = 0,38 T - 4,28$$

Segundo essa função, o eixo das abcissas é cortado no ponto:

$$4,28/0,38 = 11,34$$

o que corresponde a temperatura base.

A Constante Térmica (GD) estimada pela equação 29, em diferentes temperaturas, bem como as estimativas de sua média, desvio padrão e coeficiente de variação constam na tabela 15.

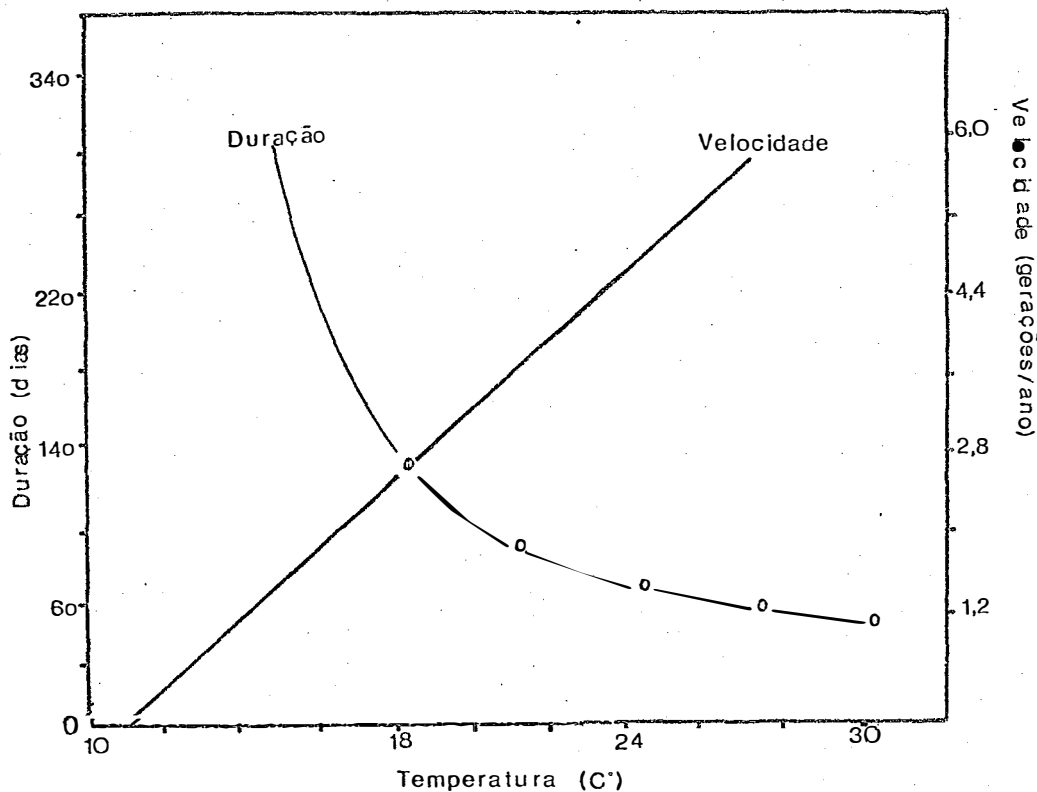


Figura 1 - Duração e velocidade do desenvolvimento da *D. saccharalis* em diferentes temperaturas.

Tabela 15 - Constante Térmica (GD) em diferentes temperaturas, é estimativa da sua média, desvio padrão e coeficiente de variação.

	Temperatura (°C)									
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Constante Térmica (GD)	995,65	960,57	944,02	937,79	937,79	942,02	949,01	957,86	968,22	
	$\hat{m} = 954,77$ $\hat{s} = 18,65$ CV = 1,95%									

5.5.1. Utilização da Constante Térmica para estágio que sofre diapausa

A correção dos Graus Dias para utilização de estágio que sofre diapausa, calculados os parâmetros da equação, é a seguinte:

$$GD_c = GD \times (1 - 1 / \{(1 + \exp (7,17 FP - 79,50))\})$$

5.6. Estimativa das mortalidades

Na tabela 16 constam os Graus Dias e Graus Dias corrigidos em cada mês e sua soma acumulada, nas quatro regiões amostradas.

Tabela 16.a - Graus Dias (GD) e Graus Dias corrigidos (GD_c) por mês e soma acumulada. Região de Ribeirão Preto, São Paulo.

MESES	GD	GD_c	Σ GD	Σ GD_c
J	414,16	414,16	416,16	414,16
F	341,04	341,03	755,20	755,19
M	381,61	380,48	1.136,81	1.135,67
A	334,80	302,53	1.471,61	1.438,20
M	274,66	95,45	1.746,27	1.533,65
J	231,30	47,73	1.977,57	1.581,38
J	214,21	111,76	2.191,78	1.693,14
A	285,51	282,01	2.477,29	1.975,15
S	283,80	283,60	2.761,09	2.258,75
O	341,31	341,31	3.102,40	2.600,06
N	361,80	361,80	3.464,20	2.961,86
D	373,86	373,86	3.838,06	3.335,72

Tabela 16.b. - Graus Dias (GD) e Graus Dias corrigidos (GD_c) por mês e soma acumulada. Região de Jau, São Paulo.

MESES	GD	GD_c	Σ GD	Σ GD_c
J	417,26	417,26	417,26	417,26
F	343,94	343,93	761,20	761,19
M	383,16	382,03	1.144,36	1.143,22
A	306,30	276,78	1.450,66	1.420,00
M	239,01	49,32	1.689,67	1.469,32
J	205,80	107,37	1.895,47	1.576,69
J	189,41	187,09	2.084,88	1.763,78
A	248,31	248,14	2.333,19	2.011,92
S	231,30	231,30	2.564,49	2.243,22
O	310,31	310,31	2.874,80	2.553,53
N	355,80	355,80	3.230,60	2.909,33
D	373,83	373,83	3.604,43	3.283,16

Tabela 16.c - Graus Dias (GD) e Graus Dias corrigidos (GD_c) por mês e soma acumulada. Região de Piracicaba, São Paulo.

MESES	GD	GD_c	Σ GD	Σ GD_c
J	443,30	443,30	443,30	443,30
F	349,74	349,73	793,04	793,03
M	386,26	385,12	1.179,30	1.178,15
A	271,80	245,60	1.451,10	1.423,75
M	200,26	69,59	1.651,36	1.493,34
J	159,60	32,94	1.810,96	1.526,28
J	140,12	73,11	1.951,08	1.599,39
A	208,01	205,46	2.159,09	1.804,85
S	211,80	211,65	2.370,89	2.016,50
O	301,01	301,01	2.671,90	2.317,51
N	360,30	360,30	3.032,20	2.677,81
D	389,36	389,36	3.421,56	3.067,17

Tabela 16.d - Graus Dias (GD) e Graus Dias corrigidos (GD_c) por mês e soma acumulada. Região de Araraquara, São Paulo.

MESES	GD	GD _c	Σ GD	Σ GD _c
J	432,76	432,76	432,76	432,76
F	350,03	350,02	782,79	782,78
M	386,26	385,12	1.169,05	1.167,90
A	330,90	299,00	1.499,95	1.466,90
M	265,36	92,22	1.765,31	1.559,12
J	239,70	49,46	2.005,01	1.608,58
J	308,14	160,77	2.313,15	1.769,35
A	279,93	276,50	2.593,08	2.045,85
S	257,70	257,52	2.850,78	2.303,37
O	328,60	328,60	3.179,38	2.631,97
N	381,30	381,30	3.560,68	3.013,27
D	392,46	392,46	3.953,14	3.405,73

Na tabela 17 constam as quantidades de Graus Dias necessários a complementação de cada estágio da *D. saccharalis*.

Tabela 17 - Duração do desenvolvimento e quantidade de Graus Dias necessários a complementação de cada estágio da *D. saccharalis*.

E s t á g i o	PERÍODO (DIAS)	Δ GD
Lagarta pequena	27,30	326,22
Lagarta grande	19,40	231,82
Pupa	8,75	104,56
Adulto à lagarta pequena	24,45	292,17
TOTAL	79,90	954,77

Na tabela 18 constam as semanas de origem, semana k e índice de mortalidade para cada estágio, nas regiões amostradas.

Tabela 18.a - Semana de origem (i), semana k, e índice de mortalidade (Im), para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*. Região de Ribeirão Preto, São Paulo.

SEMANA DE ORIGEM (i)	LAGARTAS PEQUENAS		LAGARTAS GRANDES		PUPAS		ADULTOS	
	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im
1	2,72	1,01	2,21	2,97	1,55	0,23	2,53	0,42
2	3,82	1,41	3,22	4,09	2,55	0,27	3,61	0,41
3	4,93	1,75	4,33	4,95	3,55	0,32	4,71	0,43
4	6,04	2,06	5,44	5,69	4,63	0,23	5,82	0,47
5	7,05	2,03	6,74	5,84	5,66	0,18	6,85	0,90
6	8,00	1,80	7,46	5,41	6,66	0,16	7,80	0,88
7	8,94	1,52	8,41	4,52	7,66	0,14	8,75	0,87
8	9,89	1,16	9,35	3,92	8,63	0,13	9,69	0,86
9	10,86	0,95	10,32	3,49	9,59	0,14	10,66	0,84
10	11,95	1,20	11,32	3,16	10,59	0,16	11,68	0,84
11	13,08	1,32	12,40	3,26	11,59	0,17	12,75	0,97
12	14,21	1,49	13,53	3,66	12,61	0,19	13,82	1,15
13	15,70	1,43	14,66	4,29	13,68	0,24	14,89	1,46
14	17,79	1,02	15,66	5,36	14,68	0,26	15,94	1,57
15	20,83	1,66	17,73	5,54	15,68	0,30	17,05	1,51
16	22,74	1,32	20,80	5,70	16,68	0,42	18,16	1,42
17	24,04	1,09	22,77	5,86	17,79	0,36	19,27	1,21
18	24,83	0,97	24,00	6,39	18,82	0,33	20,39	1,14
19	25,50	0,90	24,77	6,45	19,82	0,33	21,49	1,38
20	26,17	0,82	25,44	6,23	20,82	0,33	23,58	1,88
21	26,83	0,73	26,11	6,08	21,92	0,27	23,69	2,43
22	27,48	0,63	26,75	5,76	22,98	0,24	24,80	1,79
23	28,06	0,56	27,34	5,05	23,98	0,22	25,84	1,72
24	28,65	0,48	27,92	4,34	24,98	0,20	26,84	1,69
25	29,23	0,38	28,50	3,60	26,02	0,19	27,85	1,55
26	29,81	0,23	29,09	2,79	27,06	0,18	28,76	1,39
27	30,51	0,36	29,79	2,70	28,06	0,17	29,63	1,30
28	31,21	0,46	30,49	2,63	29,06	0,16	30,51	1,24
29	31,91	0,55	31,18	2,57	29,96	0,16	31,38	1,19
30	32,61	0,62	31,88	2,52	30,84	0,17	32,26	1,16
31	33,50	0,78	32,78	2,28	31,79	0,23	33,22	1,11
32	34,50	0,95	33,78	2,35	32,79	0,30	34,22	1,05
33	35,50	1,10	34,78	2,53	33,79	0,37	35,23	0,98
34	36,49	1,23	35,77	2,81	34,80	0,36	36,23	0,91
35	37,41	1,20	36,77	3,46	35,80	0,33	37,19	0,93
36	38,32	1,13	37,73	4,12	36,80	0,27	38,11	1,09
37	39,24	1,07	38,64	4,12	37,80	0,21	39,02	1,24
38	40,16	1,02	39,56	4,12	38,75	0,17	39,94	1,37
39	41,07	0,98	40,47	4,12	39,66	0,13	40,85	1,51
40	42,05	0,93	41,47	4,60	40,66	0,14	41,84	1,43
41	43,02	0,89	42,45	4,47	41,66	0,15	42,82	1,33
42	43,99	0,86	43,43	4,16	42,66	0,16	43,79	1,22
43	44,96	0,82	44,40	3,97	43,64	0,15	44,76	1,11
44	45,95	0,81	45,39	3,76	44,63	0,16	45,75	1,13
45	46,93	0,82	46,39	3,63	45,63	0,18	46,74	1,19
46	47,92	0,83	47,37	4,05	46,63	0,19	47,72	1,25
47	48,90	0,84	48,35	4,60	47,62	0,21	48,70	1,30
48	49,89	0,84	49,34	5,30	48,61	0,23	49,69	1,30
49	-	-	50,34	6,31	49,61	0,23	-	-
50	-	-	-	-	50,61	0,23	-	-

Tabela 18.b - Semana de origem (i), semana k, e índice de mortalidade (Im), para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*. Região de Jau, São Paulo.

SEMANA DE ORIGEM (i)	LAGARTAS PEQUENAS		LAGARTAS GRANDES		PUPAS		ADULTOS	
	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im
1	2,70	2,49	2,20	2,37	1,54	0,19	2,52	1,20
2	3,81	1,69	3,21	2,06	2,54	0,19	3,59	1,19
3	4,91	1,51	4,32	1,69	3,54	0,19	4,70	1,23
4	6,02	1,43	5,42	1,21	4,62	0,20	5,81	1,28
5	7,03	1,37	6,46	1,59	5,66	0,21	6,84	1,31
6	7,98	1,38	7,45	2,20	6,66	0,22	7,79	1,08
7	8,93	1,39	8,40	2,67	7,66	0,23	8,74	0,92
8	9,88	1,40	9,35	3,08	8,63	0,22	9,69	0,80
9	10,85	1,53	10,31	3,27	9,59	0,20	10,65	0,74
10	11,98	1,24	11,31	3,13	10,59	0,19	11,69	0,74
11	13,17	1,05	12,43	2,97	11,59	0,18	12,82	0,78
12	14,36	0,96	13,62	2,81	12,61	0,18	13,94	0,77
13	17,34	1,08	14,81	2,65	13,74	0,20	15,07	0,78
14	19,12	1,14	16,50	2,94	14,74	0,22	16,18	0,79
15	20,74	1,19	19,01	2,55	15,74	0,26	17,32	0,85
16	21,98	1,19	20,80	2,58	16,76	0,31	18,46	0,98
17	23,22	1,20	22,12	2,84	17,90	0,33	19,64	1,12
18	24,05	1,12	22,96	2,89	18,95	0,42	20,78	1,10
19	24,68	0,99	23,59	2,83	19,95	0,54	21,86	1,13
20	25,28	0,86	24,22	2,76	20,97	0,68	22,94	1,19
21	25,88	0,70	24,85	2,69	22,05	0,79	24,07	1,09
22	26,52	0,55	25,54	2,64	23,10	0,91	25,19	0,99
23	27,23	0,54	26,32	2,62	24,10	1,04	26,21	0,94
24	27,95	0,52	27,11	2,60	25,11	0,97	27,23	0,86
25	28,67	0,49	27,84	2,63	26,11	0,65	28,15	0,71
26	29,38	0,46	28,56	2,67	27,20	0,54	29,06	0,60
27	30,26	0,52	29,43	2,83	28,20	0,46	29,94	0,96
28	31,14	0,61	30,31	3,01	29,19	0,42	30,82	1,16
29	32,03	0,67	31,19	3,21	30,07	0,42	31,71	1,29
30	32,93	0,67	32,07	3,44	30,95	0,43	32,61	1,29
31	33,92	0,75	33,04	3,40	31,91	0,42	33,60	1,13
32	34,96	0,86	34,07	3,07	32,91	0,41	34,64	0,98
33	36,00	0,95	35,11	2,69	33,92	0,38	35,68	0,87
34	36,90	0,80	36,15	2,26	34,95	0,31	36,66	0,82
35	37,79	0,77	37,13	1,95	35,98	0,26	37,55	0,88
36	38,66	0,80	38,00	2,08	36,98	0,24	38,42	1,02
37	39,53	0,83	38,87	2,24	37,98	0,23	39,29	1,17
38	40,41	0,85	39,75	2,44	38,86	0,23	40,17	1,31
39	41,26	0,89	40,62	2,70	39,73	0,24	41,04	1,46
40	42,20	0,94	41,62	4,40	40,73	0,24	41,99	1,36
41	43,14	1,01	42,56	4,65	41,73	0,23	42,93	1,24
42	44,07	1,11	43,50	4,68	42,72	0,21	43,86	1,12
43	45,01	1,28	44,43	4,70	43,66	0,18	44,80	1,01
44	45,98	1,62	45,41	4,14	44,64	0,19	45,78	0,95
45	46,96	1,70	46,41	3,49	45,64	0,22	46,76	0,96
46	47,93	1,77	47,38	3,25	46,64	0,25	47,73	0,98
47	48,91	1,84	48,36	2,89	47,62	0,27	48,71	1,00
48	49,89	1,87	49,34	2,62	48,61	0,26	49,69	1,04
49	-	-	50,34	3,10	49,61	0,22	-	-
50	-	-	-	-	50,61	0,19	-	-

Tabela 18.c - Semana de origem (i), semana k, e índice de mortalidade (Im), para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*. Região de Piracicaba, SP.

SEMANA DE ORIGEM (i)	LAGARTAS PEQUENAS		LAGARTAS GRANDES		PUPAS		ADULTOS	
	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im
1	2,59	1,40	2,13	1,41	1,51	0,88	2,43	0,43
2	3,71	1,70	3,13	1,46	2,51	0,89	3,50	0,43
3	4,84	1,98	4,26	1,41	3,51	0,91	4,63	0,49
4	5,98	2,24	5,99	1,36	4,60	0,91	5,77	0,61
5	7,00	2,08	6,44	1,30	5,65	0,95	6,81	0,95
6	7,96	1,64	7,43	1,20	6,65	1,01	7,76	0,68
7	8,91	1,25	8,38	1,40	7,65	1,07	8,72	0,54
8	9,87	0,87	9,33	1,58	8,62	0,98	9,67	0,45
9	10,84	0,67	10,30	2,00	9,58	0,82	10,64	0,42
10	12,03	0,85	11,30	3,23	10,59	0,63	11,70	0,49
11	13,31	0,97	12,48	4,65	11,59	0,48	12,91	0,62
12	14,59	1,05	13,76	5,03	12,64	0,35	14,12	0,78
13	18,06	1,09	15,05	5,39	13,92	0,22	15,59	0,95
14	21,03	1,08	17,00	3,74	14,92	0,23	16,57	0,90
15	22,86	1,26	20,31	1,26	15,92	0,24	17,74	0,85
16	23,96	1,28	33,59	2,29	17,57	0,28	18,95	0,82
17	25,06	1,33	24,06	5,30	20,39	0,45	20,30	0,88
18	25,87	1,41	24,87	4,88	22,38	0,55	21,50	0,92
19	26,54	1,52	25,54	4,69	23,35	0,54	22,64	0,95
20	27,21	1,65	26,21	4,53	24,33	0,53	23,86	0,93
21	27,87	1,79	26,88	4,38	25,31	0,53	25,07	0,90
22	28,51	1,81	27,52	4,31	26,18	0,64	26,22	0,86
23	29,09	1,73	28,10	4,36	26,78	0,88	27,10	0,80
24	29,67	1,63	28,68	4,40	27,34	1,04	27,98	0,73
25	30,24	1,52	29,26	4,44	27,92	1,16	28,87	0,66
26	30,82	1,40	29,84	4,48	28,50	1,27	29,75	0,58
27	31,49	1,38	30,52	4,10	29,18	1,05	30,59	0,73
28	32,17	1,35	31,20	3,73	29,85	0,85	31,42	0,77
29	32,84	1,32	31,87	3,33	30,53	0,63	32,25	0,66
30	33,51	1,28	32,55	2,84	31,21	0,35	33,08	0,61
31	34,39	1,39	33,43	2,28	32,10	0,23	34,02	0,61
32	35,38	1,64	34,41	1,83	33,10	0,24	35,01	0,62
33	36,26	1,02	35,40	1,47	34,09	0,24	36,00	0,62
34	37,10	0,74	36,38	1,16	35,08	0,24	36,85	0,68
35	37,94	0,74	37,26	1,03	36,07	0,25	37,70	0,74
36	38,79	0,90	38,11	1,03	37,07	0,28	38,55	0,82
37	39,64	0,98	38,97	1,03	38,05	0,30	39,40	0,89
38	40,50	1,03	39,82	1,03	38,90	0,35	40,25	0,95
39	41,32	1,11	40,61	1,03	39,75	0,41	41,10	1,00
40	42,24	1,12	41,67	3,75	40,75	0,41	42,03	0,94
41	43,15	1,13	42,59	3,77	41,75	0,41	42,95	0,88
42	44,07	1,14	43,50	3,77	42,74	0,39	43,87	0,80
43	44,99	1,16	44,42	3,78	43,66	0,26	44,78	0,70
44	45,95	1,14	45,39	3,50	44,63	0,26	45,76	0,68
45	46,91	1,14	46,39	3,23	45,63	0,32	46,73	0,69
46	47,88	1,14	47,35	3,40	46,63	0,37	47,69	0,70
47	48,84	1,14	48,31	3,59	47,61	0,41	48,65	0,70
48	49,82	1,16	49,29	3,79	48,58	0,43	49,63	0,71
49			50,29	3,85	49,58	0,40	-	-
50			-	-	50,58	0,37	-	-

Tabela 18.d - Semana de origem (i), semana k, e Índice de mortalidade (Im), para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*. Região de Araraquara, São Paulo.

SEMANA DE ORIGEM (i)	LAGARTAS PEQUENAS		LAGARTAS GRANDES		PUPAS		ADULTOS	
	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im	Semana k	Im
1	2,63	1,27	2,16	3,01	1,52	0,78	2,46	0,42
2	3,74	1,42	3,16	4,27	2,52	0,80	3,53	0,38
3	4,86	1,47	4,28	2,38	3,52	0,87	4,65	0,37
4	5,98	1,49	5,40	1,66	4,61	0,75	5,77	0,36
5	7,00	1,40	6,43	1,58	5,65	0,96	6,81	0,41
6	1,79	1,32	7,43	1,72	6,65	1,42	7,76	0,24
7	8,91	1,21	8,38	2,07	7,65	2,00	8,72	0,16
8	9,87	1,04	9,33	2,47	8,62	0,83	9,67	0,12
9	10,84	1,16	10,30	2,80	9,59	0,55	10,64	0,22
10	11,93	1,63	11,30	2,96	10,59	0,40	11,66	0,38
11	13,08	1,82	12,39	2,90	11,59	0,31	12,75	0,56
12	14,22	1,94	13,54	2,66	12,60	0,26	13,83	0,77
13	15,81	1,92	14,68	2,38	13,68	0,27	14,91	1,08
14	18,01	1,51	15,71	2,64	14,68	0,33	15,97	1,11
15	20,82	1,29	17,83	4,08	15,68	0,46	17,10	1,00
16	22,25	1,36	20,92	3,10	16,69	1,66	18,22	0,83
17	23,67	1,52	22,40	2,61	17,81	0,94	19,35	0,50
18	24,46	1,39	23,41	2,53	18,85	0,91	20,44	0,35
19	25,13	1,33	24,19	2,55	19,85	0,56	21,50	0,53
20	25,80	1,27	24,98	2,57	20,86	0,44	22,55	0,76
21	26,46	1,19	25,22	2,63	21,91	0,42	23,58	1,07
22	27,11	1,11	26,37	2,76	22,95	0,44	24,50	1,23
23	27,69	1,03	26,96	2,85	23,95	0,60	25,39	1,25
24	28,28	0,92	27,54	2,94	24,95	0,81	26,28	1,29
25	28,87	0,80	28,13	3,03	25,85	0,62	27,17	1,36
26	29,46	0,66	28,72	3,12	26,74	0,54	28,05	1,51
27	30,25	0,61	29,51	2,93	27,74	0,50	29,09	0,82
28	31,04	0,55	30,30	2,71	28,74	0,48	30,14	0,71
29	31,84	0,47	31,10	2,44	29,74	0,44	31,19	0,67
30	32,65	0,33	31,89	2,12	30,79	0,32	32,24	0,65
31	33,61	0,82	32,82	1,99	31,81	0,26	33,30	0,89
32	34,65	1,21	33,85	1,99	32,81	0,22	34,34	1,12
33	35,68	1,47	34,89	2,00	33,81	0,19	35,38	1,30
34	36,67	1,58	35,93	2,01	34,85	0,18	36,43	1,44
35	37,58	1,52	36,95	2,09	35,88	0,18	37,36	1,60
36	38,48	1,42	37,85	1,97	36,88	0,18	38,25	1,64
37	39,37	1,34	38,74	1,80	37,88	0,17	39,14	1,69
38	40,26	1,29	39,64	1,78	38,80	0,16	40,03	1,76
39	41,15	1,23	40,53	1,71	39,69	0,15	40,93	1,85
40	42,08	1,21	41,53	1,88	40,69	0,17	41,89	2,06
41	43,01	1,18	42,48	2,14	41,69	0,19	42,82	2,28
42	43,95	1,15	43,41	2,45	42,69	0,21	43,75	2,58
43	44,88	1,10	44,34	2,75	43,62	0,22	44,68	3,01
44	45,85	1,08	45,32	2,82	44,59	0,21	45,66	3,93
45	46,84	0,95	46,32	2,77	45,59	0,20	46,65	4,41
46	47,82	0,81	47,30	2,85	46,50	0,14	47,64	4,27
47	48,81	0,65	48,29	2,96	47,59	0,19	48,62	4,16
48	49,80	0,52	49,28	3,29	48,18	0,20	49,61	3,90
49	-	-	50,28	4,29	49,58	0,21	-	-
50	-	-	-	-	50,58	0,22	-	-

Na tabela 19 constam os valores máximos e mínimos do Índice de Mortalidade (Im) e da percentagem de mortalidade, para cada estágio, bem como os valores das estimativas dos parâmetros A e B.

PICKLES (1936) cita como valores mínimo e máximo da percentagem de mortalidade de lagartas pequenas 54,04 e 95,56%, respectivamente. Para *TUCKER (1933)* os valores estimados foram 31,10 e 97,34%, respectivamente. Os valores que escolhemos para percentagem de mortalidade mínima e máxima foram, respectivamente, 60 e 95%.

Segundo relatórios a Copersucar (*ROCCIA, 1976* e *TERAN e NOVARETTI, 1976*) a mortalidade de lagartas grandes, por parasitismo e fungos oscilou, em 1976, entre 13 e 80% aproximadamente. No entanto, outros fatores de mortalidade, como predação por formigas (*SOUZA e SILVA, 1978*), por exemplo, poderiam aumentar essas percentagens de mortalidade. Em vista disso, escolhemos os valores de 60 e 90% como mortalidade mínima e máxima, respectivamente.

Para mortalidade de pupas, os únicos dados que encontramos foram os de *GUEVARA (1976)* que cita uma mortalidade mínima de 0% e máxima de 50%. Esses dados foram obtidos a partir de somente 18 pupas, e acreditamos serem um sub-estimativa. Escolhemos, como percentagens de mortalidade mínima e máxima os valores de 15 e 60%, respectivamente.

Não encontramos dados referentes a mortalidade de adultos, em condições naturais. No entanto, a maneira como foi calculada a mortalidade de adultos subentende também a mortalidade de ovos. *PICKLES (1936)* cita valores entre 14 e 70% de mortalidade mínima e máxima, respectivamente. *TUCKER (1933)* estima valores entre 25 e 85%. Para *TERAN (1975)* a mortalidade de ovos oscilou entre 32 e 100%. Escolhemos os valores de 60 e 99%, respectivamente para mortalidade mínima e máxima de adultos e ovos.

Na tabela 20 constam as percentagens mensais de mortalidade de cada estágio, para as regiões amostradas.

Tabela 19 - Valores máximos e mínimos dos Índices de mortalidade (Im) e da percentagem de mortalidade de cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis* e estimativa dos parâmetros A e B da equação 31.

	LAGARTAS PEQUENAS	LAGARTAS GRANDES	PUPAS	ADULTOS E OVOS
Im Máx.	2,27	6,39	1,62	2,25
Im Mín.	0,27	1,03	0,13	0,15
Mort. Máx.	95,00	90,00	60,00	99,00
Mort. Mín.	60,00	60,00	15,00	60,00
Â	55,28	54,25	11,07	57,21
Ê	17,50	5,60	30,20	18,57

Tabela 20.a - Percentagens mensais de mortalidade para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*, para a região de Ribeirão Preto, São Paulo.

MESES	ML ₁	ML ₂	MP	MA
J	77,85	78,15	19,68	65,01
F	88,75	84,66	16,13	70,08
M	76,94	74,10	16,09	73,74
A	79,21	81,45	20,59	83,91
M	79,12	85,79	21,12	80,99
J	74,95	88,83	17,84	92,31
J	63,85	75,65	16,14	84,05
A	66,43	67,93	19,38	78,38
S	75,05	73,74	18,87	76,42
O	72,03	78,49	15,45	83,21
N	69,76	75,89	16,36	78,90
D	69,85	80,73	18,02	80,99

Tabela 20.b - Percentagens mensais de mortalidade para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*, para a região de Jaú, São Paulo.

MESES	ML ₁	ML ₂	MP	MA
J	89,67	65,23	16,81	79,50
F	80,13	64,33	17,57	79,69
M	78,45	71,30	16,93	71,85
A	73,13	69,95	18,78	71,93
M	75,40	68,88	26,17	76,67
J	73,13	69,70	37,53	77,16
J	64,21	69,56	25,35	72,03
A	67,14	72,56	23,38	79,41
S	69,98	67,00	18,75	74,67
O	71,25	75,27	17,87	81,91
N	80,22	76,87	17,65	75,83
D	86,96	70,29	18,78	75,79

Tabela 20.c - Percentagens mensais de mortalidade para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*, para a região de Piracicaba, São Paulo.

MESES	ML ₁	ML ₂	MP	MA
J	83,98	62,29	38,41	65,48
F	82,61	61,79	41,05	70,28
M	71,13	71,19	29,01	66,65
A	73,70	80,57	18,32	73,28
M	74,35	65,85	23,08	73,14
J	77,96	76,36	27,69	74,19
J	84,63	78,78	41,50	70,26
A	78,90	70,56	19,83	69,56
S	73,41	61,00	19,71	70,44
O	74,22	68,93	22,93	74,58
N	75,32	73,94	20,66	70,49
D	75,23	74,57	23,76	70,21

Tabela 20.d - Percentagens mensais de mortalidade para cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*, para a região de Araraquara, São Paulo.

MESES	ML ₁	ML ₂	MP	MA
J	79,34	73,62	35,99	64,46
F	80,04	64,22	49,96	63,44
M	79,53	69,51	23,88	63,27
A	87,77	70,16	33,42	75,88
M	79,73	74,13	30,48	67,99
J	79,25	68,93	28,53	76,53
J	70,55	70,64	25,42	77,88
A	66,08	66,22	18,32	72,03
S	80,51	65,32	16,33	84,92
O	76,85	65,25	16,74	94,22
N	73,83	69,73	17,27	99,00
D	67,62	71,41	16,96	99,00

5.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima

A sobrevivência de cada estágio, o número de lagartas pequenas na geração 1 e na geração 2 e a probabilidade de fecundidade máxima (Capítulos 4.6. e 4.7.) constam na tabela 21, considerando-se 0,5 como proporção de fêmeas e 600 ovos como fecundidade máxima.

Tabela 21.a - Número de lagartas pequenas na geração 1 ($N_{1(g1)}$), sobrevivência de lagartas pequenas (SL_1), sobrevivência de lagartas grandes (SL_2), sobrevivência de pupas (SP), sobrevivência de adultos (SA) e a probabilidade de fecundidade máxima (PFmax) da *D. saccharalis*, na Região de Ribeirão Preto, São Paulo.

$N_{1(g1)}$	SL_1	SL_2	SP	SA	$N_{2(g2)}$	PFmax
59,68	0,0915	0,2593	0,8334	0,1739	18,35	0,30
54,84	0,1053	0,2690	0,8293	0,1529	14,54	0,25
43,13	0,1401	0,2757	0,8205	0,1369	10,77	0,19
32,92	0,1773	0,2746	0,8123	0,1470	8,92	0,16
22,98	0,2193	0,2643	0,8063	0,1604	7,08	0,14
15,75	0,2544	0,2467	0,7890	0,1864	5,23	0,12
11,94	0,2722	0,2236	0,7747	0,2063	3,69	0,11
16,51	0,2572	0,1968	0,7749	0,2004	2,77	0,07
20,91	0,2338	0,1682	0,7848	0,1598	1,85	0,06
22,95	0,2276	0,1545	0,7890	0,0905	0,92	0,05
24,40	0,2213	0,1519	0,7890	0,0292	0,00	0,00
26,06	0,2155	0,1495	0,7916	0,0314	0,69	0,11
27,63	0,2097	0,1475	0,8001	0,0994	1,38	0,07
29,29	0,2054	0,2457	0,8109	0,1112	2,08	0,09
30,46	0,2022	0,1439	0,8183	0,1291	2,77	0,10
31,62	0,1992	0,1420	0,8251	0,1506	4,69	0,14
32,95	0,1958	0,1399	0,8308	0,1794	7,23	0,18
34,20	0,1925	0,1375	0,8347	0,1975	9,77	0,22
37,27	0,1905	0,1335	0,8386	0,2090	12,31	0,25
33,88	0,2032	0,1260	0,8409	0,2179	14,15	0,30
43,75	0,1970	0,1038	0,8369	0,2286	14,62	0,29
40,58	0,2395	0,1101	0,8212	0,2396	15,08	0,24
33,50	0,2027	0,2448	0,8008	0,2522	15,54	0,15
26,89	0,1819	0,3097	0,7821	0,2551	16,00	0,18
17,96	0,2419	0,3220	0,7833	0,2326	15,54	0,20
14,13	0,2585	0,3283	0,7885	0,2159	15,31	0,25
10,03	0,2828	0,3258	0,7952	0,1985	15,08	0,34
6,73	0,3073	0,3218	0,8062	0,1839	14,85	0,50
3,43	0,3393	0,3150	0,8171	0,1699	14,62	0,96
0,14	0,3928	0,3047	0,8280	0,1577	14,39	4,40
1,01	0,3766	0,2984	0,8351	0,1519	14,15	3,28
2,09	0,3510	0,2698	0,8419	0,1602	14,23	1,78
3,63	0,3225	0,2485	0,8470	0,1691	14,31	1,13
4,92	0,3078	0,2321	0,8494	0,1786	14,54	0,91
8,20	0,2704	0,2269	0,8462	0,1991	15,00	0,59
9,92	0,2544	0,2264	0,8448	0,2088	15,23	0,51
12,86	0,2371	0,2170	0,8414	0,2198	15,69	0,43
14,43	0,2455	0,2059	0,8436	0,2115	16,23	0,42
14,74	0,2518	0,2080	0,8415	0,2058	16,58	0,42

Tabela 21.b - Número de lagartas pequenas na geração 1 ($N_{1(g_1)}$), sobrevivência de lagartas pequenas (SL_1), sobrevivência de lagartas grandes (SL_2), sobrevivência de pupas (SP), sobrevivência de adultos (SA) e a probabilidade de fecundidade máxima (PFmax) da *D. saccharalis*, na Região de Jau, São Paulo.

$N_{1(g_1)}$	SL_1	SL_2	SP	SA	$N_{1(g_2)}$	PFmax
9,44	0,20	0,28	0,83	0,28	25,06	0,68
9,53	0,21	0,28	0,83	0,28	26,46	0,68
9,01	0,21	0,28	0,83	0,28	23,62	0,65
8,52	0,21	0,29	0,83	0,28	18,54	0,54
8,09	0,20	0,29	0,82	0,26	13,46	0,43
7,65	0,20	0,30	0,82	0,24	8,38	0,31
7,63	0,20	0,30	0,81	0,23	4,77	0,19
7,91	0,19	0,30	0,80	0,22	4,08	0,17
8,99	0,19	0,31	0,79	0,22	3,38	0,12
10,43	0,22	0,30	0,78	0,22	2,69	0,08
10,76	0,23	0,30	0,25	0,21	2,00	0,06
11,06	0,23	0,30	0,23	0,22	2,00	0,05
11,39	0,23	0,30	0,67	0,24	2,00	0,05
11,69	0,24	0,30	0,67	0,25	2,00	0,05
11,99	0,24	0,30	0,64	0,26	2,00	0,05
12,77	0,25	0,31	0,60	0,29	2,00	0,04
13,79	0,26	0,31	0,59	0,31	3,54	0,06
14,78	0,27	0,31	0,68	0,24	4,46	0,07
15,86	0,27	0,31	0,73	0,20	5,38	0,09
17,75	0,27	0,30	0,75	0,19	7,00	0,11
19,52	0,26	0,30	0,76	0,21	10,00	0,13
20,99	0,25	0,31	0,76	0,24	13,00	0,15
22,33	0,24	0,31	0,76	0,26	16,00	0,16
23,68	0,24	0,30	0,76	0,27	19,00	0,18
26,49	0,24	0,28	0,78	0,26	17,62	0,17
21,78	0,26	0,27	0,80	0,23	16,23	0,19
6,58	0,33	0,27	0,81	0,21	15,54	0,51
4,05	0,35	0,28	0,81	0,20	14,85	0,78
3,05	0,32	0,29	0,82	0,18	14,16	1,13
2,05	0,36	0,30	0,82	0,16	13,46	1,52
2,00	0,36	0,32	0,82	0,17	13,69	1,48
2,00	0,34	0,33	0,82	0,18	13,92	1,41
2,00	0,33	0,35	0,82	0,19	14,62	1,38
2,00	0,33	0,34	0,82	0,20	15,31	1,37
2,00	0,32	0,34	0,82	0,21	16,00	1,41
2,43	0,31	0,37	0,82	0,23	16,69	1,20
4,19	0,29	0,30	0,83	0,24	18,08	0,83
4,86	0,29	0,27	0,83	0,25	18,43	0,77
5,66	0,31	0,23	0,83	0,25	18,77	0,73
9,25	0,31	0,20	0,83	0,25	18,08	0,51

Tabela 21.c - Número de lagartas pequenas na geração 1 ($N_{1(g_1)}$), sobrevivência de lagartas pequenas (SL_1), sobrevivência de lagartas grandes (SL_2), sobrevivência de pupas (SP), sobrevivência de adultos (SA) e a probabilidade de fecundidade máxima (PFmax) da *D. saccharalis*, na Região de Piracicaba, São Paulo.

$N_{1(g_1)}$	SL_1	SL_2	SP	SA	$N_{1(g_2)}$	PFmax
30,96	0,0761	0,6509	0,7573	0,2667	13,08	0,14
27,66	0,1114	0,3172	0,7795	0,2585	12,31	0,20
23,58	0,1548	0,2869	0,8005	0,2603	12,77	0,19
19,43	0,1953	0,2519	0,8176	0,2688	13,23	0,21
15,76	0,2305	0,2185	0,8212	0,2726	13,69	0,26
12,27	0,2611	0,1953	0,8191	0,2753	13,46	0,32
9,34	0,2866	0,1834	0,8174	0,2679	11,85	0,37
7,75	0,3049	0,1754	0,8131	0,2628	10,23	0,39
6,49	0,3153	0,1676	0,8067	0,2579	8,62	0,40
6,25	0,3251	0,1609	0,7983	0,2544	7,00	0,35
7,93	0,3180	0,1659	0,7887	0,2537	6,31	0,25
8,69	0,3125	0,1860	0,7763	0,2557	5,62	0,22
9,35	0,3079	0,2063	0,7637	0,2604	4,92	0,14
10,01	0,3033	0,2277	0,7524	0,2654	4,23	0,10
10,82	0,2979	0,2550	0,7367	0,2760	4,00	0,08
11,79	0,2940	0,2832	0,7272	0,2926	4,00	0,06
12,50	0,2912	0,3130	0,7290	0,3075	4,00	0,05
13,06	0,2889	0,3441	0,8190	0,3038	4,00	0,04
13,61	0,2867	0,3740	0,6368	0,2954	6,08	0,07
14,53	0,2832	0,3703	0,5356	0,3127	12,31	0,16
15,95	0,2786	0,3486	0,5999	0,3146	18,54	0,21
17,42	0,2741	0,2935	0,2798	0,3127	24,77	0,26
19,50	0,2689	0,1933	0,8108	0,3127	31,00	0,40
23,41	0,2600	0,1996	0,8168	0,2927	31,92	0,37
24,68	0,2565	0,2116	0,8168	0,2777	32,85	0,36
22,71	0,2555	0,2516	0,8153	0,2676	33,31	0,35
18,76	0,2263	0,3275	0,8053	0,2523	34,23	0,40
14,70	0,2188	0,3651	0,7827	0,2474	34,00	0,49
12,90	0,2090	0,3817	0,7797	0,2530	33,31	0,55
13,03	0,1680	0,3934	0,7689	0,2590	32,04	0,62
12,30	0,1420	0,3984	0,7654	0,2654	30,77	0,73
6,32	0,2065	0,3998	0,7654	0,2746	29,50	0,90
4,61	0,2173	0,3998	0,7672	0,2438	28,23	1,08
4,02	0,2025	0,3998	0,7710	0,2930	26,96	1,21
4,00	0,1869	0,3859	0,7798	0,2988	25,69	1,27
4,00	0,2348	0,3524	0,7917	0,3007	24,89	1,05
4,00	0,2925	0,2910	0,8073	0,3011	24,08	0,97
5,08	0,3143	0,2469	0,8081	0,3001	24,20	0,84
3,82	0,3065	0,2466	0,805	0,2992	24,31	0,49

Tabela 21.d - Número de lagartas pequenas na geração 1 ($N_{1(g_1)}$), sobrevivência de lagartas pequenas (SL_1), sobrevivência de lagartas grandes (SL_2), sobrevivência de pupas (SP), sobrevivência de adultos (SA) e a probabilidade de fecundidade máxima (PFmax) da *D. saccharalis*, na Região de Araraquara, São Paulo.

$N_{1(g_1)}$	SL_1	SL_2	SP	SA	$N_{1(g_2)}$	PFmax
32,50	0,20	0,30	0,80	0,25	29,62	0,25
26,57	0,22	0,29	0,81	0,22	21,25	0,23
21,38	0,23	0,29	0,80	0,23	17,58	0,22
16,67	0,24	0,30	0,79	0,25	15,50	0,22
11,90	0,26	0,30	0,73	0,28	13,42	0,23
11,77	0,25	0,31	0,60	0,32	11,38	0,21
15,05	0,23	0,32	0,46	0,35	9,46	0,18
23,18	0,18	0,31	0,57	0,34	7,62	0,10
29,00	0,16	0,30	0,66	0,31	5,77	0,07
32,20	0,15	0,28	0,70	0,26	3,93	0,05
35,83	0,14	0,25	0,74	0,22	2,66	0,04
39,90	0,13	0,23	0,76	0,20	1,97	0,04
43,39	0,13	0,24	0,75	0,19	1,27	0,02
45,86	0,12	0,26	0,69	0,17	0,58	0,01
48,19	0,12	0,27	0,68	0,20	2,27	0,04
50,37	0,12	0,28	0,72	0,28	2,54	0,08
55,17	0,11	0,30	0,73	0,30	14,00	0,12
60,69	0,11	0,31	0,74	0,30	20,46	0,15
66,22	0,11	0,31	0,75	0,30	26,12	0,17
68,62	0,12	0,31	0,77	0,27	29,35	0,18
63,42	0,15	0,31	0,80	0,23	30,96	0,19
54,19	0,20	0,29	0,81	0,20	32,58	0,21
44,38	0,22	0,29	0,82	0,17	34,19	0,29
33,19	0,20	0,32	0,83	0,14	32,81	0,44
22,45	0,19	0,34	0,83	0,12	28,43	0,63
16,73	0,21	0,35	0,83	0,12	26,23	0,72
13,02	0,23	0,35	0,83	0,11	24,04	0,82
8,24	0,27	0,35	0,84	0,10	21,85	1,11
2,90	0,33	0,35	0,84	0,10	19,66	2,51
2,19	0,34	0,34	0,84	0,19	12,46	3,11
1,45	0,36	0,34	0,84	0,06	15,73	5,85
0,60	0,37	0,34	0,84	0,04	14,00	20,83
2,27	0,35	0,35	0,84	0,02	12,00	3,30
5,54	0,29	0,35	0,84	0,01	11,00	7,64
14,45	0,21	0,36	0,83	0,01	8,00	2,92
18,91	0,18	0,36	0,83	0,01	6,50	2,08
26,79	0,18	0,35	0,82	0,01	4,08	0,98
29,17	0,19	0,35	0,82	0,01	3,15	0,67
30,39	0,20	0,34	0,82	0,01	3,39	0,67

A probabilidade de fecundidade máxima mensal, para cada região, consta na tabela 22.

Tabela 22 - Probabilidade de fecundidade máxima (PFMax) mensal da *D. saccharalis* para as quatro regiões amostradas (Ribeirão Preto, Jaú, Piracicaba e Araraquara).

MESES	RIBEIRÃO PRETO	JAU	PIRACI- CABA	ARARA- QUARA
J	-	-	-	-
F	-	-	-	-
M	-	0,67	0,23	0,23
A	0,15	0,40	0,28	0,22
M	0,06	0,09	0,27	0,08
J	0,11	0,05	0,07	0,03
J	0,23	0,10	0,10	0,12
A	0,23	0,16	0,31	0,24
S	0,41	0,69	0,39	0,80
O	0,94	1,00	0,87	1,00
N	0,43	0,69	0,95	0,92
D	-	-	-	-

5.8. Desenvolvimento dos sub-modelos

Na tabela 23 encontram-se os resultados referentes aos sub-modelos desenvolvidos pelo método de regressão linear múltipla, para as mortalidades de cada estágio e para a probabilidade de fecundidade máxima, enquanto que a tabela 24 apresenta os sub-modelos desenvolvidos pelo método alternativo.

Vale a seguinte notação para as tabelas 23 e 24.

- UR = Umidade relativa (%).
 Pre = População de predadores (nº de insetos).
 Tm = Temperatura média (°C).
 NL₂ = População de lagartas grandes (nº de insetos).
 TmA = Média das temperaturas máximas (°C).
 AT = Amplitude térmica (°C).
 PPT = Precipitação (mm de chuva).
 NA = População de adultos (nº de insetos).
 TmM = Média das temperaturas mínimas (°C).

Tabela 23 - Sub-modelos desenvolvidos pelo método de regressão linear múltipla, para mortalidades de lagartas pequenas, lagartas grandes, pupas e adultos e probabilidade de fecundidade máxima da *D. saccharalis*, coeficientes de determinação da regressão múltipla e nº de observações.

ESTÁGIO	SUB-MODELO	R ²	n
Lagartas pequenas	45,54 + 0,36 UR + 1,48 L (Pre + 1)	0,26	48
Lagartas grandes	42,35 - 2,60 Tm + 0,22 NL ₂ + 2,98 TmA	0,23	48
Pupas	- 0,08 - 0,32 TmA + 0,71 AT + 1,22 (10 ⁻²) PPT	0,20	48
Adultos e ovos	34,99 + 1,96 TmA - 5,42 L (Pre + 1)	0,46	48
Probabilidade de Fec.Máxima	- 0,51 + 0,06 TmM + 5,43 (10 ⁻³) NA	0,40	34

Tabela 24 - Sub-modelos desenvolvidos pelo método alternativo, para mortalidades de lagartas pequenas, lagartas grandes, pupas e adultos e probabilidade de fecundidade máxima da *D. saccharalis*, coeficientes de determinação da regressão múltipla e nº de observações.

ESTÁGIO	SUB-MODELOS*	R ²	n
Lag. pequenas	$82,64 - \frac{5,66}{L(\text{Pre}+1)} + 0,44(T_m - T_{\bar{m}})^4 - \frac{5349,32}{\exp(\text{UR}/10)}$	0,35	48
Lag. grandes	$46,42 + \frac{255,56}{\text{PPT}} + 3,09 L(\text{NL}_2+1) + 0,56 T_m A$	0,34	48
Pupas	$33,26 + 0,42(T_m - T_{\bar{m}})^2 + 3,16(10^{-4})(\text{PPT} - \overline{\text{PPT}})^2 - 0,20 \text{UR}$	0,30	48
Adultos e ovos	$94,95 - 0,16 \text{NA} - 0,30 \text{UR} - 1,48(10^{-2}) \text{PPT}$	0,22	48
Probabilidade de fecund. máx.	$-0,75 + 0,17L(\text{NA}+1) + 3,93(10^{-2})T_m - 1,45(10^{-2}) \text{UR} - \bar{\text{UR}} $	0,45	34

5.9. Técnica do indivíduo estéril

5.9.1. Esterilização dos adultos

Na tabela 25 constam os resultados referentes a longevidade, fecundidade dos insetos que copularam, fertilidade e viabilidade dos ovos e espermatozoides por fêmea, por repetição, para cada tratamento.

*As variáveis encontram-se na ordem em que foram introduzidas nos sub-modelos (Ver Capítulo 4.8.2.).

Tabela 25 - Longevidade e fecundidade de adultos que copularam, ovos, férteis, larvas eclodidas, espermatóforos por fêmea, por repetição e média (\hat{m}) e erro padrão da média (ep) dos parâmetros biológicos, em cada tratamento (dose).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	3	3	89	70	63	1
	2	4	5	380	346	283	2
	3	2	4	210	196	191	1
	4	7	8	574	535	430	1
	5	8	5	140	80	65	1
	6	16	11	281	164	106	2
	7	10	8	291	291	135	1
	8	8	14	425	352	352	1
	9	3	1	20	2	1	2
	10	8	7	199	127	64	1
	11	3	3	140	127	81	1
	12	12	12	598	470	420	1
	13	5	9	327	314	230	1
	14	9	8	244	232	127	1
0	15	8	12	79	20	0	1
	16	4	13	194	159	159	1
	17	9	6	67	0	0	1
	18	7	12	239	205	176	1
	19	6	5	164	0	0	1
	20	8	4	326	161	70	1
	21	12	6	241	238	217	1
	22	7	6	348	321	168	1
	23	8	4	116	48	3	1
	24	5	6	0	0	0	1
	25	5	4	155	0	0	1
	26	8	5	223	223	175	1
	Σ	-	-	6.070	4.681	3.516	
	\hat{m}	7,12	6,96	233,46	180,04	135,23	1,12
	ep	0,63	0,69	29,39	29,33	25,14	0,06

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	3	4	56	17	12	1
	2	5	4	410	400	362	1
	3	7	9	374	358	250	1
	4	8	7	386	339	180	1
	5	6	10	492	383	310	1
	6	5	4	381	331	145	1
	7	7	5	96	17	17	1
5	8	9	12	411	381	288	1
	9	4	12	80	0	0	1
	10	10	9	300	190	72	1
	11	9	10	282	215	200	1
	12	6	7	131	106	54	1
	13	8	7	274	198	132	1
	14	6	13	359	339	249	1
	Σ	-	-	4.032	3.274	2.211	
	̂m	6,64	8,07	288,00	233,86	162,21	1,00
	ep	0,54	0,83	37,89	39,72	31,93	0,00

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	4	5	312	0	0	2
	2	6	5	316	204	123	1
	3	2	3	83	18	9	1
	4	8	11	650	614	410	1
	5	6	11	107	95	63	1
	6	5	6	741	308	230	1
	7	4	4	395	347	200	1
	8	8	9	178	65	35	1
10	9	6	7	117	81	14	2
	10	7	6	578	470	331	1
	11	8	4	371	215	131	1
	12	10	12	219	134	104	1
	13	9	12	374	224	189	1
	14	5	9	206	74	0	1
	15	7	6	257	196	55	1
	16	5	2	351	225	105	1
	Σ	-	-	5.255	3.270	1.999	-
	m̄	6,25	7,00	328,44	204,38	124,94	1,13
	ep	0,52	0,82	48,04	41,61	30,22	0,09

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	5	6	176	0	0	1
	2	1	6	0	0	0	1
	3	2	10	52	0	0	1
	4	10	14	540	518	264	1
	5	11	6	0	0	0	1
	6	6	5	491	415	187	1
	7	8	2	504	472	116	1
	8	5	6	313	212	24	1
15	9	5	4	271	223	130	1
	10	8	13	420	175	111	1
	11	8	10	256	140	12	1
	12	9	9	368	313	134	1
	13	8	11	196	0	0	1
	14	3	10	231	114	11	1
	Σ	-	-	3.818	2.580	989	-
	̄m	6,36	8,00	272,71	184,29	70,64	1,00
	ep	0,80	0,94	48,02	49,26	23,00	0,00

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	8	5	247	204	65	1
	2	8	7	522	386	102	3
	3	4	9	135	78	8	1
	4	5	4	131	18	0	2
	5	3	3	150	85	0	1
	6	5	5	227	0	0	1
	7	9	7	89	0	0	1
20	8	12	4	198	0	0	1
	9	7	12	278	0	0	1
	10	9	11	476	298	25	2
	11	5	9	218	154	0	1
	12	10	10	185	53	0	1
	13	14	14	462	279	166	1
	14	13	13	330	183	59	1
	Σ	-	-	3.648	1.738	425	-
	̂m	8,00	8,07	260,57	124,14	30,36	1,29
	ep	0,91	0,96	36,87	34,38	13,56	0,16

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	5	5	129	46	1	1
	2	4	7	181	134	67	2
	3	3	5	190	183	15	1
	4	6	7	190	0	0	1
	5	3	5	381	337	23	1
	6	8	6	403	287	13	1
25	7	6	5	208	24	0	2
	8	11	8	1.011	803	427	1
	9	10	10	200	0	0	1
	10	11	8	314	0	0	1
	11	7	8	156	141	77	1
	12	10	10	290	0	0	1
	13	8	10	471	336	106	1
	Σ	-	-	4.124	2.291	729	
	· m̂	7,08	7,23	317,23	176,23	56,08	1,15
	ep	0,80	0,54	64,81	63,24	32,42	0,11

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	8	4	199	25	0	1
	2	4	5	200	58	0	2
	3	6	4	365	352	103	2
	4	4	11	429	404	34	1
	5	6	7	320	253	0	1
	6	3	5	220	202	9	1
	7	4	8	190	168	45	1
	8	5	9	479	414	23	1
30	9	7	9	357	241	160	1
	10	5	7	52	7	0	1
	11	11	11	356	170	5	1
	12	6	11	222	140	0	1
	13	9	11	478	0	0	1
	14	10	8	290	124	0	2
	15	8	9	308	142	0	1
	16	10	10	247	117	8	1
	Σ	-	-	4.712	2.817	387	-
	\hat{m}	6,63	8,06	294,50	176,06	24,19	1,19
	ep	0,62	0,63	28,88	32,62	11,32	0,10

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	6	5	259	244	6	1
	2	4	5	286	270	0	1
	3	4	5	332	289	10	1
	4	3	5	109	69	0	1
	5	8	5	647	627	47	1
	6	6	10	678	611	80	1
	7	6	8	187	124	23	1
35	8	12	11	355	50	0	1
	9	7	11	113	0	0	1
	10	11	9	479	184	0	1
	11	4	4	130	70	4	1
	12	10	6	276	0	0	1
	13	6	13	247	128	0	1
	14	6	5	273	50	5	1
	Σ	-	-	4.371	2.716	175	-
	\hat{m}	6,64	7,29	312,21	194,00	12,50	1,00
	ep	0,73	0,79	47,83	54,26	6,26	0,00

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	4	7	534	413	0	1
	2	2	8	72	15	0	1
	3	6	6	302	184	15	1
	4	8	10	339	0	0	3
	5	7	7	168	0	0	1
	6	8	9	304	0	0	1
	7	4	6	122	46	0	1
40	8	6	10	326	86	0	1
	9	7	9	172	80	0	1
	10	11	8	291	51	0	1
	11	6	10	350	0	0	1
	12	13	13	258	104	0	1
	13	13	6	329	0	0	1
	Σ	-	-	3.567	979	15	-
	̂m	7,31	8,38	274,38	75,31	1,15	1,15
	ep	0,93	0,57	33,12	32,05	1,15	0,15

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	9	4	224	132	4	1
	2	2	6	0	0	0	1
	3	8	7	269	5	0	3
	4	8	6	225	0	0	1
	5	8	5	265	44	0	1
	6	10	9	307	0	0	2
	7	6	6	467	0	0	1
45	8	8	15	16	0	0	1
	9	10	7	339	0	0	1
	10	11	7	512	0	0	1
	11	7	5	286	111	0	1
	12	8	7	223	0	0	1
	13	13	8	433	52	0	1
	Σ	-	-	3.566	344	4	-
	\hat{m}	8,31	7,08	274,31	26,46	0,31	1,23
	ep	0,73	0,75	41,90	12,74	0,31	0,17

- Continua -

Tabela 25 (Continuação).

DOSE (KRAD)	REPE- TIÇÃO	LONGEVIDADE (DIAS)		OVOS POSTOS	OVOS FÉRTEIS	LARVAS ECLODIDAS	ESPERMA- TÓFOROS
		♀	♂				
	1	4	4	55	0	0	1
	2	3	6	329	292	0	1
	3	3	8	120	36	0	1
	4	7	8	388	296	0	1
	5	5	4	322	198	0	1
	6	3	6	174	89	0	1
	7	5	10	82	0	0	2
	8	6	6	303	0	0	1
50	9	8	9	281	0	0	1
	10	11	9	178	0	0	2
	11	14	10	340	190	0	1
	12	9	9	431	0	0	1
	13	14	8	327	15	0	1
	14	13	9	155	0	0	1
	15	13	1	224	85	0	1
	Σ	-	-	3.709	1.201	0	-
	\hat{m}	7,87	7,13	247,27	80,07	0,00	1,13
	ep	1,08	0,67	29,66	28,34	0,00	0,09

Na tabela 26 encontram-se os resultados referentes as percentagens dos machos que copularam, ovos inférteis, mutações letais dominantes e ovos inviáveis, para cada tratamento.

Tabela 26 - Número de repetições, percentagens de machos que copularam, percentagens de ovos inférteis, percentagens de embriões com mutação letal dominante (MLD) e percentagens de ovos inviáveis por tratamento (doses).

TRATA- MENTO	REPE- TIÇÃO	% DE MACHOS QUE COPULARAM	% DE OVOS INFÉRTEIS	% DE MLD	% DE OVOS INVIÁVEIS
0	48	54,17	22,88	24,89	42,08
5	23	60,87	18,80	32,47	45,16
10	23	69,57	37,77	38,87	61,96
15	23	60,87	32,43	61,67	74,10
20	23	60,87	52,36	75,55	88,35
25	23	56,52	44,45	68,18	82,32
30	23	69,57	40,22	86,26	91,79
35	22	63,64	62,14	93,56	96,00
40	22	59,09	72,55	98,47	99,58
45	22	59,09	90,35	98,84	99,89
50	22	68,18	67,62	100,00	100,00

As estimativas dos parâmetros das regressões entre as doses e os dados biológicos com os coeficientes de determinação e respectivos valores do teste t e graus de liberdade encontram-se na tabela 27.

Tabela 27 - Coeficientes de determinação (R^2), respectivos valores de t e graus de liberdade e estimativa dos parâmetros (a e b) das regressões entre as doses e a percentagem de machos que copularam, longevidade dos machos e fêmeas, espermatóforos por fêmea, fecundidade e percentagem de ovos inférteis, mutações letais dominantes e ovos não viáveis.

	% MACHOS QUE COPU- LARAM	LONGEVI- DADE DOS MACHOS	LONGEVI- DADE DAS FÊMEAS	ESPERMATÓ- FOROS POR MACHO	FECUNDI- DADE	% OVOS NÃO FÉR- TEIS	% DE MLD	% OVOS NÃO VIÁ- VEIS
\hat{a}	59,96	7,59	6,53	1,08	283,69	19,16	366,17	33,62
\hat{b}	0,08	$-0,7 \cdot 10^{-3}$	0,02	$1,7 \cdot 10^{-3}$	-0,06	1,20	214,46	10,09
R^2	0,07	$0,5 \cdot 10^{-3}$	0,31	0,09	$0,13 \cdot 10^{-2}$	0,81	0,95	0,93
t	0,83	-0,06	2,01	0,93	-0,11	6,19*	10,63*	7,98*
GL	9	9	9	9	9	9	9	9
Transformação das variáveis	-	-	-	-	-	-	Y^2	$X^{0,5}$

*Significativo a 1%.

5.9.2. Sobrevivência dos adultos

Na tabela 28 constam o número de insetos vivos por dia e a probabilidade de sobrevivência observada, bem como a estimativa desses valores, pela distribuição de Weibull.

Tabela 28 - Número de adultos vivos (V) e probabilidade de sobrevivência diária (Px) observada e valores correspondentes estimados pela distribuição de Weibull.

x (dias)	V	Px	\hat{V}	\hat{P}_x
0	552	1,000	552,00	1,000
1	540	0,9783	544,13	0,9858
2	524	0,9493	518,40	0,9392
3	495	0,8967	475,65	0,8618
4	429	0,7772	419,42	0,7600
5	360	0,6522	354,90	0,6431
6	299	0,5417	287,82	0,5216
7	242	0,4384	223,50	0,4050
8	171	0,3098	166,02	0,3008
9	118	0,2138	117,88	0,2136
10	78	0,1413	79,95	0,1438
11	50	0,0906	51,77	0,0937
12	31	0,0562	31,98	0,0579
13	17	0,0308	18,84	0,0341
14	7	0,0127	10,58	0,0191
15	2	0,0036	5,66	0,0102

As estimativas dos parâmetros da distribuição de Weibull para a sobrevivência dos adultos o valor de X^2 calculado entre o número de insetos vivos por dia, observado e estimado e a longevidade média constam na tabela 29.

Tabela 29 - Longevidade média, estimativa de c e b da distribuição de Weibull e valor do teste de aderência (X^2) realizado entre o número de vivos (machos e fêmeas) observados e estimados, e graus de liberdade correspondentes.

Longevidade média (dias)	\hat{c}	\hat{b}	X^2	GL
6,50	2,13	7,34	7,18	12

5.9.3. Simulação da técnica do indivíduo estéril

Na tabela 30 constam as semanas de ocorrência de cada estágio de desenvolvimento da *D. saccharalis*, a partir de cada semana de origem. A semana de origem 1, corresponde à primeira semana de setembro.

Os resultados referentes as três simulações feitas ou seja, o desenvolvimento de uma população normal, o desenvolvimento de uma população onde foram liberados insetos estéreis em número igual aos existentes no campo, durante todas as gerações e o desenvolvimento de uma população na qual foram liberados nove vezes mais insetos estéreis do que os existentes no campo, durante a primeira geração constam nas tabelas 31, 32 e 33, respectivamente.

Tabela 30 - Semanas de ocorrência de cada estágio de desenvolvimento (adulto (A), ovos (O), lagartas pequenas (L₁), lagartas grandes (L₂) e pupas (P)) da *D. saccharalis* a partir de cada semana de origem.

1. ^a GERAÇÃO						2. ^a GERAÇÃO						3. ^a GERAÇÃO					
A	O	L ₁	L ₂	P		A	O	L ₁	L ₂	P		A	O	L ₁	L ₂	P	
1,0	2,0	5,7	10,0	12,7		13,9	14,6	17,2	20,5	23,2		24,5	25,2	27,9	31,9	36,0	
2,0	3,0	6,4	10,6	13,3		14,5	15,2	17,8	21,1	23,8		25,2	26,0	28,6	32,7	37,8	
3,0	4,0	7,3	11,3	14,0		15,2	15,8	18,4	21,7	24,6		25,9	26,6	29,2	33,5	42,4	
4,0	4,9	8,0	12,0	14,7		15,8	16,5	19,0	22,4	25,3		26,6	27,2	29,9	34,3	47,8	
5,0	5,8	8,9	12,8	15,4		16,6	17,3	19,7	23,2	26,2		27,3	28,0	30,7	35,4	48,8	
6,0	6,8	9,8	13,6	16,3		17,4	18,0	20,4	24,2	26,9		28,2	28,8	31,7	36,7	49,7	
7,0	7,8	10,6	14,5	17,1		18,2	18,8	21,2	25,1	27,8		29,0	29,7	32,8	38,0	50,5	
8,0	8,8	11,6	15,3	17,9		18,9	19,6	22,0	26,0	28,7		29,8	30,5	33,8	39,3	51,1	
9,0	9,7	12,5	16,2	18,7		19,7	20,3	22,9	26,9	29,5		30,8	31,6	34,9	41,0	51,3	
10,0	10,7	13,4	17,5	19,5		20,6	21,2	24,0	27,9	30,5		32,0	32,8	36,4	-	-	
11,0	11,7	14,4	18,0	20,4		21,4	22,1	25,0	28,8	31,7		33,2	34,0	37,9	-	-	
12,0	12,7	15,4	18,9	21,2		22,4	23,2	26,1	29,8	32,9		34,4	35,4	39,6	-	-	

Tabela 31 - Simulação do desenvolvimento de uma população normal de *D. saccharalis* (indivíduos por ha).

	1. ^a GERAÇÃO				2. ^a GERAÇÃO				3. ^a GERAÇÃO					
	A	O	L ₁	L ₂	P	A	O	L ₁	L ₂	P	A	O	L ₁	L ₂
20	3113	864	205	39	31	6064	1866	391	67	49	10846	3168	687	95
40	7567	1980	470	78	59	13568	3867	795	118	87	21660	5670	1229	148
60	12544	3081	731	111	84	20862	5552	1135	156	115	30235	6914	1390	162
80	17862	3956	939	135	103	26443	6607	1358	202	149	45098	8328	1805	195
90	20912	4466	1020	144	110	28575	6981	1435	211	166	50872	8729	1900	268
100	23758	4884	1116	168	128	37783	8078	1660	237	186	58127	9035	1968	275
100	23750	4884	1116	168	128	37783	8078	1660	237	186	58127	9035	1968	275
90	20912	4514	1031	158	119	34581	7652	1586	208	164	49989	7935	1727	249
80	20519	4593	1049	160	120	35148	7731	1602	210	164	45294	7143	1535	199
60	14537	3487	731	120	90	24975	6102	1265	175	139	36938	6596	-	-
40	8895	2276	477	78	59	15121	4299	891	133	105	26620	5464	-	-
20	3777	1026	215	41	31	6034	1852	384	67	53	11678	3060	-	-

Tabela 32 - Simulação do desenvolvimento de uma população da *D. saccharalis* na qual foram liberados, durante três gerações, insetos estéreis mantendo um número igual aos existentes no campo. (in-divíduos por ha).

	1. ^a GERAÇÃO					2. ^a GERAÇÃO					3. ^a GERAÇÃO				
	A	O	L ₁	L ₂	P	A	O	L ₁	L ₂	P	A	O	L ₁	L ₂	P
20	7567	495	117	24	24	19	7973	603	126	26	19	7973	598	130	25
40	17862	1025	243	45	45	34	16294	1130	232	43	32	14911	1045	227	39
60	29206	1442	342	60	60	46	22913	1480	305	54	40	19627	1177	255	43
80	41231	1624	385	66	66	51	25746	1619	333	64	47	26404	1508	327	53
90	48025	1699	388	66	66	51	25934	1628	335	64	51	28470	1592	347	67
100	54411	1708	390	71	71	55	31252	1790	368	70	54	31259	1694	369	71
100	54411	1708	390	71	71	55	31252	1790	368	70	54	31259	1694	369	71
90	48024	1727	395	72	72	54	31117	1784	370	65	51	28922	1501	327	64
80	46544	1860	425	77	77	58	33427	1872	388	68	53	26980	1377	296	53
60	33191	1592	333	63	63	47	26404	1589	330	59	47	23209	1243	-	-
40	20519	1148	240	45	45	34	17636	1226	254	47	38	17902	1023	-	-
20	8895	569	119	25	25	19	7679	580	120	25	20	8244	561	-	-

Nº de insetos estéreis liberados: 1857.

Tabela 33 - Simulação do desenvolvimento de uma população de *D. saccharalis* na qual foram liberados, durante a primeira geração, insetos estéreis mantendo um número nove vezes superior aos existentes no campo (indivíduos por ha).

	1. ^a GERAÇÃO					2. ^a GERAÇÃO					3. ^a GERAÇÃO				
	A	O	L1	L2	P	A	O	L1	L2	P	A	O	L1	L2	P
20	317462		22	5	1	1	77	26	5	2	0	0	0	0	0
40	325375		84	20	5	4	415	138	28	7	5	607	300	44	10
60	333310		182	43	10	8	1046	346	71	16	12	774	537	116	22
80	341266		293	70	16	12	1800	696	122	27	20	4102	1236	268	45
90	348466		366	84	18	14	2217	732	160	33	26	5498	1651	360	69
100	352488		443	101	22	17	3409	1070	220	45	35	8156	2436	530	96
100	352488		443	101	22	17	3409	1070	220	45	35	8156	2436	530	96
90	348465		373	85	20	15	2789	876	182	36	28	6194	1766	384	73
80	365193		192	40	10	8	1215	383	80	18	14	2179	626	-	-
60	360204		93	35	8	5	825	238	54	16	10	1039	325	-	-
40	356594		89	19	5	4	473	157	33	8	7	770	222	-	-
20	348018		23	5	2	1	67	22	5	1	1	0	0	-	-

Nº de insetos estéreis liberados: 7668.

6. DISCUSSÃO

6.1. Amostragem

6.1.1. Amostragem por armadilhas luminosas

A utilização de armadilhas atrativas, especialmente luminosas, não é a mais adequada para o levantamento populacional. A coleta realizada em uma determinada noite pode não refletir, em absoluto, o número de insetos existentes no campo. Outros fatores, tais como ocorrência de outras fontes luminosas, ventos fortes, chuvas, temperaturas extremas, etc., poderiam influir significativamente na atividade dos insetos. Assim, mesmo que a população seja alta em uma determinada noite a coleta de insetos pode ser baixa e vice-versa. Ao nosso ver a maneira de minimizar esse problema seriam coletas diurnas, utilizando-se o valor total para a coleta mensal. Por outro lado, coletas diurnas poderiam retirar da população um número significativo de insetos (especialmente em se tratando de insetos com baixa capacidade de dispersão), fazendo com que a amostragem interferisse na população amostrada. Não achamos que esse seja o caso para os insetos amostrados. A capacidade de dispersão de predadores é, normalmente, elevada, pois indivíduos desse tipo movem-se bastante em busca da presa. Quanto aos adultos da *D. saccharalis*, embora recentemente tenha sido indicada uma baixa capacidade de dispersão (BOTELHO *et alii*, 1978), cerca de 85% de fêmeas colétadas em armadilhas luminosas já haviam copulada uma ou mais vezes (GUEVARA, 1976) o que sugere que sua remoção da população natural não deva influenciar em muito no tamanho posterior

dessa mesma população.

De uma maneira geral aconselhamos, nesse tipo de amostragem, a se considerar a época em que ocorrem os picos populacionais, não enfatizando demasiadamente a altura desses picos.

6.1.2. Amostragem por levantamentos de campo

O método utilizado para os levantamentos de campo foi implementado, em 1975, no setor de Entomologia do CENA, pelo Dr. H. Long (LONG, 1975), especialista da IAEA, que exerceu suas atividades no Brasil por dois anos.

Embora esse método não seja o mais indicado para um estudo detalhado da dinâmica populacional da *D. saccharalis* os resultados obtidos permitiram uma estimativa que achamos razoável para o trabalho desenvolvido.

As unidades amostrais (colmos) tiveram sempre a mesma probabilidade de seleção, tendo um tamanho suficientemente pequeno para que um número grande (700) fosse amostrado cada mês, e, representando por si só, uma estimativa da densidade absoluta da população.

Reconhecemos como maiores restrições os intervalos entre as amostragens e a área amostrada.

A amostragem deveria ser feita baseada em intervalo fisiológico ao invés de cronológico. É óbvio que o intervalo entre dois estágios consecutivos de desenvolvimento do inseto é menor no verão do que no inverno. A quantidade mínima de graus dias necessária para o desenvolvimento de um estágio no outro deveria regular o intervalo entre as amostragens. Infelizmente, na época essa informação não era conhecida.

Como na época também não havia informações referentes às

populações da broca nas diversas regiões do Estado, foi necessário amostrar uma grande área, em detrimento de informações mais detalhadas, em área menor. Agora que se sabe não haver diferenças excessivas entre as diversas regiões foi possível o planejamento de amostragem bastante mais detalhada, em uma pequena área (1 ha), o que se encontra atualmente em andamento (WALDER, 1979).

De uma maneira geral consideramos a amostragem realizada válida para a obtenção de informações gerais e construção de modelo preliminar.

6.2. Distribuição das formas imaturas

Da análise dos dados verificamos que as lagartas da broca não estão dispersas ao acaso. O teste X^2 para distribuição de Poisson foi significativo sempre que calculado indicando um afastamento das frequências calculadas pela distribuição de Poisson das frequências observadas.

Para lagartas pequenas a distribuição que mais aproximou-se da distribuição amostral foi a binomial negativa. Os resultados obtidos, tanto através do teste t de U como do X^2 foram semelhantes. Pelo primeiro teste somente em abril e novembro a Binomial Negativa diferiu significativamente da distribuição observada. Pelo teste de X^2 a Binomial Negativa só não foi adequada para a descrição dos dados observados em novembro, se bem que em abril o valor de X^2 aproximou-se bastante do valor crítico. Em fevereiro, maio, junho e setembro as frequências calculadas pelas três distribuições estudadas não diferiram significativamente (teste t) das frequências observadas.

Para lagartas grandes não houve diferença estatística entre as três distribuições estudadas e os dados observados. EVANS (1953) e ANSCOMBE (1950) observam não ser possível a diferenciação entre essas distribuições (Binomial Negativa, Pólya-Aeppli, Neyman A) quando a mé-

dia é excessivamente baixa, como no presente caso. Esperávamos que, devido a migrações e ocorrência de canibalismo, as lagartas grandes apresentassem uma distribuição menos contagiosa do que as pequenas, o que porém não foi possível demonstrar.

De qualquer maneira, como a distribuição amostral pode ser estudada pela Binomia Negativa a amostragem sequencial foi planejada com base nessa distribuição.

6.2.1. Expoente k comum (k_c) da distribuição Binomial Negativa

No gráfico da Figura 2 estão locados os valores de y' e x' , notando-se a existência de uma relação proporcional entre essas duas variáveis com início aproximadamente na origem o que sugere a existência de um k_c .

A independência de k_c de média amostral está demonstrada no gráfico da Figura 3 onde locamos valores de $1/k_c$ contra o logaritmo da média.

Os valores obtidos na estimativa de k_c para lagartas pequenas e grandes foram bastante semelhantes, embora estimados de amostras de diferentes médias. Como seu valor não é crítico não julgamos necessário a sua estimativa através de métodos mais precisos.

A dispersão é um aspecto do comportamento intrínseco à espécie, não havendo motivos para que tenha diferentes características em diferentes locais, considerando-se o mesmo hospedeiro. No entanto, nas diversas estações do ano, em função do nível populacional e de parâmetros climáticos, poderia haver tendência para distribuição mais contagiosa em certos meses e menos em outros. Por esse motivo, utilizamos para cálculo de k_c amostras provenientes de cada mês do ano, considerando-se as quatro regiões estudadas como um todo.

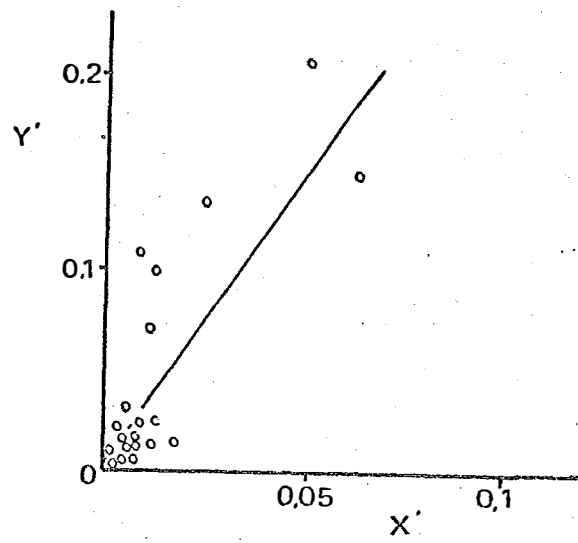


Figura 2 - Relação entre as variáveis auxiliares x' e y' .

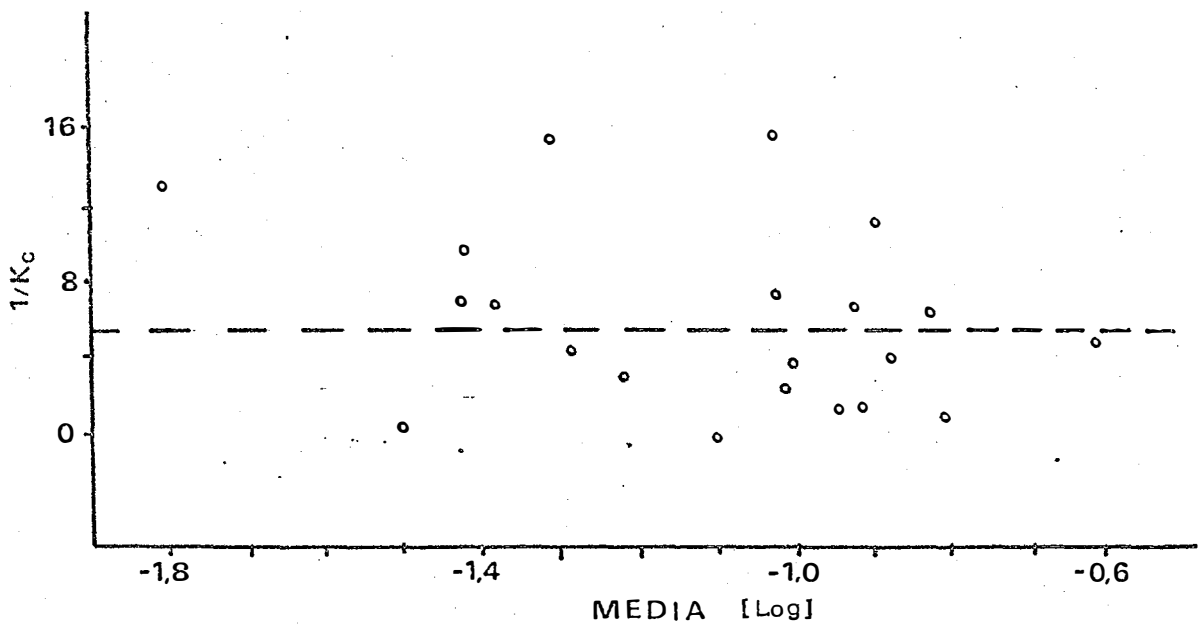


Figura 3 - Relação entre $1/k_c$ (y'/x') e a média das amostras.

6.3. Amostragem seqüencial

Esse tipo de amostragem permite que se estabeleça níveis de densidade populacional com uma probabilidade de erro previamente escolhida, baseando-se no menor número possível de amostras e, consequentemente ao menor custo.

A amostragem seqüencial é utilizada, normalmente para auxiliar na tomada de decisão para a aplicação de uma determinada medida de controle. REEKS (1956), CONNOLA *et alii* (1959), IVES e PRENTICE (1958), SYLVESTER e COX (1961), entre outros, dão exemplos concretos desse tipo de amostragem. No Brasil ESTEFANIEL (1977) estabelece um plano para amostragem seqüencial das lagartas *Anticarsia gemmatilis* e *Plusia* spp em soja, enquanto PERECIM (1978) estuda a amostragem seqüencial para o acaro *Brevipalpus phoenicius* em Citrus.

Uma outra aplicação para o método é o estabelecimento de níveis de dano. Normalmente essa determinação é feita na Usina, baseada na análise de um número fixo de colmos, o que torna a probabilidade de erro variável entre as amostras. Além disso, o método de amostragem utilizado pelas diversas instituições não é o mesmo o que produz, consequentemente, dados não comparáveis. Também nesse caso a amostragem seqüencial produziria resultados mais confiáveis e comparáveis entre si.

No presente trabalho, as hipóteses para o planejamento da amostragem seqüencial foram feitas baseadas na densidade populacional das lagartas, o que é especialmente válido para indicação da necessidade de liberação de inimigos naturais.

Tentamos, igualmente, correlacionar a densidade populacional de lagartas com a intensidade de infestação, dados que constam na Tabela 34. A partir das médias, escolhemos valores próximos, arredondados, para a formulação das hipóteses. A densidade populacional de 0,05 lagartas por colmo, que consideramos como limite para infestação baixa é o nível de dano econômico adotado por outros autores, tais como

HENSLEY (1971). Esse autor considera que uma infestação de 5 lagartas por 100 colmos, na segunda geração, ocasionará 10% de internós broqueados, por ocasião da safra, para condições da Lousiana, E.U.A. Infelizmente não conhecemos dados dessa natureza para as condições brasileiras.

Com o método de amostragem sequencial desenvolvido no presente trabalho tem mais caráter ilustrativo, pretendendo demonstrar a validade de aplicação do método para lagartas da *D. saccharalis*, as densidades devem ser consideradas somente como uma sugestão.

No Gráfico da Figura 4 está apresentado o plano de amostragem sequencial.

Tabela 34 - Relação entre a densidade populacional e o nível de infestação.

Intensidade de infestação	Nº de observações	Lagartas/colmo		Nível de infestação
		Média	Valor adotado	
< 5%	36	0,066	0,05	Baixa
5 - 10%	52	0,096	0,10	Moderada
> 10%	8	0,156	0,20	Alta

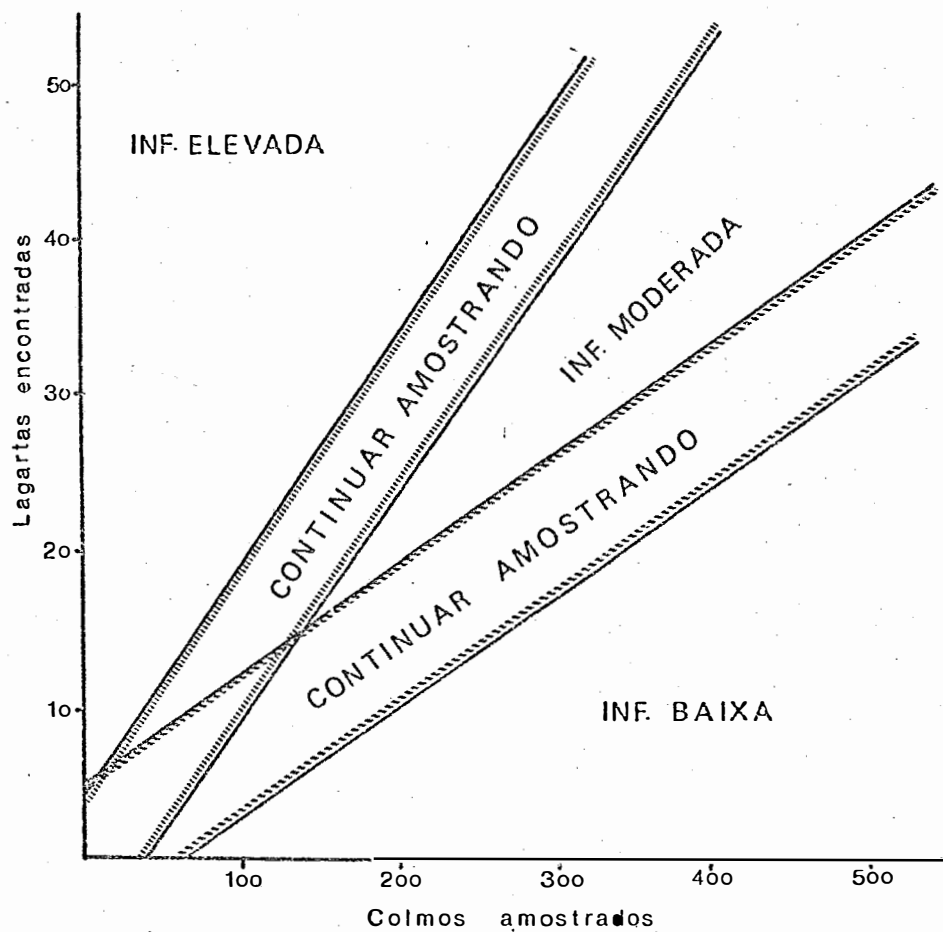


Figura 4 - Plano de amostragem seqüencial para lagartas da *D. saccharalis*.

6.4. Estudo da diapausa

No início do século *STUBS e MORGAN (1902)* já indicaram a ocorrência de diapausa em lagartas da *D. saccharalis* na Lousiana. No Brasil *BERGAMIN (1949)*, *GALLO et alii (1970)*, *WALDER (1976)*, *SGRILLO et alii (1977a)* entre outros, indicaram a ocorrência desse fenômeno em lagartas da broca.

A respeito da metodologia que propomos para o estudo da diapausa, temos a comentar o que segue.

Em uma população com gerações discretas, desenvolvendo-se normalmente, a relação entre número de indivíduos em estágios sucessivos deve permanecer aproximadamente constante no tempo, e se espera sempre que a quantidade de insetos em um estágio antecedente seja maior do que

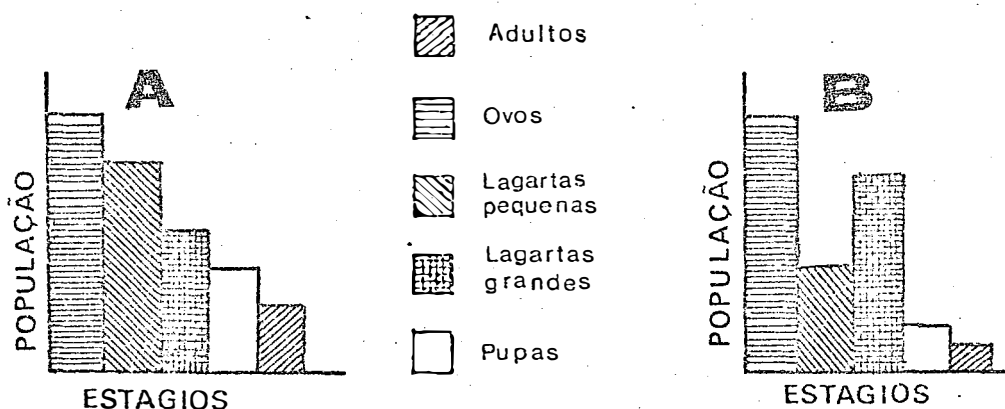


Figura 5A e 5B - Relação teórica entre número de indivíduos em estágios sucessivos em uma população de insetos com gerações discretas. A) Sem ocorrência de diapausa e B) Com ocorrência de diapausa no estágio L_2 .

a do precedente, conforme ilustrado na Figura 5A. Assim, as razões Ovo/L_1 , L_1/L_2 , L_2/P e P/A , devem ser sempre maiores do que um.

Quando ocorre diapausa em um estágio, L_2 por exemplo, dois

fatos devem ocorrer (Figura 5B): a razão L_1/L_2 deve decrescer, tornando-se inferior a um e a razão L_2/P deve elevar-se.

No presente caso, para análise da diapausa, sô utilizamos a razão L_1/L_2 , devido ao número muito baixo de pupas amostradas.

No gráfico da Figura 6 consta a razão L_1/L_2 nos meses do ano, calculada com o total de lagartas amostradas nas regiões estudadas. Embora a análise dessa razão, sem transformação alguma, produzisse resultados semelhantes, a transformação em $\log [(L_1+0,5)/(L_2+0,5)]^{0,5}$ foi a que melhor representou o decréscimo do valor da razão a partir de abril, embora não saibamos de implicações biológicas que justifiquem a transformação.

Os resultados obtidos indicaram uma percentagem máxima de lagartas em diapausa de, aproximadamente 45%, em julho. *KATIYAR e LONG (1961)* apontam um máximo de 71% de lagartas em diapausa em dezembro, na Louisiana. Considerando que esse Estado Americano encontra-se cerca de 8° de latitude mais afastado do Equador do que São Paulo, o que corresponde a um menor fotoperíodo e a temperaturas mais baixas, podemos considerar os resultados semelhantes.

No entanto, para *Diatraea grandiosella* Dyar, criada em uma fotofase de 12 horas, *CHIPPENDALE e REDDY (1973)*, indicam que a percentagem de lagartas em diapausa aumenta em temperaturas abaixo de 26°C, chegando a 100% em 23°C, e que, o fotoperíodo, em condições naturais, parece ter menos influência do que a temperatura na indução da diapausa.

OSMAN (1975) estudando os efeitos da temperatura e fotoperíodo na diapausa da *D. saccharalis* conclue que a 21°C a duração do fenômeno é mais prolongada do que a 27°C. Da mesma forma, lagartas criadas a 21°C com 10 horas da fotofase completaram o desenvolvimento em 117 dias, enquanto os insetos mantidos a mesma temperatura, mas com 14 horas de fotofase desenvolveram-se em 40 dias. Os resultados que obtivemos indicaram um aumento na percentagem de lagartas em diapausa para fotofases menores do que 11,6 horas (Figura 7B). Temperaturas abaixo de 21°C mostra-

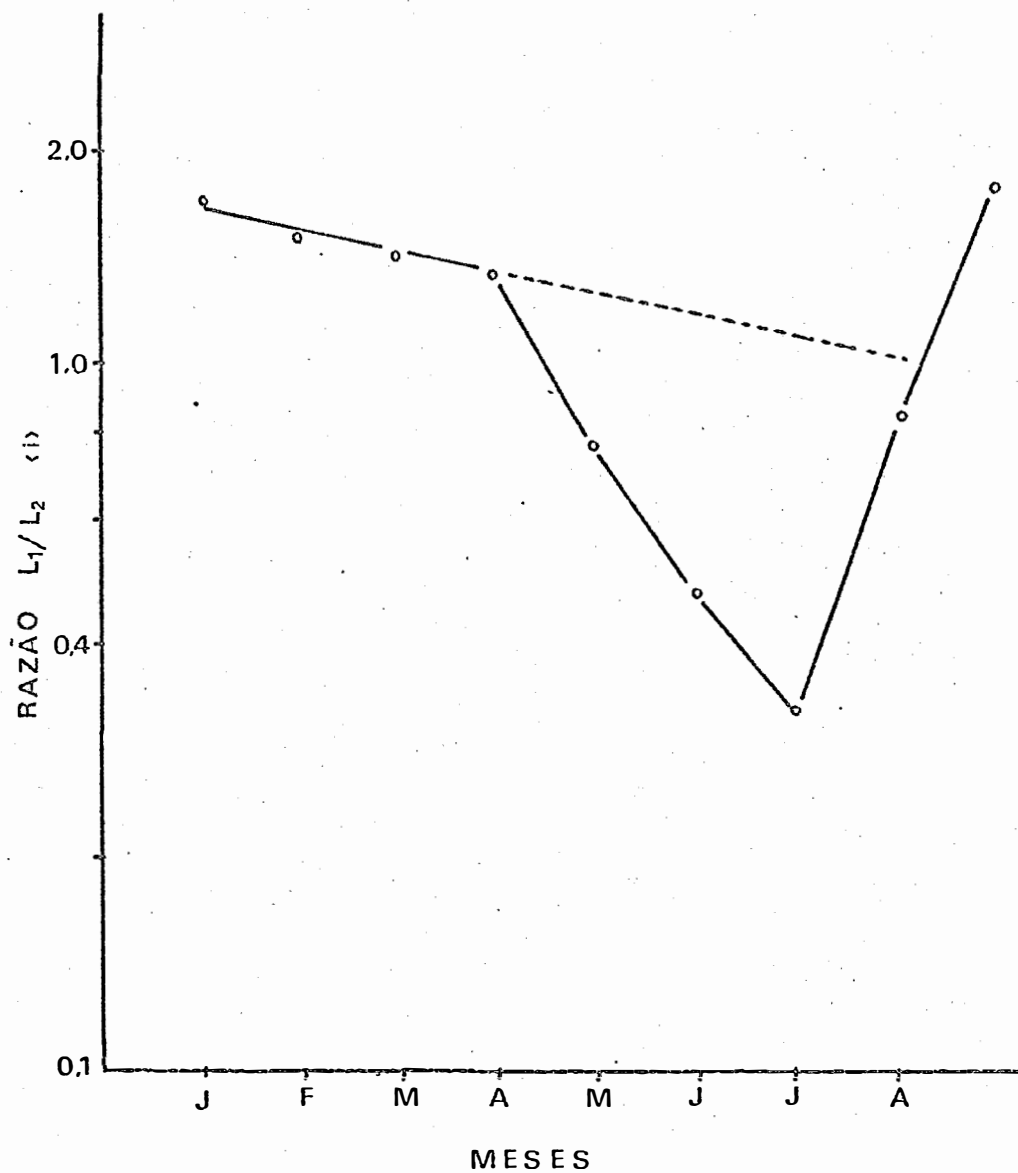


Figura 6 - Razão L_1/L_2 (índice i) para *D. saccharalis* em diversos meses do ano.

ram-se também associadas ao aumento da porcentagem de diapausa (Fig. 7A). Deve ser notado que esses resultados provêm da análise de dados de campo onde as condições ambientes não são estáveis e atuam diversas variáveis.

Embora, para Lepidopteros normalmente a temperatura e fotoperíodo sejam os fatores mais citados como indutores de diapausa (PHILLIPS e NEWSON, 1966; BENSCHOTER, 1968; ROACH e ADKISSON, 1970; ADKISSON, 1964 e 1966) outras variáveis podem também estar envolvidas no fenômeno.

REDDY e CHIPPENDALE (1973) demonstraram que para *D. gradiosella* a diapausa ocorre em taxas mais elevada quando as lagartas são conservadas no seco, não mantendo contato direto com água. Quando esse contato ocorre com lagartas que já se encontram em diapausa, os insetos absorvem cerca de 37 µl de água, retomando, a seguir, o desenvolvimento normal. Fato semelhante a esse poderia também ocorrer com a *D. saccharalis*, quando em maio, junho, julho e agosto são normalmente meses secos.

Na estação das chuvas que se inicia em setembro, os insetos retomam sem desenvolvimento. O mês de ocorrência do pico populacional de adultos que ocorre após a diapausa é variável entre diferentes anos e regiões (WALDER et alii, 1976; BOTELHO et alii, 1978) o que talvez seja explicado por diferenças entre os regimes de chuva. No presente caso o aumento no número de adultos amostrados entre os meses de junho a novembro, inclusive, foi explicado em 20% pelo aumento na precipitação, através de análises por regressão linear. Devemos notar que se a ocorrência de chuva promove a transformação das lagartas em diapausa em pupas, pode também prejudicar a amostragem por armadilhas luminosas, dos adultos resultantes.

Em vista desses fatos sugerimos que para *D. saccharalis* o início da diapausa e a porcentagem de lagartas em que o fenômeno ocorre seja regulado pela temperatura e fotoperíodo, enquanto a retomada do desenvolvimento seja, de alguma maneira, associada ao regime pluviométrico. SCHELTES (1978) cita para *Chilo portellus* e *C. orichalcociliella* (gênero próximo a *Diatraea*) o conteúdo de umidade da planta é o fator que regula

a entrada e saída da diapausa.

De uma maneira geral achamos que as percentagens de diapausa estimadas pelo método que utilizamos foram subestimadas. As gerações da broca que ocorrem após setembro apresentam picos populacionais bem de finidos, o que não ocorreria se somente um máximo de 45% de lagartas entrasse em diapausa. As restantes, continuando o desenvolvimento, produziam gerações sobrepostas, sem picos definidos. Além disso, as percentagens de diapausa apontadas por outros autores para *Diatraea* spp foram sempre mais elevadas, se bem que em diferentes condições ambientes. Não deve ser esquecido que para populações acimatadas em diferentes regiões os fatores indutores da diapausa não devem ter, necessariamente a mesma grandeza, conforme apontado por BECK e APPLE (1961).

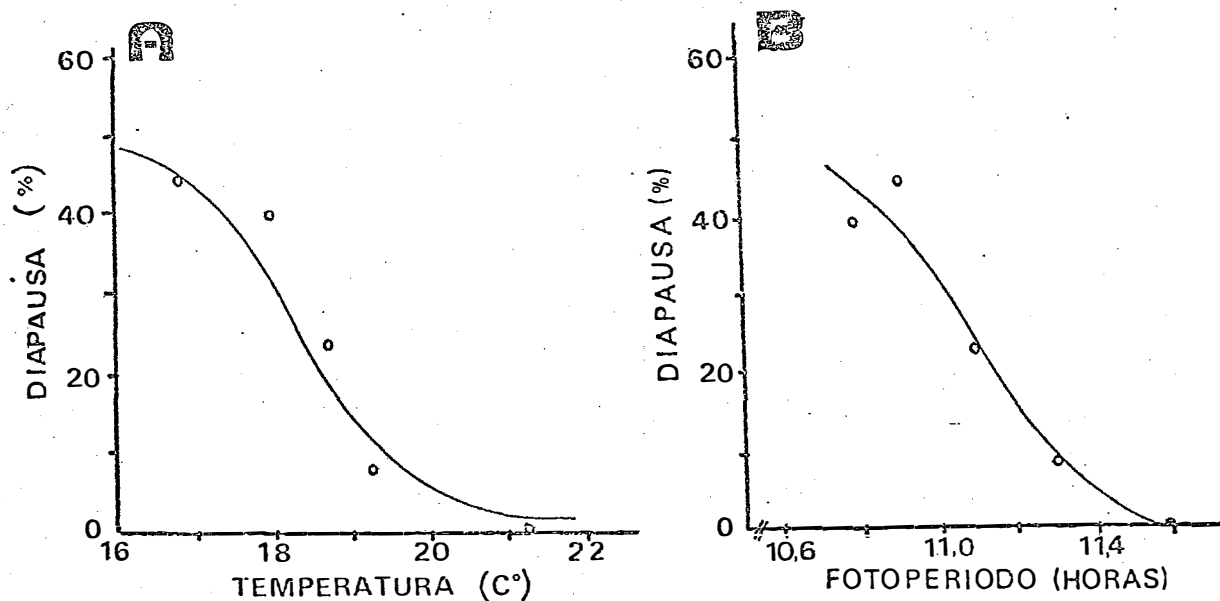


Figura 7A e 7B - Valores observados (pontos) e estimados (curva) da relação entre temperatura média (a) e fotoperíodo (b) e percentagem de lagartas em diapausa.

6.5. Determinação da constante térmica

Embora não tenhamos encontrado na literatura dados referentes à constante térmica e à temperatura base para o desenvolvimento da *D. saccharalis*, os resultados que obtivemos podem ser comparados aos de outros autores.

A temperatura média anual de Piracicaba é de cerca de 21°C (ESALQ, 1973). Considerando-se a temperatura base, para desenvolvimento da *D. saccharalis*, de 11°C, em um ano acumulam-se 3.650 graus dias que, divididos pelos graus dias necessários a complementação de uma geração, indicam a possibilidade da existência de 3,8 gerações no ano. Esse valor aproxima-se das 4 gerações anuais indicadas por outros autores (BERGAMIN, 1949; GALLO *et alii*, 1970; WALDER, 1976).

Da mesma forma, para o nordeste (Pernambuco) a temperatura média anual é de aproximadamente 25,5°C (ARRUDA, 1971) o que corresponde a um acúmulo de 5.290 graus dias no ano sendo então possível a complementação de 5,5 gerações anuais valor que é próximo das 6 gerações anuais referidas por GUAGLIUMI (1973) para a região nordestina.

Dessa maneira achamos que os valores estimados para temperatura base e constante térmica são razoáveis e devem aproximar-se bastante dos valores reais.

6.5.1. Utilização da constante térmica para estágio que sofre diapausa

Evidência experimental incontestável de que um menor fotoperíodo prolonga o desenvolvimento larval da *D. saccharalis* foi apresentada por OSMAN (1975). Essa autora, criando lagartas da broca em dieta artificial a 21,1°C verificou serem necessários 40 dias para a complementação do estágio larval, em um fotoperíodo de 14 horas. No entanto, lagartas criadas a mesma temperatura, mas em fotoperíodo de 10 horas comple-

taram seu desenvolvimento somente após 117 dias. Fica claro, portanto, que mesmo havendo graus dias suficientes esses não são aproveitados em fotoperíodos mais curtos. No exemplo acima, as lagartas criadas em 14 horas de fotofase completaram o desenvolvimento após cerca de 400 graus dias, enquanto foram necessários cerca de 1.180 graus dias para complementação do desenvolvimento em 10 horas de fotofase, o que representou uma redução de 66% no aproveitamento dos graus dias no fotoperíodo mais curto. Justifica-se portanto a correção (redução) da constante térmica, em função do fotoperíodo.

Nos gráficos da Figura 8 estão assinalados os meses em que ocorreram picos populacionais de lagartas pequenas, considerando-se o total das quatro regiões amostradas. Na Figura 8A os meses foram espaçados em função dos graus dias de cada mês, considerando-se a média das regiões

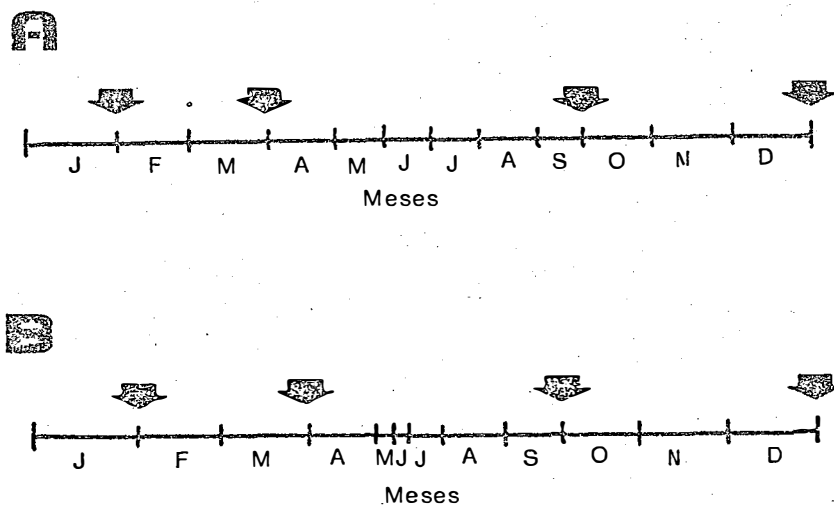


Figura 8 - Posição dos picos populacionais de lagartas pequenas da *Diatraea saccharalis*. A) Em função de graus dias e B) em função dos graus dias corrigidos pelo fotoperíodo.

estudadas e na Figura 8B os meses foram locados em função dos graus dias corrigidos de cada mês. Em uma escala fisiológica os picos populacionais

correspondentes a gerações consecutivas devem estar igualmente espaçados entre si. Na Figura 8A, onde utilizamos os graus dias sem correção o espaçamento entre o segundo e terceiro pico populacional é maior do que os outros picos enquanto na Figura 8B a distância entre os picos é aproximadamente a mesma.

Dessa forma a correção dos graus dias em função do fotoperíodo produz uma melhor estimativa da duração do desenvolvimento de populações naturais de *D. saccharalis*.

6.6. Estimativas das mortalidades

São feitas estimativas mais exatas das mortalidades quando os levantamentos são realizados sempre no mesmo local e a curtos intervalos de tempo. Como já discutido no capítulo referente a amostragem, tal não ocorreu no presente caso e essa é, ao nosso ver, a maior restrição à metodologia utilizada.

A técnica de se estimar o período de tempo entre estágios sucessivos através da constante térmica é a mais lógica e, uma vez feita a correção para fotoperíodo foi possível a sua utilização para os dados de todo o ano, inclusive durante o período de diapausa.

A utilização de um índice de mortalidade, ao invés da estimativa direta das mortalidades através da diferença de número de indivíduos em estágios sucessivos, evita o problema de sub e sobreestimativas constantes da população de um determinado estágio. Além disso permite a utilização de dados obtidos de diferentes métodos de levantamentos, fornecendo eles estimativas absolutas ou não, da densidade populacional. O índice de mortalidade nada mais é do que estimativa da flutuação da mortalidade durante um determinado período, indicando as épocas de crescimento e decréscimo das mortalidades de cada estágio. Uma vez que se obtenha indicação dos percentuais máximos e mínimos da mortalidade do estágio considerado, o índice de mortalidade é facilmente convertido em percentual

de mortalidade.

Não encontramos métodos para precisar as estimativas realizadas. Também não encontramos, na literatura, trabalhos referentes à flutuação mensal da mortalidade dos estágios da broca que possam ser convenientemente comparados com as estimativas que realizamos. Os trabalhos de *TUCKER (1933)* e *PICKLES (1936)* referentes as mortalidades de lagartas pequenas foram realizados em Barbados e Trinidad, respectivamente, o que representa condições ambientes diferentes das de São Paulo. Se, mesmo assim ainda se quizer fazer uma comparação, esses autores obtiveram, respectivamente 71,06 e 81,76% de mortalidade média anual de lagartas pequenas, enquanto a média geral anual que encontramos foi de 76,04%.

Para lagartas grandes, *ROCCIA e SANCHES (1976)* indicam uma média anual de 32% de mortalidade, em Piracicaba, enquanto *TERAN e NOVA-RETTI (1976)* indicam cerca de 42% de mortalidade média anual para canaviais de região de Jau. A média que encontramos foi de aproximadamente 72%, notando-se que os autores supracitados consideraram somente a mortalidade causada por parasitismo.

Um outro aspecto a ser considerado refere-se a amplitude de variação nas mortalidades mensais. Para lagartas pequenas o coeficiente de variação entre as mortalidades de cada mês foi de, no máximo 9,64% para região de Jau. Para *TUCKER (1933)* o coeficiente de variação foi de 49,48% e para *PICKLES (1936)* de 15,04% ambos valores maiores do que os que calculamos. Para lagartas grandes o coeficiente de variação máximo foi de 9,07% para região de Piracicaba, enquanto os valores de *ROCCIA e SANCHES (1976)* e *TERAN e NOVERETTI (1976)* ficaram em torno de 50%. Dessa maneira a variação das mortalidades entre os meses teve uma menor amplitude do que as apontadas por outros autores, fato explicado talvez, pelas interpolações lineares entre as populações de cada mês, usadas nos cálculos.

6.7. Estimativa da probabilidade de fecundidade máxima

Embora nas teorias mais antigas da dinâmica populacional (*LOTKA, 1923; VOLTERRA, 1926*) a taxa de reprodução tenha sido considerada como constante o próprio *LOTKA (1923)* reconheceu que isso provavelmente não é correto, pois a taxa de reprodução deve ser, geralmente, uma função da densidade populacional.

Mais recentemente tem sido reconhecido que a fecundidade é variável no tempo, em função da densidade populacional ou de outras variáveis (*WATT, 1960*).

Também no presente caso não há maneira de fazermos uma comparação direta dos dados que obtivemos com os de outros autores, pois são inexistentes os trabalhos sobre fecundidade em condições naturais para o Estado de São Paulo.

A média geral da probabilidade de fecundidade máxima foi de 0,39 o que, considerando-se uma fecundidade máxima de 600 ovos, corresponde a 232 ovos por fêmea; valor semelhante ao indicado por diversos autores (Vide revisão bibliográfica da página 9).

A variação por mês foi elevada, apresentando um coeficiente de variação de cerca de 91% na região de Araraquara. A probabilidade de fecundidade máxima foi bastante reduzida, principalmente em junho e julho o que, de certa forma, coincide com os dados de *TUCKER (1933)* e *PICKLES (1936)*, embora observados em condições diferentes, que indicam positura mínima nesses meses.

6.8. Sub modelos

Quando existe evidência experimental de ocorrência de um fato e se sabe qual variável o está causando, um dos métodos de análise é a formulação de hipóteses que expliquem o modo de atuação da variável em questão. Subseqüentes experimentos e/ou testes estatísticos devem ou não comprovar a validade das hipóteses formuladas.

No presente caso porém, não existe evidência experimental da influência das variáveis independentes consideradas e nem foram, anteriormente, formuladas hipóteses para explicar o modo de atuação das variáveis consideradas. O que pretendemos fazer foi: a) selecionar as variáveis que apresentaram maior significância estatística na explicação dos fenômenos estudados; b) obter a função matemática que mais se ajustasse a cada variável e c) formular hipóteses que justificassem a seleção das variáveis e suas funções.

WATT (1961) discutiu extensivamente as desvantagens apresentadas pelo uso de regressão linear múltipla na análise de sistemas biológicos, ressaltando que a maioria das funções biológicas não são lineares e grande parte delas são limitadas de alguma maneira, correspondendo a funções assintóticas.

A maioria dos programas para regressão múltipla oferece, no entanto, a possibilidade de transformar as variáveis. No entanto, quando não existem hipóteses formuladas *a priori* torna-se difícil inferir o tipo da função entre a variável considerada e a dependente. A transformação que a variável deverá sofrer dependerá também de quantas e quais variáveis já se encontram na regressão, sendo que para cada nova variável acrescentada, poderá mudar ainda o tipo da transformação.

Esses fatos podem ser ilustrados pelo seguinte exemplo fictício: consideremos que foram feitos seis levantamentos de uma população de insetos em diferentes condições de temperatura (T_m) e altura da planta hospedeira (H) como na Tabela 35.

Tabela 35 - Resultados de levantamentos fictícios de uma população de insetos amostrada em diferentes condições ambientes.

Levanta- mento	Nº de in- setos	Altura da planta hospedeira (cm)	T _m (°C)
1	8	1	25
2	1	4	18
3	3	6	19
4	16	7	28
5	15	19	26
6	12	70	22

Agora, cada uma das variáveis independentes é locada em relação ao número de insetos, conforme os gráficos da Figura 9.

Enquanto a temperatura média mostra uma relação linear com a população de insetos, na Figura 9A, a altura da planta não mostra nenhuma relação na Figura 9B e, na ausência de hipóteses que indiquem o tipo de função que deva haver entre altura da planta e população, não saberíamos como transformar a variável independente.

No entanto, executando o procedimento descrito para o método alternativo teremos:

a) Claramente a variação na temperatura média é mais significativa que a da altura da planta para explicar a variação na população dos insetos. A relação entre temperatura média e população é linear (em caso de dúvida calcula-se regressões de determinação) e a seguinte expressão pode ser calculada:

$$\hat{Y}_{(T_m)} = - 23,03 + 1,40 T_m \dots \dots \dots (52)$$

onde $\hat{Y}_{(T_m)}$ = estimativa da variável dependente através da temperatura média.

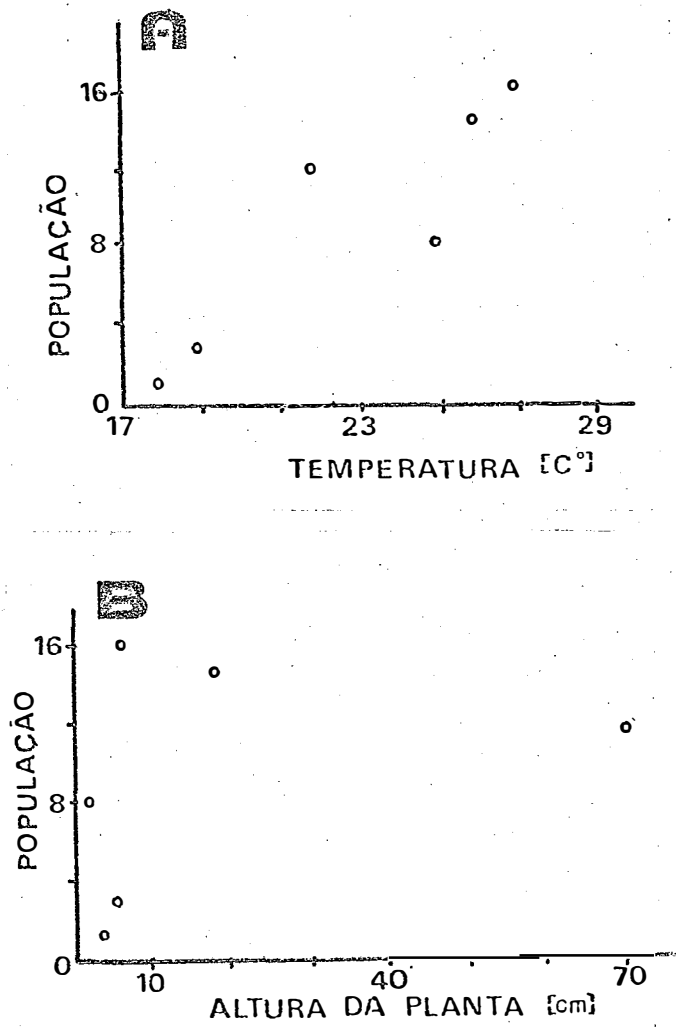


Figura 9 - A) Número de insetos amostrados em diferentes temperaturas e B) em diferentes alturas da planta hospedeira.

Essa regressão apresenta um coeficiente de determinação (r^2) de 0,90, ou seja, 90% da variação na população dos insetos amostrados foi explicada pela variação na temperatura média.

b) A partir da regressão representada pela equação 52 calculamos as estimativas da variável dependente e os resíduos (desvios), conforme apresentado na Tabela 36.

Tabela 36 - Estimativas da população de insetos dos diversos levantamentos e respectivos resíduos.

Levanta- mento	Y_{obs}	$\hat{Y}_{(T_m)}$	$R_{(T_m)}$
1	8	11,97	- 3,97
2	1	2,17	- 1,17
3	3	3,57	- 0,57
4	16	16,17	- 0,17
5	15	13,37	1,63
6	12	7,77	4,23

Se a variação na temperatura média explicasse completamente a variação na população de insetos, cada resíduo seria zero. O resíduo representa a variação da variável dependente não explicada pela variável independente considerada. Pode ser que essa variação não explicada, ou seja pela segunda variável independente, no caso altura da planta hospedeira.

c) Locamos, então, os resíduos e a altura da planta no gráfico da Figura 10.

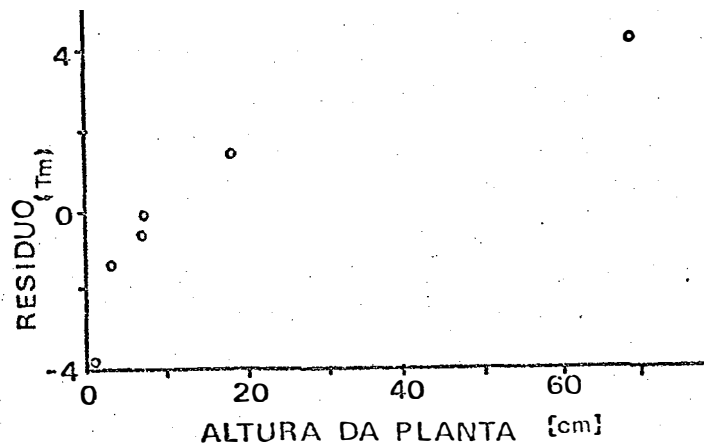


Figura 10 - Relação entre o resíduo referente a temperatura média e a altura da planta hospedeira.

Verificamos agora uma relação positiva entre a altura da planta e o resíduo referente a temperatura média. Isto significa que a variação na população de insetos não explicada pela temperatura média poderá ser pela altura da planta. Resta determinar, a estrutura da relação entre essas duas variáveis.

d) Calculamos então regressões com a variável dependente sem transformação e transformada em logaritmo:

$$R_{(Tm)} = - 1,63 + 0,09 H \dots \dots \dots (53)$$

$$R^2 = 0,75$$

$$R_{(Tm)} = 13,94 + 1,92 L (H) \dots \dots \dots (54)$$

$$R^2 = 0,99$$

onde: $R_{(T_m)}$ = Resíduo referente a Temperatura média.

H = Altura da planta.

Devido ao maior coeficiente de determinação verificamos que o logaritmo da altura da planta explicou em maior proporção a variação do resíduo referente a temperatura média, de onde concluímos que a função entre altura da planta e a população de insetos deve ser logarítmica, *já considerado o efeito da temperatura média.*

e) Finalmente montamos a equação final, considerando-se:

$$R_{(T_m)} = Y_{(ob)} - \hat{Y}_{(T_m)}$$

onde: $Y_{(ob)}$ = Valores observados da variável dependente (população de insetos).

Substituindo-se $\hat{Y}_{(T_m)}$ pela equação 52 e $R_{(T_m)}$ pela 54, obtemos:

$$\hat{Y}_{(T_m, H)} = - 26,97 + 1,40 T_m + 1,92 L (H)$$

$$R^2 = 0,97$$

onde: $\hat{Y}_{(T_m, H)}$ = Estimativa da variável dependente (população de insetos) como função das variáveis independentes (Temperatura média e altura da planta hospedeira).

Dessa maneira foi possível a construção de um modelo que descreve o comportamento da população de insetos em função de duas variáveis, a partir de dados que inicialmente não mostravam as relações entre si.

6.8.1. Lagartas pequenas

Não há grande discordância entre os resultados obtidos pelos dois métodos. Obviamente a quantidade de predadores é relacionada com a quantidade de lagartas pequenas. As lagartas, quando eclodem dos ovos, passam algum tempo alimentando-se do tecido da bainha das folhas, ficando expostas a numerosas espécies de insetos predadores que habitam o canavial.

NEGH e HENSLEY (1972) em Louisiana, observaram predando lagartas pequenas da *D. saccharalis* uma espécie de Formicidae, uma de Carabidae, uma de Elateridae, um Dermaptera e um Aranea.

PLANK (1929b) indica em Cuba, como predadores de lagartas pequenas quatro espécies de Dermaptera (*Prolabis unidentata*, *Doru lineare*, *Anisolabis annulipes* e *Anisolabis* sp.) três Coleoptera (duas espécies do gênero *Pyrophorus* e um *Lecon* sp.) e mais seis espécies de formigas.

No caso presente a população dos predadores foi mais relacionada com a mortalidade de lagartas pequenas quando transformada em logaritmo natural (Método da regressão linear múltipla - RLM) ou recíproca do logaritmo natural (Método Alternativo - MA). Ambas as transformações indicam que quando a população dos predadores é baixa, um pequeno acréscimo na sua densidade ocasionará um acréscimo grande na mortalidade das lagartas e quando a população dos predadores é alta, acréscimos subsequentes na sua densidade ocasionarão aumentos cada vez menores na mortalidade das lagartas. No gráfico da Figura 11 onde consta a biomassa de insetos aladas (coletados em 1976 com metodologia já descrita para a amostragem dos predadores) e a população mensal dos predadores (média das regiões estudadas) verificamos que as épocas de crescimento e decréscimo são praticamente as mesmas para as duas variáveis. Esse fato poderia significar que quando a população dos predadores é alta existe também abundância de alimento (biomassa elevada) e, conseqüentemente o efeito dos

predadores na mortalidade das lagartas é baixo. Por outro lado, quando a população dos predadores é baixa existe também escassez de alimento e o efeito na população das lagartas é maior.

Outra variável que consta nos modelos desenvolvidos pelos dois métodos é a umidade relativa. Pelo método alternativo a função mais significativa foi recíproca do exponencial que representa aumentos grandes de mortalidade com acréscimos na umidade, tendendo a variável dependente para um valor assintótico quando os valores da umidade relativa são elevados. O aumento na umidade poderia ocasionar aumentos na mortalidade de duas maneiras: a) umidade elevada retarda a evaporação da água contida na bainha das folhas facilitando o afogamento das lagartas, como ocorre para *Spodoptera frugiperda* em milho, conforme cita BERTELS (1970) e b) facilitando a ocorrência de fungos e outros patógenos (TANADA, 1968). De um modo geral essas observações concordam com BERTELS (1970) que, referin-

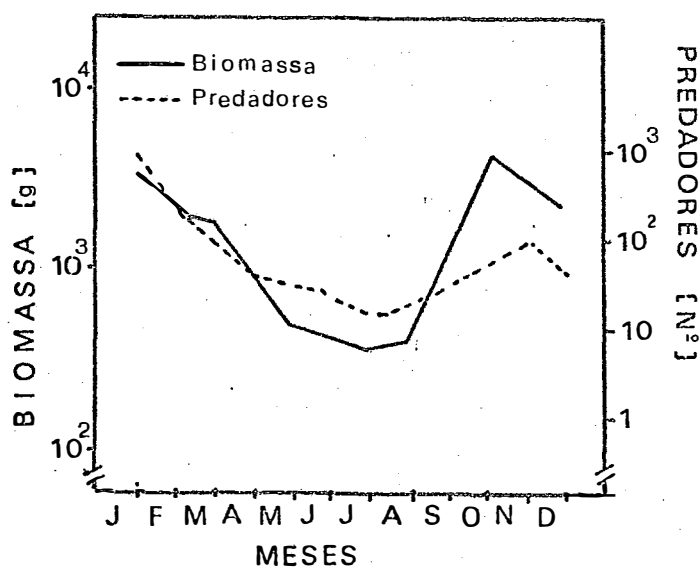


Figura 11 - População mensal de predadores e biomassa mensal de insetos alados, S.P. - 1976.

do-se a *D. saccharalis* em milho no Rio Grande do Sul cita textualmente: "Tem-se observado que a grande umidade é muito desfavorável para as gerações de primavera e que diminui, no milho, o ataque durante o verão".

A última variável incluída no sub modelo para mortalidade de lagartas pequenas é a temperatura média. Gostaríamos de chamar a atenção para o tipo de transformação utilizada para essa variável. A função indica que para valores em torno da temperatura média do Estado (T_m) a mortalidade sofre pouca alteração. No entanto quando os valores da temperatura afastam-se da média, para mais ou para menos, a mortalidade aumenta. Essa é uma transformação raramente usada em entomologia mas que descreve bem a influência de extremos de valores climáticos na população de insetos. Quanto maior for o expoente do afastamento da média mais achata da será a curva em torno da média e maior o efeito causado pelos extremos. No gráfico da Figura 12 constam, para ilustração algumas curvas com diferentes expoentes.

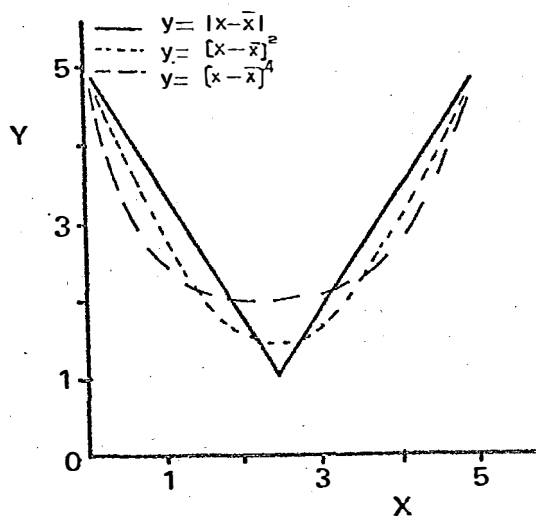


Figura 12 - Curvas com diferentes expoentes para o afastamento da média.

Os valores extremos de temperatura que ocorreram em 1976 nas regiões estudadas não foram, provavelmente, responsáveis diretos por aumentos na mortalidade. *CHIPENDALE e REDDY (1974)* mantendo lagartas da *D. grandiosella* por 21 dias a 5°C obtiveram 5% de mortalidade e por 42 dias a mesma temperatura 10% de mortalidade, demonstrando que temperaturas dessa ordem pouca influência tem na mortalidade das lagartas. Por outro lado uma temperatura diferente da média, ou seja, diferente da temperatura na qual o inseto está aclimatado aumenta o "stress" tornando o animal mais suscetível a ser vítima de outras causas de mortalidade. *MISKI-MEN (1965)* criando *D. saccharalis* em dieta artificial observou maior mortalidade larval nas temperaturas de 21°C e 32°C do que a 26°C.

No gráfico da Figura 13 estão ilustradas as mortalidades mensais nas regiões estudadas e as mortalidades estimadas pelo método alternativo.

6.8.2. Lagartas grandes

Um dos principais fatores de mortalidade de lagartas grandes em São Paulo é o parasitismo por, principalmente Taquinídeos. *ROCCIA e SANCHES (1976)* e *TERAN e NOVARETTI (1976)* citam até cerca de 80% de lagartas parasitadas em várias regiões do Estado. Não obtivemos dados referentes a flutuação populacional dos parasitos no campo. Mesmo sem dados dessa natureza construímos os submodelos, visando obter informações de que outras variáveis contribuem na mortalidade das lagartas grandes.

Duas variáveis são comuns aos submodelos desenvolvidos pelos dois métodos: a população de lagartas e a média das temperaturas máximas.

Conforme as lagartas vão crescendo, diminui o seu número por colmo de cana (Tabelas 4 e 5). Nos colmos que possuíam lagartas pequenas em, aproximadamente 30% havia mais de uma lagarta. Nos que pos-

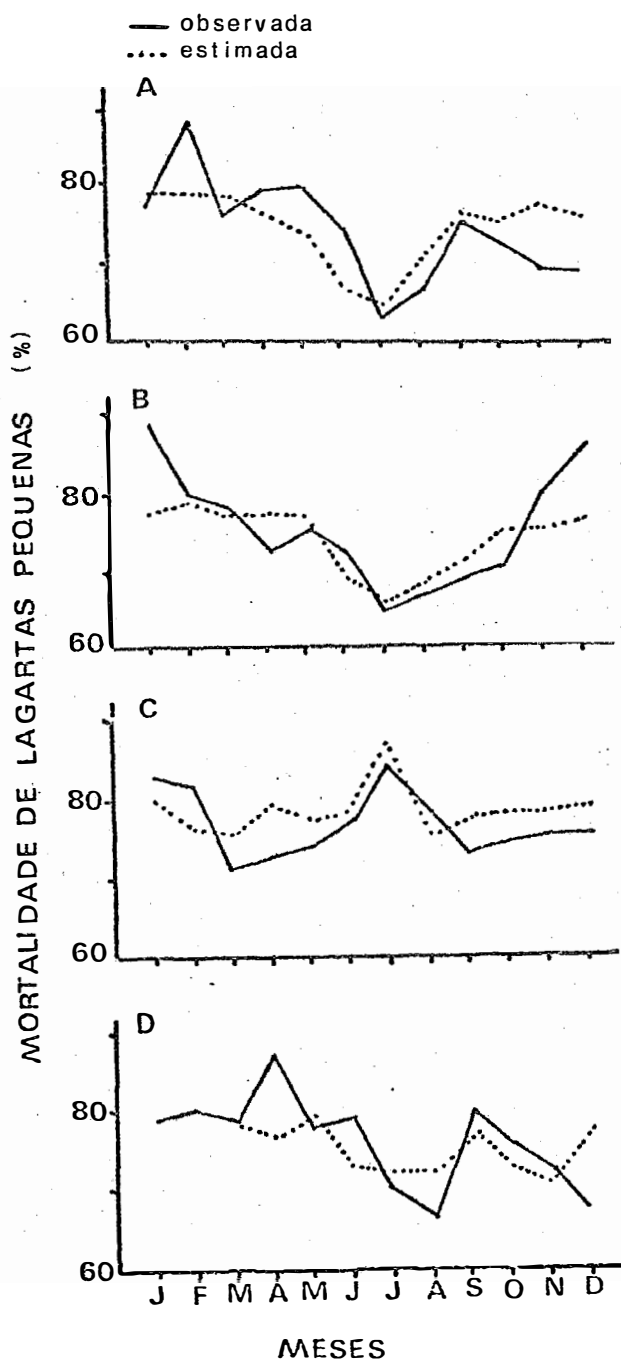


Figura 13 - Valores observados e estimados das mortalidades mensais de lagartas pequenas nas regiões de: A) Ribeirão Preto, B) Jau, C) Piracicaba e D) Araraquara.

suiam lagartas grandes somente em 13% havia mais de uma. Nos 8.400 colmos amostrados no ano nunca foi encontrada mais de uma pupa por colmo. Da mesma forma enquanto é relativamente comum encontrar-se mais de uma lagarta pequena no mesmo internô é muito raro a ocorrência de mais de uma lagarta grande. Essas observações sugerem a existência de canibalismo entre as lagartas da *D. saccharalis*, conforme observamos muitas vezes na criação do inseto em laboratório, fato também comentado por WALDER (1968), HOLLOWAY *et alii* (1928) e, principalmente HUMMELEN (1974) apontam o canibalismo como um importante fator de redução nas populações naturais de *D. saccharalis*.

A população das lagartas também poderia estar vinculada a mortalidade através do parasitismo. Ocorrendo abundância de hospedeiros, quando a população for alta, haveria um conseqüente aumento na população de parasitos o que promoveria um aumento subsequente na mortalidade. Nesse caso a função logaritmica entre densidade populacional e a percentagem de mortalidade parece apresentar um comportamento misto entre as funções propostas por NICHOLSON (1933) e EMBREE (1966). O primeiro autor propõe uma relação linear entre a densidade populacional do hospedeiro e o número de hospedeiros mortos. Conseqüentemente a percentagem de mortalidade permanece constante. O segundo autor, analisando dados referentes a um Taquinídeo parasito (*Cyzenia albicans* (Fall.)), propõe uma função logística entre o número de hospedeiros mortos e sua densidade populacional. Nesse caso a percentagem de mortalidade aumenta em densidades baixas, permanece constante em densidades médias e decresce em densidades altas. Na relação logaritmica que apresentamos, a percentagem de mortalidade aumenta em níveis populacionais baixos tendendo a permanecer constante em níveis elevados.

A maior probabilidade de ocorrência de patógenos em níveis populacionais elevados é também uma hipótese a ser considerada (TANADA, 1968).

Outra variável que consta no submodelo é a média das temperaturas máximas, apresentando uma função linear com a mortalidade. Como

a temperatura máxima nas regiões estudadas pouco ultrapassou os 36°C não acreditamos que seja um fator direto de mortalidade. Temperaturas elevadas, no entanto, favorecem a proliferação de patógenos, como fungos e bactérias (TANADA, 1968).

PLANK (1929a) e JOHNSTON (1917) apontam como patógenos de lagartas de *D. saccharalis* em Cuba os fungos *Isaria barberi*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigans*, *A. sydowi*, *Penicillium lutens* e *Fusarium* sp. BOX (1947) observa em lagartas da broca fungos dos gêneros *Mucor*, *Empusa* e *Beauveria*. A influência de temperaturas elevadas na ocorrência de viroses em populações de insetos foi apontada por LAWSON (1958). Esse pesquisador descreve a extinção de uma população de afídeos por uma virose que ocorreu quando a temperatura atingiu 32°C.

A precipitação também foi relacionada com as percentagens de mortalidade numa função recíproca, prevendo mortalidades elevadas para ocorrência mínima de precipitação e mortalidades baixas, aproximadamente constante, para valores de precipitação mais elevados. Essa relação concorda com as observações feitas por SALT (1926) e MYERS (1932) que apontam baixas infestações de lagartas quando os valores da precipitação são mínimos. MYERS (1935) assinala que a broca inicialmente preferia plantas higrófilas do que a outras de ambientes mais secos. Com o passar do tempo, foi adaptando-se a cana de açúcar. O reduzido número de parasitos da *D. saccharalis* deve-se ao fato de que a maioria deles não foi capaz de adaptar-se a um habitat muito mais seco como o criado com o cultivo da cana. É interessante notar aqui que essas observações são exatamente o oposto do indicado por BERTELS (1970) (ver página 137). Pode ser que as populações de lagartas sejam prejudicadas por valores muito altos e muito baixos de precipitação e/ou umidade relativa, embora isso não tenha sido demonstrado nos submodelos.

Cabe comentarmos uma outra restrição a esse submodelo, referente a falta de dados sobre a cana de açúcar em si, tais como percentagens de sacarose e outras mudanças fisiológicas que ocorrem durante a maturação da planta e que, influenciadas pelo meio ambiente, poderiam mo-

dificar a mortalidade dos insetos. A altura da cana nos campos amostrados foi o único dado dessa natureza que analisamos, mas não apresentou nenhuma relação com as mortalidades.

Nos gráficos da Figura 14 constam as mortalidades de lagartas grandes por região e as mortalidades estimadas pelos submodelos que desenvolvemos.

6.8.3. Pupas

A temperatura média apresenta-se em uma função semelhante à do sub-modelo para mortalidade de lagartas pequenas. Essa transformação prevê aumentos de mortalidade quando a temperatura afasta-se da média. No caso das lagartas pequenas o expoente da transformação foi quatro e para pupas dois. Voltando-se ao gráfico da Figura 12 notamos que um expoente dois representa uma maior sensibilidade da população do inseto ao fator estudado.

Para a precipitação cabem as mesmas considerações, prevenindo o sub-modelo aumentos na mortalidade para excesso e falta de chuva.

A última variável incluída, umidade relativa, apresenta uma relação linear inversa com a mortalidade.

Acreditamos que as três variáveis incluídas no modelo agem em conjunto e indicam que condições climáticas adversas aumentam a mortalidade pupal. Observamos várias vezes no laboratório a sensibilidade das pupas aos fatores ambientes, notando que pequenas alterações conjuntas na temperatura e umidade diminuem consideravelmente o número de adultos emergidos, aumentando o número dos que apresentam mal-formações. Em baixa umidade as pupas morrem dessecadas e grande parte dos adultos emergem com asas deformadas. Quando as pupas permanecem em umidade excessiva é comum a ocorrência de fungos o que diminui também a emergência dos adultos. Várias vezes observamos, no campo, pupas nas bainhas das folhas, mais expos

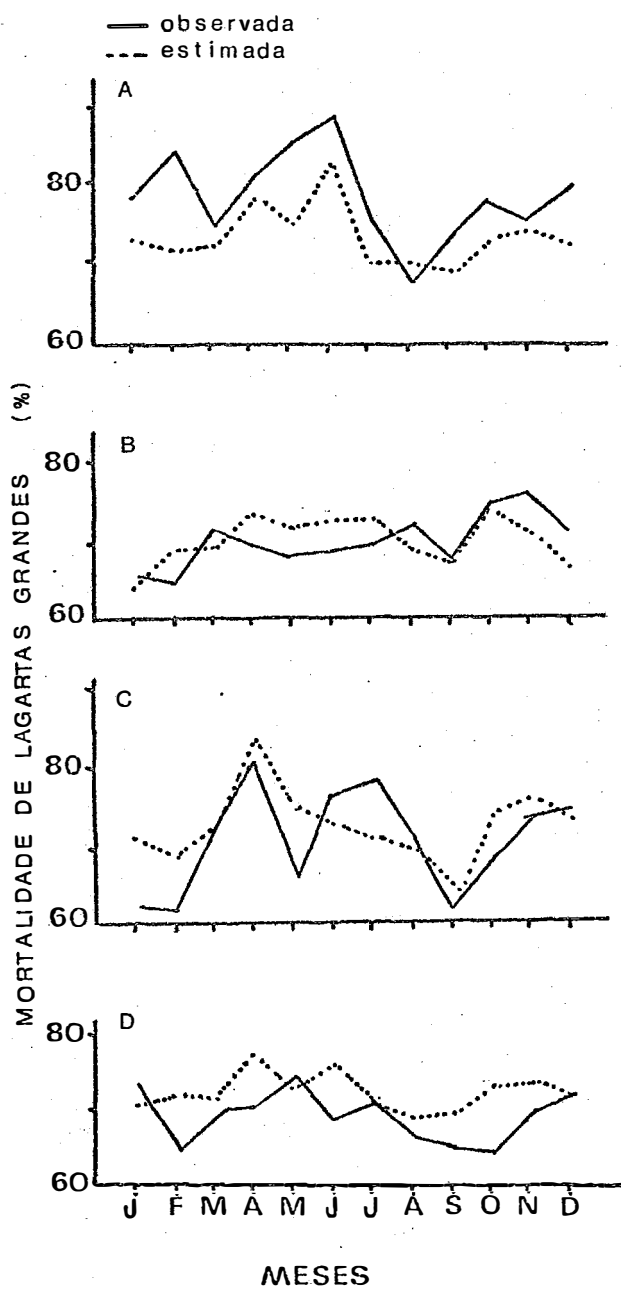


Figura 14 - Valores observados e estimados das mortalidades mensais de lagartas grandes nas regiões de: A) Ribeirão Preto, B) Jau, C) Piracicaba e D) Araraquara.

tas, portanto, aos fatores ambientes.

No gráfico da Figura 15 contam as mortalidades pupal por região estudadas e as mortalidades estimadas pelos sub-modelos.

6.8.4. Adultos

As estimativas das mortalidades dos adultos foram feitas com base em coletas por armadilhas luminosas. Segundo *SOUTHWOOD (1976)* a variação na eficiência de coleta de uma armadilha luminosa em noites consecutivas ou em dois diferentes locais é muito maior do que em qualquer outro tipo de armadilha. As coletas por armadilhas luminosas necessariamente não refletem o número de insetos que existem no campo, mas sim o número de insetos ativos. *VERWEIJEN (1960)* analisando o mecanismo de atração das armadilhas luminosas, observa que qualquer iluminação (lunar, por exemplo) que diminua o contraste luminoso entre o ambiente e a armadilha, reduzirá sua eficiência.

Dessa maneira não esperamos que os resultados obtidos com os sub-modelos para as mortalidades de adultos indiquem acontecimentos reais.

O sub-modelo construído pelo método alternativo sugere maior mortalidade em condições secas e em baixas densidade populacional.

No gráfico da Figura 16 constam as mortalidades nas regiões estudadas e as mortalidades estimadas pelos sub-modelos.

6.8.5. Probabilidade de fecundidade máxima

A fecundidade de fêmeas da *D. saccharalis* pode variar com o número de cópulas (*TAYLOR, 1944*) e com fatores climáticos (*JASIC, 1967c*).

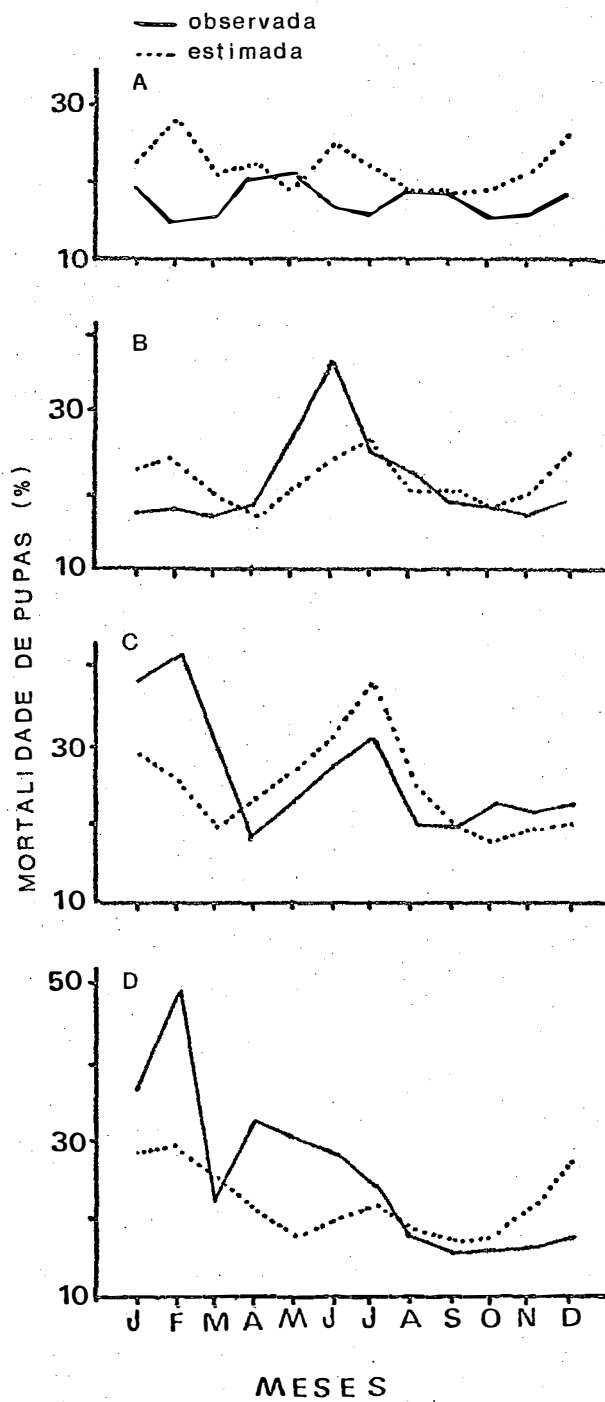


Figura 15 - Valores observados e estimados das mortalidades mensais de pupas nas regiões de: A) Ribeirão Preto, B) Jau, C) Piracicaba e D) Araraquara.

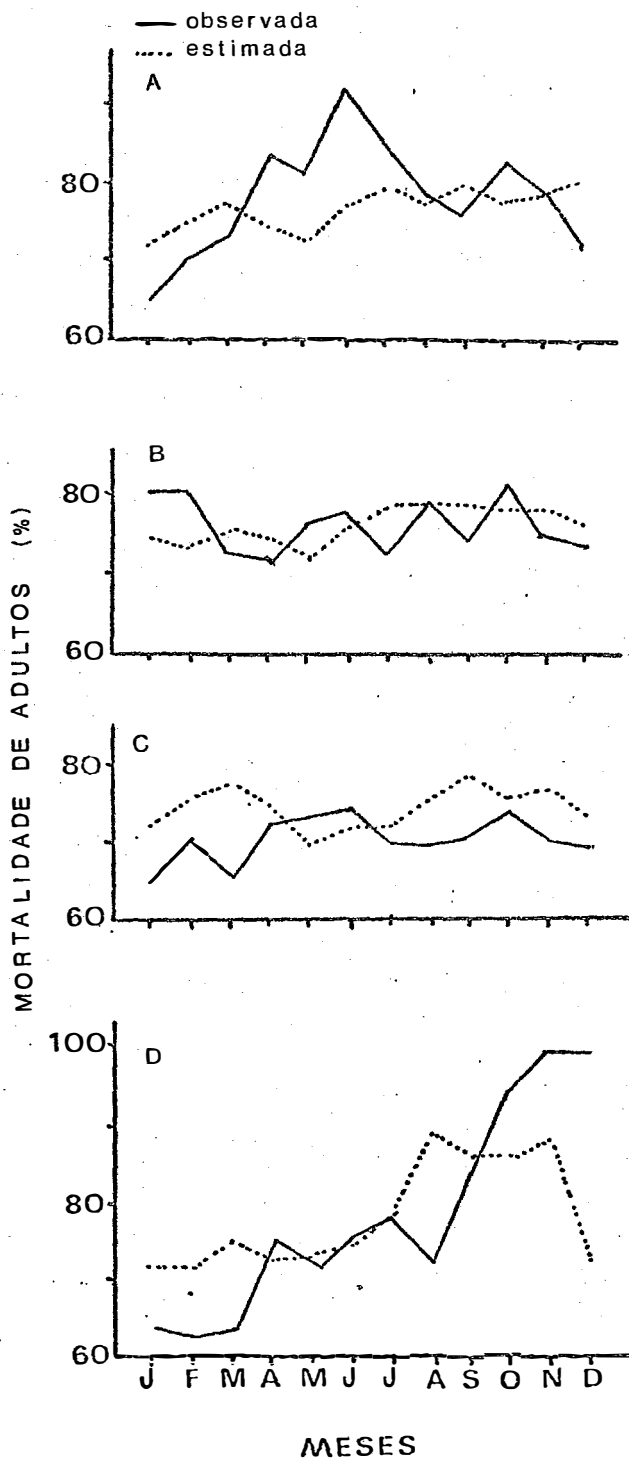


Figura 16 - Valores observados e estimados das mortalidades mensais de adultos nas regiões de: A) Ribeirão Preto, B) Jau, C) Piracicaba e D) Araraquara.

No sub-modelo desenvolvido pelo método da regressão linear múltipla as variáveis que regulam a probabilidade de fecundidade máxima são a temperatura mínima e a densidade populacional dos adultos. Acreditamos que essas duas variáveis são relacionadas com o número de fêmeas que copulam. Assim, em temperaturas baixas os insetos estão pouco ativos, não voando. Para o Lepidoptero *Amphipyra tragopoginis*, TAYLOR (1963) determinou que a temperatura limite para o vôo é 14°C. A partir dessa temperatura a ocorrência de vôo aumenta, até atingir 100% a 22°C. Se, em baixas temperaturas a percentagem de adultos que voam é pequena, consequentemente a percentagem dos que copulam também o será, produzindo uma queda na fecundidade. GUEVARA (1976) observa uma média de 54 ovos por fêmea que não copula, enquanto TAYLOR (1944) cita um valor médio de 66 ovos, ambos valores bem abaixo da fecundidade média do inseto (300 ovos/fêmea). Analisando as posturas de 84 fêmeas que não copularam, observamos uma fecundidade média de 83 ovos.

Quanto à densidade populacional dos adultos, se é baixa, a probabilidade de encontro entre macho e fêmea é menor, conforme cita FUJITA (1954).

No sub-modelo desenvolvido pelo método alternativo as variáveis incluídas foram a temperatura média, população de adultos e umidade relativa. Para a temperatura média e população de adultos valem as considerações já feitas, notando-se agora que a população de adultos apresenta uma função logarítmica com a probabilidade de fecundidade máxima, significando que acréscimos na densidade populacional dos adultos ocasionarão aumentos decrescentes na probabilidade de fecundidade máxima. A umidade relativa encontra-se no sub-modelo transformada na forma de afastamento da média. JASIC (1967c) observa que fêmeas da *D. saccharalis* põe apenas 36% dos ovos a uma umidade relativa de 60%. A 80% de umidade relativa 76% dos ovos são postos. Não encontramos citações referentes a decréscimos na fecundidade em umidades relativas muito elevadas.

No gráfico da Figura 17 estão as probabilidades de fecundidade máxima nas regiões estudadas e os valores estimados pelos sub-modelos.

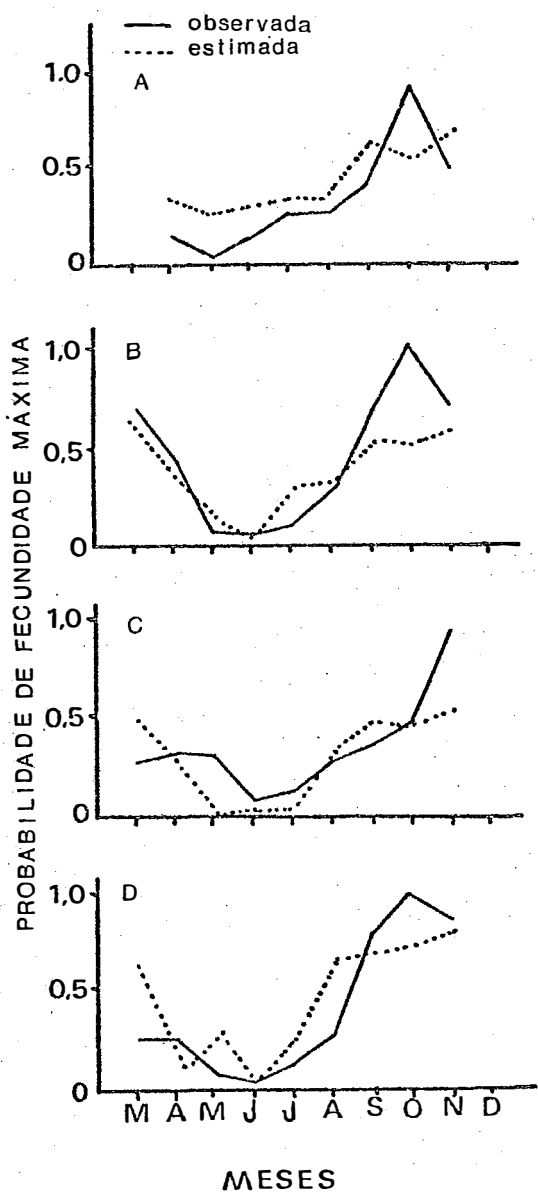


Figura 17 - Valores observados e estimados da probabilidade de fecundidade máxima mensal nas regiões de: A) Ribeirão Preto, B) Jau, C) Piracicaba e D) Araraquara.

6.9. Técnica do indivíduo estéril

6.9.1. Esterilização dos adultos

Nos gráficos das Figuras 18 e 19 encontram-se respectivamente as percentagens de machos que copularam e a sua longevidade. Pela observação desses gráficos fica claro que não existe correlação entre as doses de irradiação e o vigor sexual e longevidade dos machos, fato comprovado pelos dados da Tabela 27.

WALKER (1968) cita que adultos da *D. saccharalis* irradiados com 35 krad mantêm a normalidade no comportamento sexual, o que confirma os resultados que obtivemos. Esse fato contribui bastante para o sucesso de aplicação da Técnica do Indivíduo Estéril, considerando-se principalmente que na *D. saccharalis* o estágio adulto é o único que não sofre danos severos quando irradiado (*WALKER, 1968; PRUNA et alii, 1969; WALKER et alii, 1970*).

Nos dados que obtivemos não evidencia-se nenhum decréscimo na longevidade mesmo na dose mais elevada (50 krad). No entanto, *WALKER (1968)* observa que machos adultos irradiados com essa dose vivem menos, não quantificando, porém o decréscimo na longevidade e não especificando a idade em que os insetos foram irradiados, a taxa de dose e nem o modo de condução do experimento, fatores que poderiam alterar os efeitos da irradiação nos insetos.

No gráfico da Figura 20 constam as percentagens de ovos não férteis em cada dose. Verifica-se claramente o aumento linear da infertilidade com a dose. Nesse caso parece ter havido inativação dos espermatozoides, visto que se houvesse aspermia se esperaria uma redução na atividade sexual dos machos. Comparando-se o gráfico da Figura 20 com o da Figura 21 onde constam as percentagens de mutação letal dominante induzidas por cada dose nota-se que a inclinação da linha de regressão é maior no caso das mutações do que no de infertilidade. Através dos parâmetros "b" de regressões lineares, calculamos que enquanto são necessários

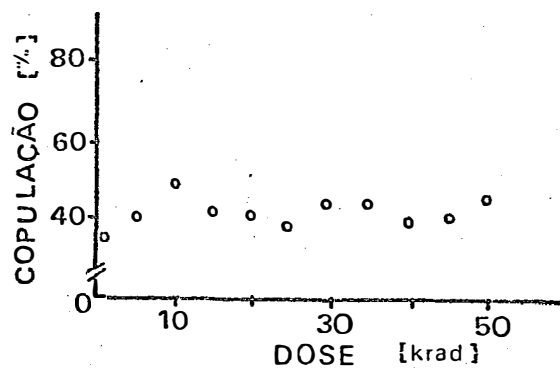


Figura 18 - Percentagem dos machos que copularam em cada dose de irradiação gama.

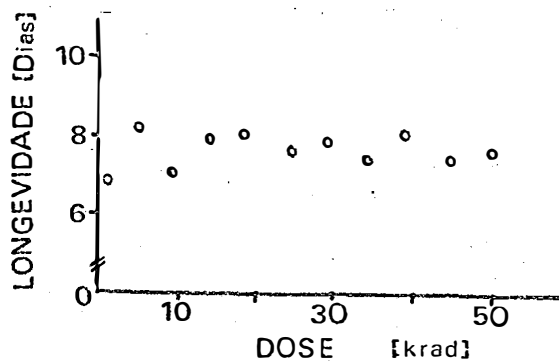


Figura 19 - Longevidade dos machos que copularam em cada dose de irradiação gama.

0,49 (1/2,03) krad para aumentar em 1% a ocorrência de mutações letais do minantes, são necessários 0,83 (1/1,20) krad para aumentar em 1% o número

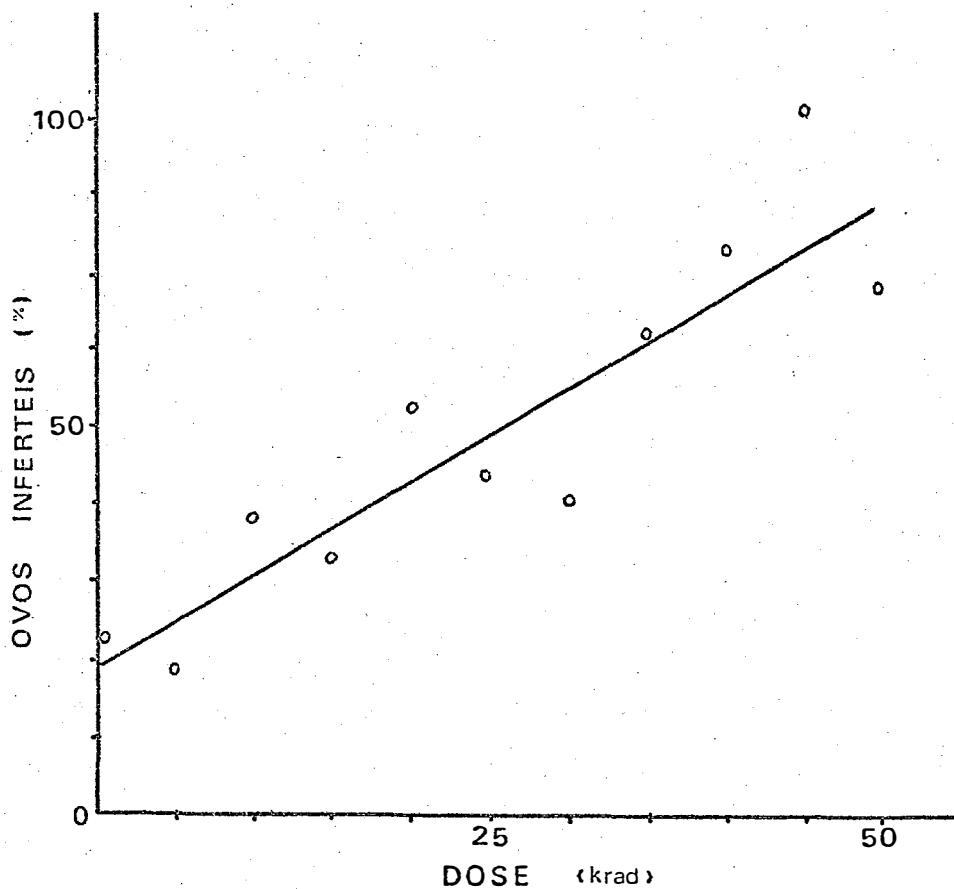


Figura 20 - Percentagem de ovos não férteis por dose. Valores observados (pontos) e estimados (curva).

de ovos não férteis. Da mesma forma seria necessários, teoricamente, 37 krad para a indução de 100% de mutações letais dominantes, enquanto que para 100% de inativação de espermatozoides seriam necessário 67 krad. De um modo geral esses resultados concordam com *HENNEBERRY* (1969) que observa serem normalmente necessárias doses mais elevadas para inativar espermatozoides do que para induzir mutações letais dominantes.

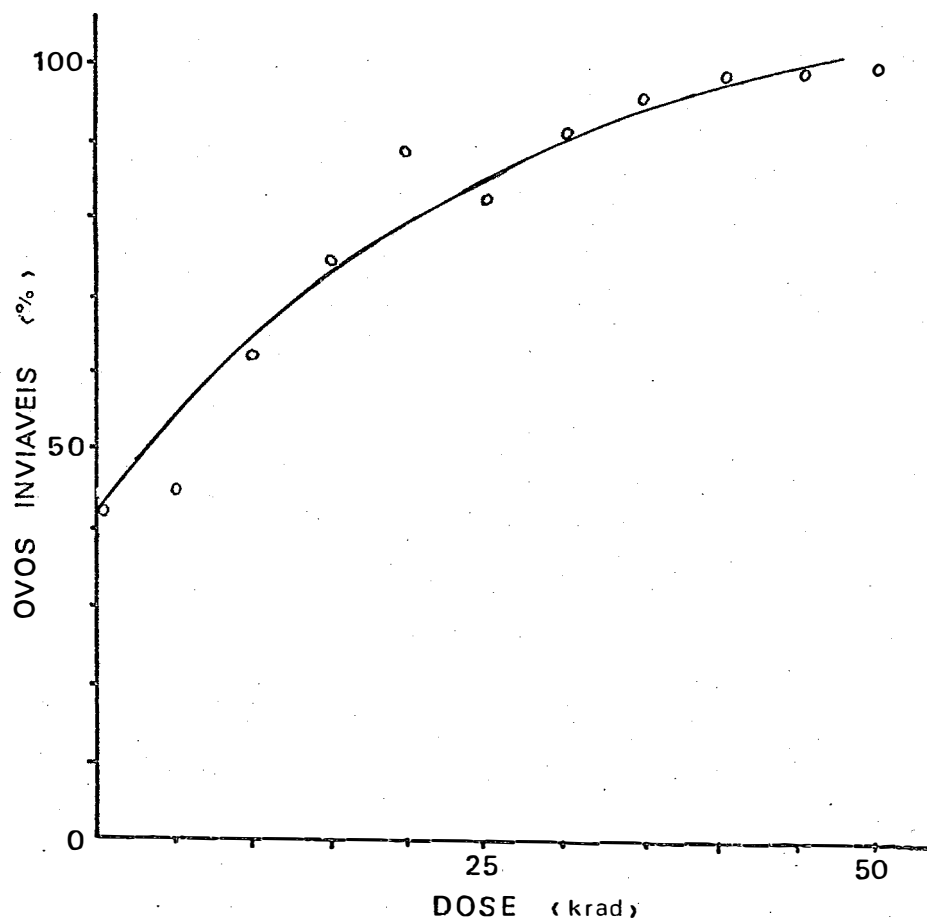


Figura 22 - Percentagem de ovos inviáveis em cada dose. Valores observados (pontos) e estimados (curva).

viáveis em cada dose. Verifica-se que a partir de 40 krad a porcentagem de ovos não viáveis passa a ser superior a 99%. *SANFORD (1977)* obteve 73% de ovos inviáveis para machos adultos irradiados com 10 krad e 77% quando a dose foi de 15 krad. Esses resultados aproximam-se dos que obtemos (62 e 74%, respectivamente) embora as condições experimentais (dieta utilizada para criação dos insetos, condições ambientes durante o expe

rimento, taxa de dose, etc.) não tenham sido as mesmas. Nas condições em que o experimento foi realizado, indicamos como dose esterilizante para machos adultos da *D. saccharalis* 50 krad.

Resta a comentar que, embora o estágio preferido para irradiação de insetos em programas da TIE seja o pupal devido a já existente diferenciação somático-gamética e, principalmente a imobilidade dos insetos e facilidade de manuseio, não existem inconvenientes graves para se irradiar adultos. Esse é o estágio em que os insetos sofrem menores danos biológicos quando irradiados para esterilização e, embora sejam bastante móveis há a possibilidade de resfriá-los (visando inativação) para o manuseio que a irradiação e liberação no campo requerem. Um programa utilizando esse método está em andamento em Phoenix, Arizona onde adultos da *Pectinophora gossypiella* são resfriados, irradiados e remetidos via aérea para liberação na Califórnia (SGRILLO, 1976).

6.9.2. Sobrevivência dos adultos

No gráfico da Figura 23 constam os sobreviventes observados por dia e os estimados pela equação 43.

Notamos, pela Figura 23 que a curva de sobrevivência dos adultos da *D. saccharalis* é claramente do tipo I, com a taxa de mortalidade aumentando com a idade. Observamos também a boa concordância entre os valores observados e estimados. Os resultados obtidos não se afastam muito dos de outros autores. WONGSIRI e RANDOLPH (1962) apontam uma longevidade média de 5,9 e 6,5 dias para adultos dependendo da dieta em que as lagartas foram criadas. WALKER e ALEMAÑI (1965) apontam uma longevidade máxima de 8 dias para os machos e 11 dias para as fêmeas, com uma média de 3,5 e 5,2 dias para machos e fêmeas, respectivamente. Não observamos diferença sensível entre as longevidades dos machos e fêmeas (6,48 e 6,52 dias, respectivamente) ao contrário da maioria dos autores.

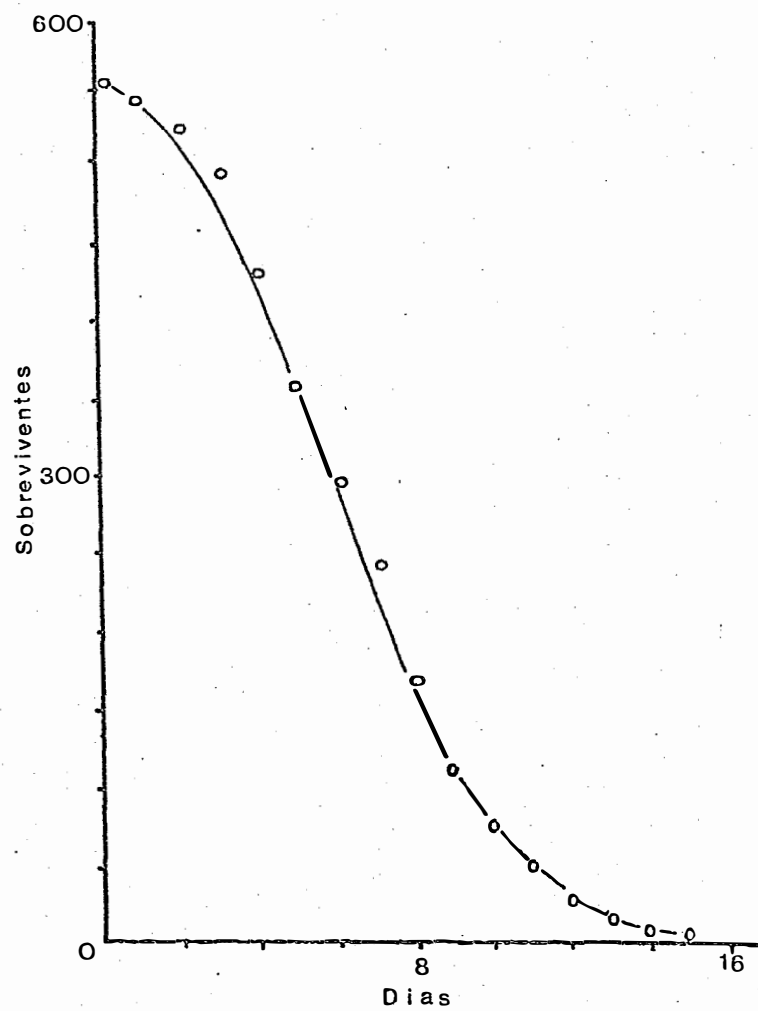


Figura 23 - Sobrevivência esperada e estimada de adultos da *D. saccharalis*.

6.9.3. Simulação da Técnica do Indivíduo Estéril

Nos gráficos das Figuras 24, 25 e 26 constam os picos populacionais dos estágios da *D. saccharalis* em cada geração referentes as três simulações feitas.

Analisando os dados da simulação do desenvolvimento de uma população natural (Tabela 31, Figura 24) verificamos que a população cresceu de 2,45 vezes entre a primeira e terceira geração, considerando-se os picos populacionais de ovos. SANFORD (1976) na Louisiana, cita um crescimento populacional de 18,87 vezes entre os picos da primeira e terceira geração de ovos, valor bastante maior do que o que estimamos. Nos ovos examinados em campo, durante sete meses, aquele autor encontrou uma elevada viabilidade de 51%, apontando que apenas 5% dos ovos foram destruídos por predadores. No entanto, o próprio pesquisador reconheceu: *"Predation was light and spotty throughout the season, a situation that differed from that reported by NEGM and HENSLEY (1969) who found as much as 60% of sugarcane borer eggs destroyed by predators. However their data were taken in an area that had never been treated with insecticides for control of sugarcane borer; the data presented here were taken from an area that had received yearly applications for 10 or more years. Possibly the insecticide reduced the predators population to a very low level compared with the population in the area where none was used"*.

Possivelmente o baixo crescimento populacional entre gerações que estimamos haver aqui deva-se a uma atividade intensa de inimigos naturais, tanto parasitos como predadores, visto não ser prática comum no Brasil a utilização de inseticidas para o combate a broca.

Se na primeira geração houve um pico populacional de 100 adultos por hectare, na terceira geração a densidade da população de lagartas (pequenas + grandes) alcançará a 11.000 por hectare. Supondo-se 80.000 colmos de cana por hectare a média será de 0,14 lagartas por colmo, densidade populacional potencialmente capaz de ocasionar 10% de internós broqueados (Tabela 34).

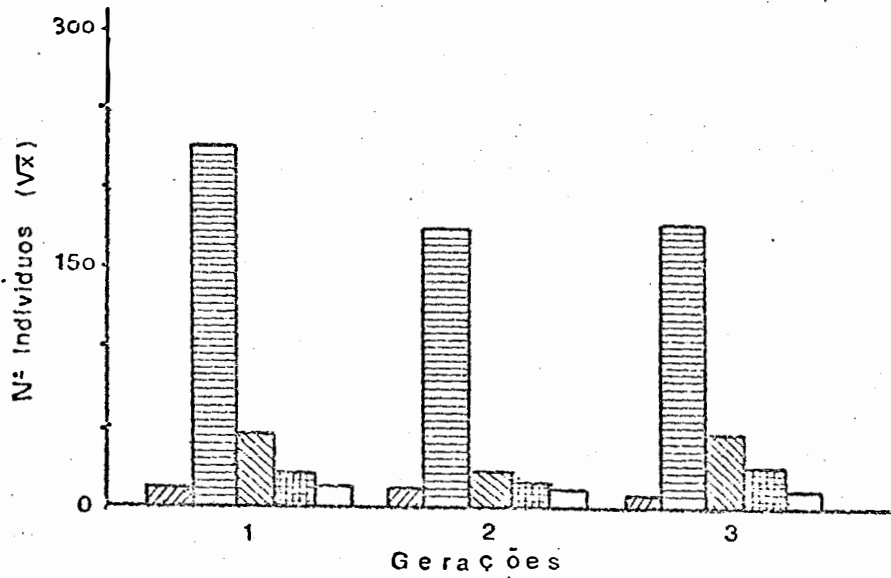
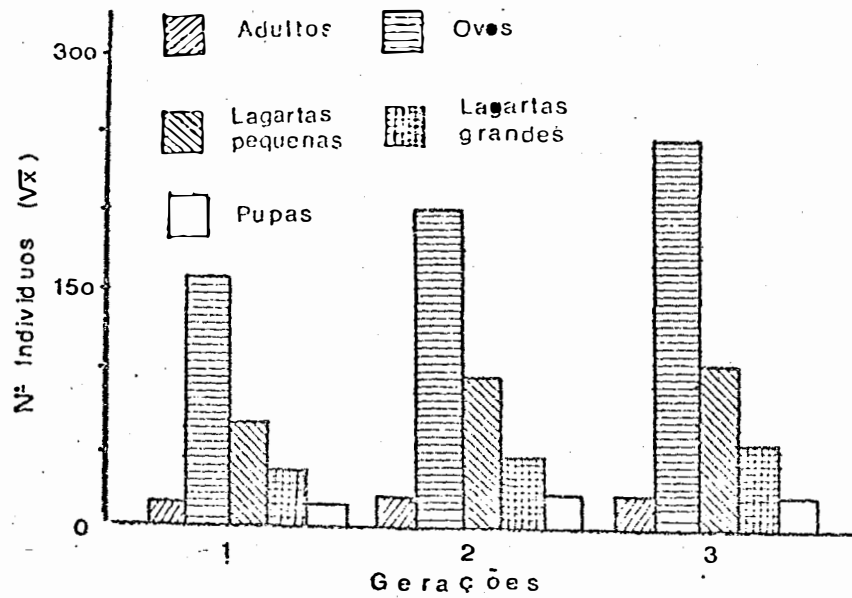


Figura 24 - Picos populacionais da *D. saccharalis* em cada geração referentes ao desenvolvimento de uma população natural.

Figura 25 - Picos populacionais referentes ao desenvolvimento de uma população onde foram liberados insetos estérteis em número igual aos normais durante 3 gerações.

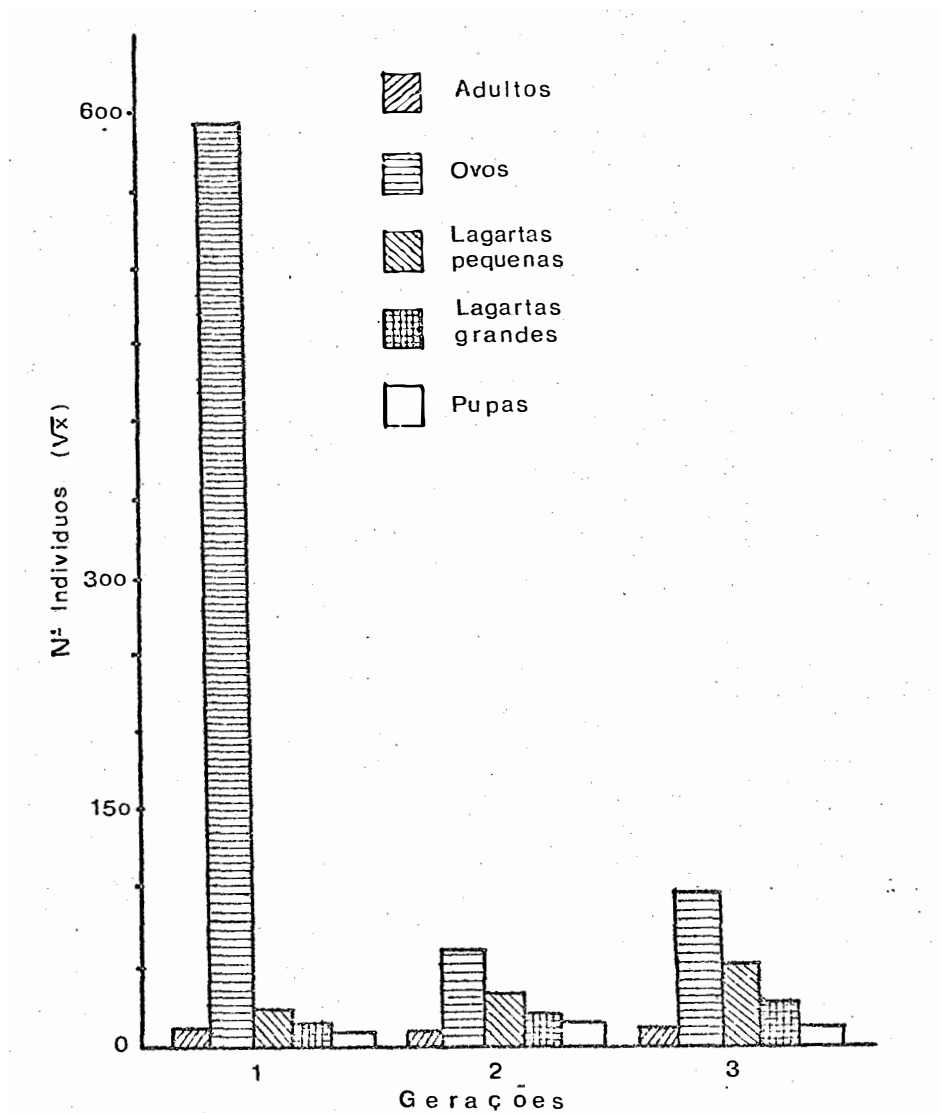


Figura 26 - Picos populacionais da *D. saccharalis* em cada geração referentes ao desenvolvimento de uma população onde foram liberados 9 vezes mais insetos estérteis do que os normais existentes no campo, durante a primeira geração.

Estimando-se uma produção de 55 toneladas de cana por hectare, produzindo 94 kg de açúcar por tonelada, um hectare forneceria 5.170 kg de açúcar. Se cada 1% de internós broqueados causam 0,75% de perda de açúcar provável, seriam deixados de produzir 39 kg de açúcar por hectare por cada 1% de internós broqueados, o que, a um preço de Cr\$ 5,00 por kg produziriam perdas de Cr\$ 195,00 por hectare. Os 10% de internós broqueados, causados pela população de lagartas produziram portanto perdas de Cr\$ 1.950,00 por hectare. Muitas vezes, no entanto, a intensidade de infestação pode alcançar valores mais elevados, em certos campos. *WALDER (1976)* observou valor de até 47,7% de internós broqueados, o que representaria perdas de Cr\$ 9.300,00 por hectare.

Analisando a segunda simulação, ou seja, a liberação de adultos estéreis em número igual aos normais existentes no campo, durante três gerações, verificamos que praticamente não existe crescimento populacional entre as gerações (Tabela 32 e Figura 25). Os picos populacionais de lagartas (grandes + pequenas) se mantêm em torno de 2.000 lagartas por hectare que representa 0,03 lagartas por colmo e aproximadamente 3% a internós broqueados. As perdas seriam então de Cr\$ 585,00 por hectare. Para se manter a população nesse nível seria necessária a liberação de um total de 1.857 insetos estéreis por hectare (deve-se notar que esse número pode estar um pouco subestimado, pois consideramos que os insetos, machos e fêmeas, copulam uma só vez, possuindo os estéreis comportamento e competitividade sexual igual aos normais, o que poucas vezes ocorre na prática). Estimando uma vida útil de 3,5 dias para os insetos estéreis, o espaçamento entre as liberações deveria ser esse. Assim deveriam serem feitas liberações da semana 1 a semana 34,6 (Tabela 30) o que representa a necessidade de 70 liberações em cerca de 8 meses.

A terceira simulação (Tabela 33, Figura 26) refere-se a liberação maciça de insetos estéreis, na proporção de 9:1, durante a primeira geração. Nesse caso o número total de insetos a serem liberados é de 7.668 por hectare, num total de 24 liberações. O pico populacional de lagartas na terceira geração chega a cerca de 3.000 lagartas por hectare, com uma média de 0,04 lagartas por colmo potencialmente capazes de produ

zir cerca de 5% de internões broqueados e perdas de Cr\$ 975,00 por hectare. O crescimento populacional, considerando-se os picos das populações de lagartas pequenas, entre a primeira e terceira geração foi de 5,5 vezes. Nesse caso, a população cresceu três vezes mais do que o estimado para a população normal. Fica claro, dessa maneira, que quando a densidade populacional é baixa a taxa de crescimento da população é maior. Assim a equação apresentada por MAY (1976) que descreve decréscimos no crescimento populacional para acréscimos na densidade populacional, pode ser aplicada. Temos portanto:

$$N_{(t+1)} = N_{(t)} \exp (r (1 - N/K)) \dots \dots \dots (55)$$

onde: N = Densidade populacional.

t = Número da geração.

r = Taxa de crescimento intrínseca.

K = Densidade populacional máxima suportada pelo meio.

Normalmente o valor de K é determinado pela abundância de alimento, espaço, predadores e outros fatores e não é constante no tempo. A velocidade de reação da população do inseto a mudanças no valor de K vai depender do tempo de resposta (T_R) que pode ser estimado através da recíproca da taxa intrínseca de crescimento ($1/r$). Espécies que possuem uma taxa de crescimento alta (curto tempo de resposta) responderão rapidamente a mudanças na qualidade do ambiente representadas pelo valor de K, e vice-versa (MAY, 1976).

Utilizando os dados das Tabelas 31 e 33 referentes aos picos populacionais determinamos que o valor de taxa intrínseca do crescimento (r) fica em torno de 0,90. Estimamos o valor de K para lagartas (pequenas + grandes) em torno de 12.500 lagartas por hectare.

A equação 55 prevê crescimento populacional até que o tamanho da população atinja o valor de K quando então deverá se estabilizar. Se a população sair do valor de equilíbrio, pela influência casual de qualquer fator do ambiente tenderá voltar ao equilíbrio. Se a densidade

de populacional ultrapassar o valor de K, ocorrerão oscilações em torno do valor de equilíbrio, até que esse seja atingido nas gerações posteriores.

Nos gráficos da Figura 27, consta a flutuação populacional de lagartas (pequenas + grandes) retiradas dos dados de levantamentos das regiões amostradas (Tabela 2), representando a linha horizontal de cada gráfico o valor médio da população de lagartas em cada região. Nas regiões de Araraquara e Piracicaba, nota-se claramente que as populações oscilam em torno da média, tendendo a estabilizar-se nos últimos meses do período o que sugere que a média pode representar uma aproximação no valor real de K para as respectivas regiões. Na Tabela 37 constam as médias de lagartas amostradas nas regiões e as respectivas densidades populacionais, calculadas com base no número de colmos amostrados por mês, considerando-se a existência de 80.000 colmos por hectare.

Tabela 37 - Média mensal de lagartas (pequenas + grandes) amostradas por mês em cada região e respectivos valores das densidades populacionais.

	Média mensal	Densidade populacional (lagartas / ha)
Ribeirão Preto	34,83	13.932
Araraquara	35,75	14.300
Piracicaba	33,17	13.268
Jau	22,67	9.068
Média	-	12.642

Pelos dados dessa tabela nota-se a semelhança entre os valores da densidade populacional média de lagartas amostradas e o valor de K estimado pela equação 55 através dos dados das simulações feitas.

SOUTHWOOD (1976b) comenta sobre as duas estratégias de sobrevivência das espécies. Os estrategistas "K" tem tamanho corporal maior

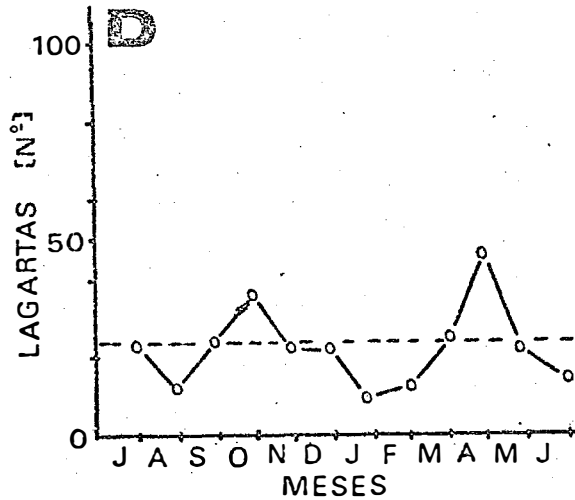
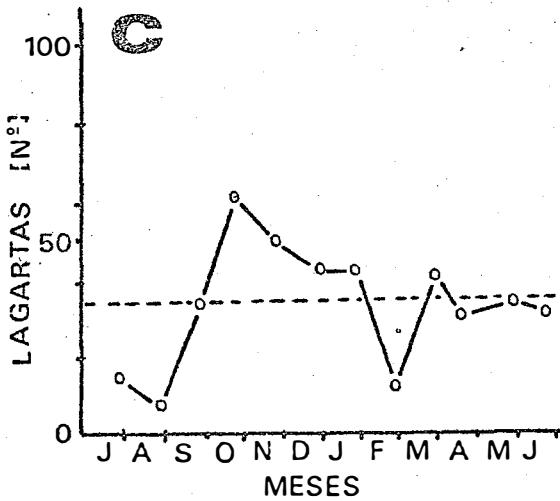
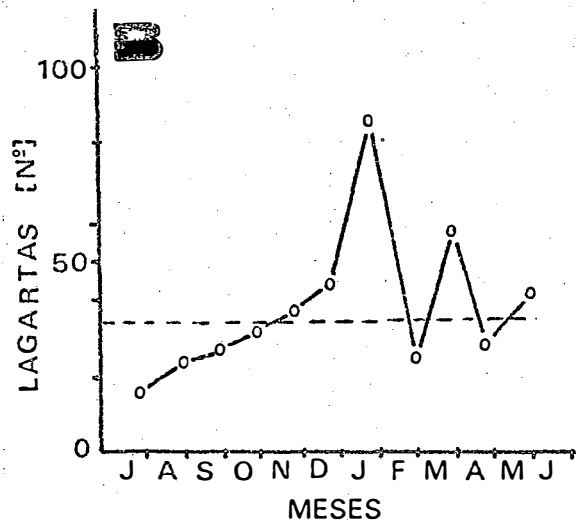
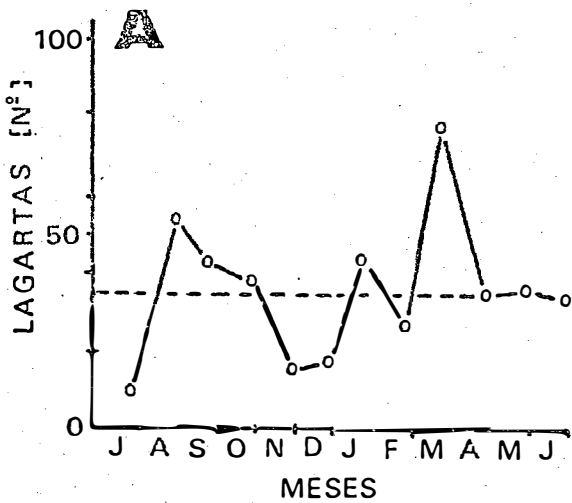


Figura 27 - Flutuação populacional mensal de lagartas (pequenas + grandes) da *D. saccharalis*. A) Região de Araraquara; B) Região de Ribeirão Preto; C) Região de Piracicaba e D) Região de Jau.

e vivem em um habitat estável. O crescimento populacional entre gerações não é grande, tendendo a população a permanecer com uma densidade constante, não muito elevada. O tempo de desenvolvimento dos indivíduos é longo e a fecundidade e mortalidade não são muito elevadas, sendo dependentes do tamanho da população. Por outro lado os estrategistas "r" são pequenos e estão continuamente colonizando outros habitats de natureza temporária. O crescimento populacional é muito elevado e os indivíduos se desenvolvem rapidamente, chegando a densidade populacional a valores extremos. A migração é um componente importante da dinâmica populacional e a ocorrência de surtos é freqüente. Alguns ácaros e pulgões são representantes típicos desse tipo de estrategistas. É óbvio que existe uma variação contínua entre essas duas estratégias. A *D. saccharalis*, ao nosso ver, aproxima-se mais da estratégia "K" do que da "r". O canavial pode ser considerado como um habitat estável, existindo uma perturbação anual que ocorre na safra com o corte da cana. O desenvolvimento do inseto não é muito rápido. O crescimento populacional e a densidade da população são baixos. A ocorrência de surtos não é conhecida.

CONWAY (1976) discorre sobre a importância do conhecimento do tipo de estratégia que possui uma espécie para o controle das pragas. Para esse autor a maneira mais apropriada de controle de pragas "r" é a utilização de inseticidas. O uso de variedades resistentes e a Técnica do Indivíduo Estéril são tipicamente mais adaptados para as pragas "K". O controle biológico é mais eficiente para pragas de estratégia intermediária.

Dessa maneira, como também demonstram as simulações feitas, a Técnica do Indivíduo Estéril poderia teoricamente ser aplicada para o controle de populações da *D. saccharalis*. WALKER (1969) estima ser necessária a liberação de um total de 1.557 machos sub-estéreis por hectare durante três gerações, para a erradicação da *D. saccharalis* em Porto Rico. Da mesma forma o inseto também seria erradicado com a liberação de 7.265 machos sub-estéreis por hectare, durante a primeira geração. Embora o autor tenha feito estimativas visando a erradicação da população e prevendo liberações de machos sub-estéreis, seus resultados aproximam-se bas

tante do que obtivemos (1.857 insetos estéreis liberados em cada uma das três gerações ou 7.768 liberados durante a primeira).

Através da análise de custo verificamos que uma população natural causaria perdas de Cr\$ 1.950,00 por hectare. A perdas com liberações de insetos estéreis em três gerações seriam de Cr\$ 595,00 e de liberações durante uma geração de Cr\$ 975,00. Assim, no primeiro caso se disporia de até Cr\$ 1.355,00 por hectare (com necessidade de 70 liberações) para que o método fosse econômico e no segundo de Cr\$ 975,00 (com 24 liberações).

Resta comentarmos sobre a possibilidade prática de aplicação da TIE para controle da *D. saccharalis* em São Paulo. A esterilização dos insetos não parece ser o maior problema, visto que no Estado existem menos duas empresas que irradiam comercialmente a preço razoável (WIENDL, 1979). Quanto a liberação dos insetos estéreis, com alguns testes e uma análise econômica se determinaria o método mais eficiente. Ao nosso ver o maior problema está na produção dos insetos. Embora a *D. saccharalis* seja criada normalmente em vários locais do Estado, a metodologia utilizada, devido principalmente ao custo da dieta e a mão de obra necessária não se adapta a uma criação massal de, por exemplo, alguns milhões de insetos por semana. Mas esse é somente um problema técnico que, com o tempo, certamente será solucionado. O desenvolvimento de pesquisas relativa a criação de insetos tem sido bem rápido conforme se observa no trabalho de VANDERZANT (1974). Em 1973, por exemplo, o preço da dieta utilizada para criação da broca, no CENA, era de Cr\$ 25,00 por quilo (SGRILLO, 1973), o que, utilizando um reajuste de 40% ao ano corresponderia hoje a Cr\$ 135,00. A dieta utilizada atualmente custa cerca de Cr\$ 14,00 por quilo (SGRILLO et alii, 1977b), correspondendo a uma redução de 90% no preço, obtida em pouco mais de 5 anos de pesquisas.

As seguintes observações finais devem ser feitas. O modelo desenvolvido no presente trabalho foi baseado na análise de dados grossos devendo ser considerados exclusivamente como uma indicação preliminar da possibilidade de aplicação da TIE para controle da *D. saccharalis*

em São Paulo. No futuro deverá ser construído modelo baseado em dados que considerem condições microclimáticas, populações dos parasitos e predadores reais da broca, percentagens de canibalismo e variação na fecundidade natural, etc. A longevidade, dispersão e competitividade sexual dos insetos estêreis em condições naturais deverão também ser determinadas. Finalmente, antes da indicação sobre a viabilidade prática e econômica da aplicação da TIE deverão ser feitos testes em gaiolas ecológicas e em pequenas áreas.

7. CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos e de sua análise, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

1. As lagartas pequenas e grandes da *D. saccharalis*, em condições naturais, tem distribuição estatística não diferente da Binomial Negativa.

2. Pode ser feito planejamento de um método de amostragem sequencial, com probabilidade de erro fixo e número de amostras variáveis.

3. Parte das lagartas grandes durante os meses de maio, junho, julho e agosto sofrem diapausa, chegando a cerca de 45% de lagartas em diapausa em julho.

4. São necessários cerca de 950 graus dias para que o inseto complete uma geração.

5. As mortalidades de cada estágio e a fecundidade das fêmeas, são variáveis no tempo, em função de parâmetros bioclimáticos.

6. Cerca de 33% da variação nas mortalidades e fecundidade pode ser explicada pelas variáveis consideradas.

7. Machos adultos de um dia irradiados com 50 krad de ra diação gama (^{60}Co) a uma taxa de 350 krad por hora produzem progênie in viável. Outras características não são afetadas. A progênie é inviável devido, principalmente, a indução de mutações letais nas células germi nais dos insetos irradiados.

8. A distribuição de Weibull pode ser utilizada para estu do da sobrevivência dos insetos adultos. Esses indivíduos apresentam uma curva de sobrevivência tipo I.

9. A taxa de crescimento populacional decresce exponencialu mente com o aumento da densidade da população.

10. A espécie *D. saccharalis* apresenta estratégia de sobrevivência semelhante a estratégia "K", descrita por *SOPHWOOD (1976)*.

11. Teoricamente a Técnica do Indivíduo Estéril poderia ser aplicada para controle das populações desse inseto no Estado de São Paulo.

12. Tanto liberações de indivíduos estéreis, em número igual aos normais existentes no campo durante as três primeiras gerações, como liberações de nove vezes mais indivíduos estéreis que os normais existenu tes no campo reduziriam os danos causados pelos insetos.

13. Para aumentar a certeza do bom funcionamento da TIE para *D. saccharalis*, a fim de poder indicá-la como controle rotineiro, de vem porém serem feitos ainda levantamentos mais detalhados da bio-ecologia da praga, aliados a testes em condições naturais, em áreas reservadas.

8. SUMMARY

The objective of the present work was to determine the theoretical possibility of applying the Sterile Insect Technique (SIT) to control sugar cane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), population in the State of São Paulo. This objective has been achieved with the development of a mathematical model of the insect population dynamics after simulation of the SIT. The model was constructed based on a field survey made in 1976 in four sugar cane regions of the State. With the surveys, data relative to insect population density of larvae and pupae was obtained. Data regarding fluctuation of adults and of some predators population were obtained using light traps.

Also, during the work some secondary information was obtained. It was determined that, under normal conditions, the larvae follow a spatial distribution not different from the binomial negative. From estimation of the parameters of this distribution a sequential sampling design for larvae was developed, where probability of error remain constant, while the number of units sampled is variable.

Through mathematical analysis of the data from the surveys it was noted that diapause occurred in large larvae. The percentage of larvae in diapause showed correlation with photoperiod and temperature.

It was established that the number of degree days necessary

for the insect to complement a generation is 954. A method was proposed to utilize the thermic constant concept equally for diapause conditions.

A laboratory experiment showed that male adults irradiated at 50 krad gamma radiation (^{60}Co) produced a non-viable generation.

Monthly mortality in each stage was estimated. From these data, sub-models were developed, correlating mortality with climatic and biological variables. The sub-models when grouped formed a model that permitted the simulation of the SIT. It was concluded that release of sterile insects in a number equal to those existing in the field, during the first three generations, would be an efficient method to control insect populations. Theoretically, a profit would be obtained if the cost for application of the method was up to Cr\$ 1,355 per hectare. Release of sterile insects in a number nine times larger than those existing in the field during the first generation, would be equally efficient and a profit would be obtained if the cost for application of the method was Cr\$ 975 per hectare.

9. LITERATURA CITADA

ADKISSON, P.L. 1964. Action of the photoperiod in controlling insect diapause. *Amer. Natur.*, 97(902):357-73.

ADKISSON, P.L. 1966. Internal clocks and insect diapause. *Science*, 154:234-41.

ANDREWARTHA, H.G. 1961. *Introduction to the study of animal population*. London, Methven Ltda. 530p.

ANDREWARTHA, H.G. e L.C. BIRCH. 1954. *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press. 859p.

ANSCOMBE, F.J. 1950. Sampling theory of the negative binomial and logarithmic series distributions. *Biometrika*, 37:358-82.

ARRUDA, E.C. 1971. Contribuição ao estudo do *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) [Homoptera, Aleyrodidae] e seus controle biológico em Pernambuco. Piracicaba, ESALQ/USP. 79p. (Dissertação de Mestrado).

BECK, S.D. e J.W. APPLE. 1961. Effects of temperature and photoperiod on voltinism of geographical populations of the European Corn Borer, *Pyrausta nubilalis* (Hbn). *J. econ. Entomol.*, 54:550-558.

- BENSCHOTER, C.A. 1968. Diapause and development of *Heliothis zea* and *H. virescens* in controlled environments. *Ann. Entomol. soc. Am.*, 61(4):953-56.
- BERGAMIN, J. 1948a. A broca da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, 32(6):105-10. *
- BERGAMIN, J. 1948b. A broca da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, 32(5):72-96. *
- BERGAMIN, J. 1949. A broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* (F.)). Ligeiras notas sobre seu desenvolvimento em laboratório. In: Lima, A.C. *Insetos do Brasil*. Ed. Escola Nacional de Agronomia. vol.6, 2.^a parte, p.61-76.
- BERTELS, A. 1970. Estudos da influência da umidade sobre a dinâmica de populações de Lepidopteros pragas do milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 5:67-79.
- BLESZYNSKI, S. e R.J. COLLINS. 1962. A short catalogue of the world species of the family Crambidae (Lepidoptera). *Acta. zool. Cracov.*, 1(12):197-389. *
- BLISS, C.I. e A. OWEN. 1958. Negative binomial distribution with a common k. *Biometrika*, 45:31-58.
- BOTELHO, P.S.M., A.C. MENDES, N. MACEDO e S. SILVEIRA NETO. 1978. Influences of climatic factors on the population fluctuations of the sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.:Crambidae). In: XVI Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, p.643-655.

- BOX, H.E. 1932. Studies on the early larval mortality of *Diatraea saccharalis* in Antigua with special reference to natural parasitism of eggs by *Trichogramma*. In: *IV Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. 5p.
- CAMINHA F^o, A. 1939. A broca da cana de assucar. *Bras. Açuc. R.J.*, 5(1):7-14. *
- CHIPPENDALE, G.M. e A.S. REDDY. 1973. Temperature and photoperiodic regulation of diapause of the southwestern corn borer *Diatraea grandiosella*. *J. insect. physiol.*, 19:1397-1401.
- CHIPPENDALE, G.M. e A.S. REDDY. 1974. Diapause of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*: Low temperature mortality and geographical distribution. *Environ. Entomol.*, 3(2):233-38.
- CHITTY, D. 1960. Population process in the vole and their relevance to general theory. *Canad. J. zool.*, 38:99-113.
- CHITTY, D. 1965. Qualitative changes within fluctuating populations including genetic variability. In: *Proc. Int. Congr. Entomol.*, 12:384-6.
- CLAUSEN, C.P. 1956. Biological control of insect pests in Continental United States. *USDA, Tech. Bull.* n^o 1139.
- CONNOLA, D.P., W.E. WATERS e E.R. NASON. 1959. A sequential sampling plan for Red-Pine sawfly *Neodiprion nanulus* Schedl. *J. econ. Entomol.*, 52:600-602.
- CONWAY, G. 1976. Man versus pests. In: *Theoretical Ecology, Principles and Applications*. Blacwell, London. p.257-81.

- CRUZ, F.Z. 1976. Espécies do gênero *Diatraea* Guilding, 1928 (Lep.:Crambidae) coletadas em canaviais de algumas regiões do Estado de São Paulo, Brasil. Piracicaba, ESALQ/USP. 49p. (Dissertação de Mestrado).
- DAJÓS, R. 1973. *Ecologia Geral*. EDUSP. 474p.
- DARWIN, C. 1951. *The origin of species*. J.M. Dent e Sons Ltda. London, XXVI. 488p.
- EMBREE, D.G. 1966. The role of introduced parasites in the control of the winter moth in Nova Scotia. *Canad. Entomol.*, 98:1159-1168.
- ENGELHARDT, M. 1975. On simple estimation of the parameters of the Weibull or extreme value distribution. *Technometrics*, 17:369-374.
- ESTEFANIEL, V. 1977. Amostragem seqüencial baseada no teste seqüencial da razão de probabilidade e seu uso no controle da lagarta da soja no Estado do Rio Grande do Sul. Piracicaba, ESALQ/USP. 117p. (Dissertação de Mestrado).
- EVANS, D.A. 1953. Experimental evidence concerning contagious distribution in Ecology. *Biometrika*, 40:186-211.
- FORRESTER, J.W. 1961. *Industrial dynamics*. MIT Press, Cambridge. 464p.
- GALLI, F., H. TOKESHI, P. CARVALHO, E. BALMER, H. KIMATI, C.N. CARDOSO e C.L. SALGADO. 1968. *Manual de Fitopatologia*. São Paulo, Editora Agronomica Ceres. 640p.
- GALLO, D. 1949. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar. *São Paulo Açucareiro*, I(2):8-11.
- GALLO, D. 1951. A introdução da *Lixophaga diatraea* em nosso meio. *Rev. Agric.*, XXVI(3-4):117-126.

- GALLO, D. 1963. Estudo da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). Piracicaba, ESALQ/USP. 68p. (Tese para Cátedra).
- GALLO, D. 1968. Pragas da cana de açúcar. *Bol. Copereste*, Ribeirão Preto. 23p.
- GALLO, D., F.M. WIENDL, R.N. WILLIAMS e E. BERTI F^o. 1969. Método de criação artificial da broca da cana-de-açúcar, para emprego no seu controle. In: *Sociedade Brasileira de Entomologia*, Recife. Resumos da 2.^a Reunião Anual, p.4-5.
- GALLO, D., O. NAKANO, F.M. WIENDL, S. SILVEIRA NETO, R.P.L. CARVALHO. 1970. *Manual de Entomologia, Pragas das Plantas e seu Controle*. Ed. Agr. Ceres, São Paulo. 858p.
- GALLO, D., E. BERTI F^o, G.J. MORAIS e H.J. CASTILHO. 1978. Evolution of biological control of the sugarcane borer, *Diatraea* spp. (Lepidoptera:Pyralidae) in Brazil. In: *XVI Congress of The International Society of Sugarcane Technologists*. p.603-15.
- GUAGLIUMI, P. 1973. *Pragas da cana-de-açúcar - Nordeste do Brasil*. RJ. IAA. 622p.
- GUEVARA, L.A.C. 1976. Aspectos da biologia em condições naturais e frequência de acasalamento da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera:Cambridae) a broca da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP. 70p. (Dissertação para Mestrado).
- HARCOURT, D.G. 1969. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, 14:175-96.
- HENNEBERRY, T.J. 1969. Effects of gamma radiation on the fertility of two-spotted spider mite and its progenie. *J. econ. Entomol.*, 57:672-74.

- HENSLEY, S.D. 1971. Management of sugarcane borer populations in Louisiana: A decade of change. *Entomophaga*, 16:133-46.
- HENSLEY, S.D. e A.M. HAMMOND. 1968. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. *J. econ. Entomol.*, 61(6):1742-43.
- HENSLEY, S.D., McCORMICK, W.J., LONG, W., CONCIENNE, E.J. 1961. Field tests with new insecticides for control of the sugar cane borer in Louisiana. *J. econ. Entomol.*, 54:1153-1154.
- HENSLEY, S.D., LONG, W.H., CONCIENNE, E.J. e McCORMICK, W.J. 1963. Control of first-generation sugarcane borer populations in Louisiana. *J. econ. Entomol.*, 56:407-409.
- HENSLEY, S.D. e McCORMICK, W.J. 1964. Granular versus spray formulations of endrin for control of the sugarcane borer in Louisiana. *J. econ. Entomol.*, 57:219-220.
- HENSLEY, S.D., H.P. FANGUY e M.J. GIAMALVA. 1978. The role of varietal resistance in control of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) in Louisiana. In: XVI Congress of the International Society of Sugarcane Technologists. p.517-522.
- HOLLOWAY, T.E., HALEY, W.E., LOFTIN, V.C. e HEINRICH, C. 1928. The sugarcane moth borer in the United States. USDA. *Tech. Bull.*, 41. 77p.
- HUMMELEN, P.J. 1974. Relations between two rice borers in Surinam, *Rupela albinela* (Gr.) and *Diatraea saccharalis* (F.) and their Hymenopterous larval parasites. *Meded. Landb. Wagening*, 74(1):88p.
- IAEA. VIENA. 1963a. *Insect population control by the Steril-Male-Technique*. 59p.

- IAEA. VIENA. 1963b. *Radiation and radioisotopes applied to insects of agricultural importance*. 508p.
- IAEA. VIENA. 1965. *Advances in insect population control by the Sterile-Male-Technique*. 79p.
- IAEA. VIENA. 1968a. *Radiation, radioisotopes and rearing methods in control of insect pests*. 148p.
- IAEA. VIENA. 1968b. *Control of livestock insect pests by the Sterile-Male-Technique*. 102p.
- IAEA. VIENA. 1969. *Insect ecology and Sterile-Male-Technique*. 102p.
- IAEA. VIENA. 1971a. *Sterility principle for insect control or eradication*. 542p.
- IAEA. VIENA. 1971b. *Application of induced sterility for control of Lepidopterous population*. 169p.
- IAEA. VIENA. 1973. *Computer models and application of the Sterile-Male-Technique*. 195p.
- IAEA. VIENA. 1975. *Sterility principle for insect control*. 622p.
- IBGE. 1977. *Anuários estatísticos do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 38:848p.
- IEA. SÃO PAULO. 1978. *Prognóstico 78/79*. Instituto de Economia Agrícola. 248p.
- INGRAN, J.W., H.A. HAYNES e R.N. LOBDELL. 1938. Sugarcane pests in Florida. In: *XV Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.89-98.

IVES, W.G.H. e R.M. PRENTICE. 1958. A sequential sampling technique for surveys of the larch sawfly. *Canad. Entomol.*, 90:331-8.

JASIC, J. 1967a. Cria de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) en el laboratorio. *Poeyana*, Havana, n° 37. 10p.

JASIC, J. 1967b. Influencia de las condiciones de temperatura en la evolución de *Diatraea saccharalis* (Fabricius). *Poeyana*, Havana, n° 39. 9p. *

JASIC, J. 1967c. Aporte a la cuestion de la fecundidad de *Diatraea saccharalis* (F.). *Poeyana (A)*, 38:6p.

JOHNSTON, J.P. 1917. Algunos hongos entomogenos de Cuba. *Mem. Soc. Cubana. Hist. Nat.*, 3(2):61-82. *

KATIYAR, K.P. e W.H. LONG. 1961. Diapause in the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. *J. econ. Entomol.*, 54(2):285-87.

KNIPLING, E.F. 1968. Population models to appraise the limitations and potentialities of *Trichogramma* in managing host insect population. *USDA. Tech. Bul.*, n° 1387. 44p.

LaCHANCE, L.E. e J.G. RIEMMANN. 1964. Cytogenetic investigations on radiation and chemically induced dominant lethal mutations in oocytes and sperm of the screw-worm fly. *Mutat. Res.*, 1:318-33.

LAWSON, F.R. 1958. Some features of the relation of insects to their ecosystems. *Ecology*, 39:512-21.

LEOPOLD, A. 1933. *Game management*. Charles Scriber's Sons, New York. 481p. *

- LOEWER, O.J. 1976a. Insect management through weather-based computer simulations. *Transactions ASAE*, 19(3):539-49.
- LOEWER, O.J. 1976b. Application of system dynamics concepts to the simulation of insect populations. *Transactions ASAE*, 19(5):925-29.
- LOFTIN, U.C. 1930. Las cañas P.O.J. y los daños que causan los insectos. *As. Téc. Azuc. Cuba*, 4:56-62. *
- LONG, W.H. 1975. Research program on ecology and management of *Diatraea saccharalis* in Brasil. Draft Report AC/TR/E/01/75. 16p. (circulação restrita).
- LONG, W.H., J.M.M. WALDER, R.B. SGRILLO e F.M. WIENDL. 1977. Base del uso de insecticidas en el tratamiento de poblaciones del barrenador de la caña de azucar, *Diatraea saccharalis* (F.), en el Estado de São Paulo, Brasil. *Sugar y Azucar*, 72(1):51-59.
- LOTKA, A.J. 1923. Contribution to quantitative parasitology. *J. Wash. Acad. Science*, 13:152-158. *
- MACEDO, N., A.C. MENDES e P.S.M. BOTELHO. 1978. Suscetibility of the main commercial sugarcane varieties to the moth borer, *D. saccharalis* (Fabr., 1794), in the Southern Central Brazil. In: *XVI Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.693-701.
- MATTOS, A.O., CALCAGNOLO, G., OLIVEIRA, D.A. 1976. Resultados de ensaios visando o controle químico de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em cana-de-açúcar. In: *III Congresso Brasileiro de Entomologia*. Maceió, Alagoas.
- MAY, R.M. (ed.). 1976. *Theoretical Ecology principles and applications*. Blackwell Scientific Publications, London. 317p.

- MEADOWS, C.M. 1938. The biology of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (F.). Baton Rouge, LSU. 50p. (Tese de Master).
- MENDONÇA Fº, A.F. 1978. As brocas da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) e *D. Flavipenella* (Box, 1931) (Lepidoptera:Pyralidae) e seu controle biológico no Estado de Alagoas. Piracicaba, ESALQ/USP. 201p. (Dissertação de Mestrado).
- MENON, M.V. 1963. Estimation of shape and scale parameters of the Weibull distribution. *Technometrics*, 5:175-182.
- MILNE, A. 1957. The natural control of insect populations. *Canad. Entomol.*, 89:193-213.
- MILNE, A. 1962. On a theory of natural control of insect populations. *J. theor. Biol.*, 3:19-50.
- MISKIMEN, G.W. 1965. Nonaseptic laboratory rearing of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. *An Entomol. Soc. Am.*, 58(6):820-23.
- MONTE, O. 1933. Um novo parasito da broca da cana (*Diatraea saccharalis*, F.) e considerações sobre essa broca. *Bol. Agric. Zootec. Vet.*, 6(9):559-63. *
- MONTE, O. 1941. Algumas pragas dos canaviais. *Brasil Açuc. R.J.*, 17(2):73-75. *
- MORRIS, R.F. e C.A. MILLER. 1954. The development of life tables for the spruce budworm. *Canad. J. Zool.*, 32:283-301.
- MYERS, J.G. 1932. The original habitat and hosts of three mayor sugarcane pests of tropical Americas (*Diatraea*, *Castria* and *Tomaspis*). *Bull. Entomol. Res.*, 23(2):257-71.

- MYERS, J.G. 1935. Second report on an investigation into the biological control of West Indian pests. *Bull. Entomol. Res.*, 26:181-252.
- NEGM, A.A. e S.O. HENSLEY. 1967. The relationship of Arthropod predators to crop damage inflicted by the sugarcane borer. *J. econ. Entomol.*, 60(6):1503-06.
- NEGM, A.A. e S.D. HENSLEY. 1969. Evaluation of certain biological control agents of the sugarcane borer in Louisiana. *J. econ. Entomol.*, 62(5):1008-13.
- NEGM, A.A. e S.D. HENSLEY. 1972. Role of predaceous arthropods of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (F.) in Louisiana. In: XIV Congress of the International Society of Sugarcane Technologists. p.445-53.
- NEGM, A.A., S.D. HENSLEY e L.R. RODDY. 1969. A list of spiders in sugarcane fields in Louisiana. *Louisiana Academ. Scienc.*, 32:50-52.
- NICHOLSON, A.J. 1927. A new theory of mimicry in insects. *Austr. Zool.*, 5:10-104. *
- NICHOLSON, A.J. 1933. The balance of animal populations. *J. Animal Ecol.*, Suppl., 2:132-178.
- NICHOLSON, A.J. 1958. Dynamics of insect populations. *Ann. Rev. Entomol.*, 3:107-36.
- NIVEN, B.S. 1969. Simulation of two interating species of *Tribolium*. *Physiol. Zöology*, 42(2):248-255.
- NOVAK, K. 1967. Contribución a la bionomia de *Diatraea saccharalis* (Fabricius). *Poeyana (A)*. Cuba, 44:7p.

- OSMAN, N.B. 1975. Response of sugarcane borer larvae *Diatraea saccharalis* (F.) to photoperiod and temperature. Baton Rouge, LSU. 71p. (Dissertação de Master).
- PERECIN, D. 1978. Distribuições binomiais negativas com expoente k comum e algumas aplicações em Pedologia. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 129p. (Tese de Livre Docência).
- PEREZ, R. e W.H. LONG. 1964. Sex attractant and mating behavior of the sugarcane borer. *J. econ. Entomol.*, 57:689-91.
- PHILLIPS, J.R. e L.D. NEWSON. 1966. Diapause in *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lep. Noctuidae). *An. Entomol. soc. Am.*, 59(1):154-59.
- PICKLES, A. 1936. Observations on the early larval mortality of certain species of *Diatraea* (Lepidoptera:Pyralidae), under cane field conditions in Trinidad. *Tropic. Agric.*, 13(6):155-60.
- PINDER, J.E., J.G. WIENER e M.A. SMITH. 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology*, 59(1):175-79.
- PLANALSUCAR. 1973. Novo lote de parasitos para Alagoas. *Bras. Açuc. R.J.*, 82(6):1.
- PLANK, H.K. 1929a. Fungi attacking *Diatraea saccharalis* (Fabricius) in Cuba. *Trop. Plant. Res. Found.*, n° 17. *
- PLANK, H.C. 1929b. Natural enemies of the sugarcane moth borer in Cuba. *Tropic. Plant. Res. Found.*, n° 15. *
- PRUNA, P.M. 1969. Revisión de la literatura acerca del borer de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius). *Acad. Cien. Cuba. Ser. Biol.*, n° 5. 73p.

- PRUNA, P.M., M. MONTES e H. MEDINA. 1969. Esterilidad inducida por rayos gamma en *Diatraea saccharalis* (F.). *Acad. Cienc. Cuba* (Serie Biol.), nº 9. 14p.
- QUESTEL, D.D. e BREGGER, T. 1959. Internal temperatures in pre-harvest burned cane and mortality of sugarcane borer. *Proc. of ISSCT*, 10:921-923.
- REDDY, A.S. e G.M. CHIPPENDALE. 1973. Water involvement in diapause and the resumption of morphogenesis of the southwestern corn borer, *Diatraea saccharalis*. *Ent. Exp. et. Appl.*, 16:445-54.
- REEKS, W.A. 1956. Sequential sampling of the winter moth *Operophtera brumata* (Linh.). *Canad. Entomol.*, 88:241-6.
- RISCO, S.H. 1978. National program of biological control of the sugarcane borer, *Diatraea* spp. in Brazil. In: *XVI Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.797-817.
- ROACH, S.A. e P.L. ADKISSON. 1970. Role of photoperiod and temperature in the induction of pupal diapause in the Bollworm, *Heliothis zea*. *J. Insect. Physiol.*, 16:1591-97.
- ROBAYNA, C.R.C. 1951. La cria del borer o perforador de la caña de azucar (*Diatraea saccharalis*) en el laboratorio. *Mem. Assoc. Tecn. Azuc. Cuba*, 25:41-49. *
- ROBAYNA, C.R.C. 1953. Nuevo método para la cria en el laboratorio del borer o perforador de la caña de azucar *Diatraea saccharalis* (F.). *Mem. Assoc. Tecn. Azuc. Cuba*, 27:1-8. *
- ROCCIA, A. e A.G. SANCHES. 1976. Relatório anual dos trabalhos de controle à broca. *Coopersucar, EECCP*.

- SALT, G. 1926. Report on sugarcane borer at soledad Cuba. *Harvard Instit. Trop. Biol. Med.*, 3:5-62.
- SANFORD, J.W. 1976. Sugarcane borer seasonal distribution and fate of eggs deposited on sugarcane in Louisiana. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 11(4):332-34.
- SANFORD, J.W. 1977. Sugarcane borers: Effects of substerilizing doses of gamma irradiation on males irradiated as pupae or adults. *J. econ. Entomol.*, 70(1):104-06.
- SCARAMUZZA, L.C. 1930a. Preliminary report on a study of the biology of *Lixophaga diatraea*. *J. Econ. Entomol.*, 23:999-1004.
- SCARAMUZZA, L.C. 1930b. Preliminary report on a study of the biology of *Lixophaga diatraea* Tow. *Tropic. Plant. Res. Found.*, 19:5. *
- SCARAMUZZA, L.C. 1945. Control biologico del borer o perforador de la caña de azucar en Cuba por medio de la mosca *Lixophaga*. *Mem. Assoc. Tecn. Azuc. Cuba*, 19:11-17. *
- SCARAMUZZA, L.C. 1952. *La mosca cubana*. Informe sobre la introducción de *Lixophaga diatraea* Twms., la mosca cubana, para el control biologico del barreno de la caña de azucar en el Peru, Lima. *Soc. Nac. Agrar.* 19p. *
- SCARAMUZZA, L.C. 1964. Los herbicidas de 2,4 D y la mosca *Lixophaga*. *Agrotec. Cuba*, 2(4):9-11. *
- SCHULTES, P. 1978. The condition of the host plant during aestivation-diapause of the stalk-borer *Chilo partellus* and *Chilo orichalcociliella* (Lep.:Pyralidae) in Kenya. *Entomol. Exp. et Appl.*, 24:679-88.

SGRILLO, R.B. 1973. Criação em laboratório da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794)) visando seu controle. Piracicaba, ESAIQ/USP. 98p. (Dissertação de Mestrado).

SGRILLO, R.B. 1976. Final report. International Atomic Energy Agency Fellowship Training. Circulação Restrita. 12p.

SGRILLO, R.B., F.M. WIENDL e J.M.M. WALDER. 1977a. Diapausa na broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (F.). *Ciência e Cultura*, 29(7):636.

SGRILLO, R.B., J.M.M. WALDER e F.M. WIENDL. 1977b. Progressos na criação da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (F.) realizados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). *O Solo*, Piracicaba, 69(1):58-60.

SILVA, A.G.A., C.R. GONÇALVES, D.M. GALVÃO, J.L. GONÇALVES, J. GOMES, M.N. SILVA e L. SIMONI. 1968. *Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil*. R.J., Ministério da Agricultura, vol. 1, parte II.

SILVEIRA NETO, S., O. NAKANO, D. BARBIN e N.A. VILLA NOVA. 1976. *Manual de Ecologia dos Insetos*. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo. 419p.

SOUSA e SILVA, C.R. 1978. Informação pessoal.

SOUTHWOOD, T.R.E. 1976a. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall. London. 391p.

SOUTHWOOD, T.R.E. 1976b. Bionomic strategies and population parameters. In: *Theoretical ecology*. Blackwell, London. p.26-48.

- SOUZA, H.D. 1942. A broca da cana-de-açúcar e seus parasitos em Campos, Estado do Rio de Janeiro. *Bol. Inst. Exp. Agric.*, Rio de Janeiro, nº 4. 22p.
- STUBBS, W.C. e H.A. MORGAN. 1902. Cane borer (*Diatraea saccharalis*). *Louisiana Agric. Expt. Sta. Bull.*, 70:888-927. *
- SYLVESTER, E.S. e COX, E.L. 1961. Sequential plan for sampling aphids on sugarcane beets in Kern County, California. *J. econ. Entomol.*, 54:1080-85.
- SZENTESI, A., T. TERMY e A. DOBROVOLSZKY. 1973. Mathematical methods for the determination of sterile insect population competitiveness. *Acta. Phytopathol. Acad. Scient. Hung.*, 8(1-2):185-191.
- TANADA, Y. 1968. Epizootiologia de las enfermedades de insectos. In: De Bach, P. (ed.). *Control Biologico de las Plagas de Insectos e Malas Hierbas*. Ed. Continental, Mexico, D.F. 949p.
- TAYLOR, D.J. 1944. Life history studies of the sugarcane moth borer *Diatraea saccharalis* (F.). *Florida entomologist*, 27(1):10-13.
- TAYLOR, L.R. 1963. Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *J. anim. Ecol.*, 32:99-112.
- TERAN, F.O. 1975. Relatório anual dos trabalhos de controle à broca. Coopersucar, OTAG.
- TERAN, F.O. e W.R.T. NOVARETTI. 1976. Relatório anual dos trabalhos de controle à broca. Copersucar, OTAG.
- TERAN, F.O. e W.R. NOVARETTI. 1978. Management of populations of *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera:Cambridae) in sugarcane fields of São Paulo, Brazil. In: *XVI Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.671-87.

- TUCKER, R.W.E. 1933. Rate of egg deposition of *Diatraea saccharalis* and extent of larval mortality in cane fields. *Agric. Journal*, 2:33-52.
- TUCKER, R.W.E. 1951. A twenty-year record of the biological control of one sugarcane pest. In: *VIII Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.343-354.
- VARLEY, G.C. e G.R. GRADWELL. 1970. Recent advances in insect population dynamics. *Ann. Rev. Entomol.*, 15:1-24.
- VERHEIJEN, F.J. 1960. The mechanism of the trapping effect of artificial light sources upon animals. *Arch. Néerland. Zool.*, 13:1-107. *
- VILLA NOVA, N.A., M.J. PEDRO JR., A.R. PEREIRA e J.C. OMETTO. 1972. Estimativa de graus dias acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máximas e mínimas. *Cadernos de Ciências da Terra*. Inst. Geogr. nº 30.
- VOLTERRA, V. 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. *Atti. Accad. naz. Lincer. Memorie*, 2:31-112. *
- WALDER, J.M.M. 1976. Estudo da população da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em quatro regiões canavieiras do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP. 111p. (Tese de Doutorado).
- WALDER, J.M.M. 1974. Informação pessoal.
- WALDER, J.M.M., V. ARTHUR, R.B. SGRILLO, R.E. DOMARCO e F.M. WIENDL. 1975. Dieta artificial para criação de lagartas da *Diatraea saccharalis* (F.). *Ciência e Cultura*, 27:635.

- WALDER, J.M.M., L.A.M. WALDER, F.M. WIENDL e R.B. SGRILLO. 1976. Levantamento populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* (F.) no município de Dois Córregos, São Paulo, Brasil. In: *III Congresso Brasileiro de Entomologia*.
- WALKER, D.W. 1968. Potential for control of the sugarcane borer through radio-induced sterility. In: IAEA, Viena, 131-140.
- WALKER, D.W. e M. FIGUEROA. 1964. Biology of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.). III Oviposition rate. *Am. Entomol. Soc. Am.*, 57(4):515-16.
- WALKER, D.W. e A.V. ALEMANY. 1965. Biology of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.). II. Longevity of adults. In: *XII Congress of the International Society of Sugarcane Technologists*. p.1469-1471.
- WALKER, D.W. e V. QUINTANA-MUÑIZ. 1968. Mortality staging of dominant lethals induced in the F₁ generation of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.). *Rad. Res.*, 38(1):138-43.
- WALKER, D.W. e K.B. PEDERSEN. 1969. Population models for suppression of the sugarcane borer by inherited partial sterility. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 62(1):21-26.
- WALKER, D.W., V. QUINTANA-MUÑIZ e F. PADOVANI. 1970. Effects of gamma irradiation on immature sugarcane borers. In: IAEA, Viena. p.513-524.
- WATT, K.E.F. 1960. The effect of population density on fecundity in insects. *Canad. Entomol.*, 92:674-95.
- WATT, K.E.F. 1961. Mathematical models for use in insect pest control. *Canad. Entomol.*, 93:62p.

WATT, K.E.F. 1962. Use of mathematics in population ecology. *Ann. Rev. Entomol.*, 1:243-260.

WIENDL, F.M. 1974. Informação pessoal.

WONGSIRI, T. e N.M. RANDOLPH. 1962. A comparison of the biology of the sugarcane borer on artificial and natural diets. *J. econ. Entomol.*, 55(4):472-73.

* TRABALHO NÃO CONSULTADO NO ORIGINAL